

Topraklama Anlamı ve Elektrik Tesislerinin Topraklanması

Yazan: *Eaydar AKSU*
Y. Müh.

Bir organı toprağa bağlamaktan kasıt, bu organı kâfi kesitli bir iletken yardımıyla bir toprak prizine birleştirmektir. Toprak prizi, kısaca toprak, muhtelif gekilli (plak, boru, şerit v.s.) metal elektrotların uygun bir derinliğe gömülmesi ile elde edilir.

Toprağın Direnci :

Bir toprak prizinin veya kısaca bir toprağın, direnci mutlak olarak tarif edilmez. Bunu tasrih etmek lâzımdır.

iki metal boru veya iki plâkadan ibaret iki A ve B elektrotlarını herhangi bir mesafede toprağa koyup, bu iki elektrotun ucuna U_t doğru veya alternatif gerilimini tatbik edelim;

bu devreden bir it akımı I akacak—oranı

doğru akımda efektif, alternatif akımda zahiri direnci verecektir. Bu direnç, iki elektrot arasındaki toprak ve her iki elektrotla etrafındaki toprak arasındaki dirençleri ihtiva eder.

İzole bir toprak prizinin direnci açıkça tarif edilememiştir. Zira prizinin kendi direncinden başka bu prizinin temas direncini de nazarı itibara almalıdır. Temas veya geçit direnci toprağın öz direncine nisbeten küçüktür ve ihmal edilir.

Toprağın geçirgenliği elektrolitin cinsine ve topraktaki erimiş elektrolitlerin miktarına bağlıdır. Nemli humus, killi ve sürülmüş topraklar iyi, kum, taş ve kayalıklar ise çok fena nakillerdir. Saf su ve dağ sellerinin suları çok az iletken; hemen hemen izole ederler.

Bir toprak prizinin direncini tarif ve ölçmek için bir nofe vactodlar vardır.

a) (X) c'üt edilecek toprak prizini toprağa gömülmektedir. Bundan ve birbirler/rulon kâfi derecede uzak iki A ve B toprak prizleri de gerçelendirilsin. X ve A arasında geçen akım I ve X-B arasındaki voltaj V olduğuna ve XA, XB, BA mesafeleri mümkün mertebe arttırıl-

duğundan $\frac{V}{I}$ oranının limiti istenilen toprak prizinin direncini verir.

Şayet X noktasının etrafında kâfi dere-

cede yer yoksa bu üç toprak prizi bir eşkenar üçgeninin köşelerini teşkil edecek şekilde tertiplenir.

Bu ölçme işlerinde endüstriyel alternatif akım doğru akıma tercih edilir. Çünkü muhtelif karakterdeki tellurik akımlarından iler gelen hatalar alternatif akımla ölçmede tamamen ortadan kalkar.

Bir toprak prizinden 10 m. den daha fazla mesafede akım yoğunluğu çok az ve devre boyunca gerilim düşümü de artık çok yavaş değişir.

b) Bir toprak direncinin değerini ölçmek için klâsik bir metod daha vardır ki bu usulle ölçülen değerlerle, yukarıda bahsettiğimiz metodla yapılan ölçmelerde büyük bir fark yoktur. Burada da üç toprak prizi kullanılır. İki prize gerilim tatbik edilir ve dirençler bir ohmmetre de okunur. Bu değerler RAX, RBX, RAB olsun. Bunlara karşılık şu denklemler yazılır. Ve buradan istenilen RX direnci bulunur.

$$R_A + R_X = R_{AX}$$

$$R_B + R_X = R_{BX}$$

$$R_A + R_B = R_{AB}$$

$$R_X = \frac{R_{AX} + R_{BX} - R_{AB}}{2}$$

Toprak homogen ve sınırsız, tenine M renci ikmal edildiği takdirde, iki elektrot arasındaki devrenin direnci aşağıdaki genel formülle hesap edilir.

$$R = \frac{\rho}{4\pi c}$$

Toprağın öz direnci olup sabit kabul edilmiştir, c , iki elektrodun havada bulunması halindeki elektrostatik kapasitedir.

r , Yarıçaplı bir kürenin toprağa gömülmesi halinde kürevi toprak prizinin direnci.

$$R = \frac{\rho}{4\pi r}$$

Bu formül, ikinci elektrodun, büyük yarıçaplı, içi boş ve diğer küre ile aynı merkezli bir küreden teşekkül ettiği düşünülerek elde edilmiştir.

Yukardaki formül, ikinci elektrodun geniş bir su şebekesi tarafından teşkil edilmesi halinde çok değişmemektedir.

Merkezi toprak seviyesinde bulunan ve gömülü yarım kürenin direnci yukarıdakinin iki mislidir.

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot KT}$$

Toprak Prizleri Şekilleri :

Toprak prizlerini suni ve tabii olarak ikiye ayırmak lazımdır. Tabii topraklamalar esasen başka maksatlar için kurulmuş kısımlardan meydana gelir. Su boruları ve binanın çelik aksanı gibi...

Su şebekesi: Bir şehrin su şebekesi ile çok küçük bir direnç elde edilebilir. (0,5 ehtadan 2 ohm'a kadar) Bu şekil bilhassa Amerika'da kullanılmaktadır.

Bugün bazı yerlerde çelik su boruları toprak tesirlerinden korunmak maksadıyla izole bir madde ile sarılmışlardır ki bunlar topraklama için kullanılamazlar. Bütün memleketlerde havagazi borularını topraklama için kullanmak yasak edilmiştir.

Suni Topraklamalar :

1 — Topraklama levhaları :

1 metrelik büyüklükten sonra toprak direnci küçülmeyeceğinden büyük plâklar kullanılmaz. Zira plâk direnci yüzölçümün kare kökü ile ters orantılıdır.

0,50X0,50 m. büyüklüğünde iki levhanın birbirinden 2 ilâ 3 m. mesafede paralel bağlanması ile elde edilen direnç 1X1 m. levhanın 3 denktir. Plâklardan toprağa geçecek akım ekseri ortarlardan ziyade kenarlardan akar. Yata olarak toprağa yerleştirilmiş bir plâka yerine aynı dış boyutlarda bir çerçeve de kullanılabilir.

Bu mantıki mülâhazalarla aynı dış ebatlarda ızgara veya kafesler kullanarak metalden faydalanmak mümkündür. Izgaralar ve yassı levhalar mümkün mertebe derine ve birbirinden 3, 4, metre uzağa konulmalıdır. Bu kısımlar toprakla iyi bir temas ve yayılma için düşey konmalıdır. Zira bu durumda her iki yüzün etrafındaki toprağı sıkıştırmak daha kolaydır.

Hafif nemli orta geçirkenlikte bir toprakta bu nevi elektrotlar üzerinde yapılan tecrübeler aşağıdadır.

1X1 m.lik ve 3 mm. kalınlığındaki bir levhanın direnci 10 ohm

1X1 m.lik ve 3 mm. kalınlığındaki iki paralel levhanın direnci 5,6 ohm

1X1 m.lik ve 3 mm. kalınlığındaki onbir paralel levhanın direnci 0,4 ohm

Başka topraklarda da şu değerler ölçülmüştür.

1X0,5 m.lik ve 3 mm. kalınlığındaki bir levha için 12 ohm

1X1 m.lik ve 3 mm. kalınlığındaki bir levha için 2,30 ohm

Bu ölçüler göstermektedir ki aynı bir levha için toprağın cinsine bağlı olarak, ortalama toprak direnci 6 ilâ 15 ohm arasında değişmektedir.

2 — Şerit ve Tel topraklamalar :

Çıplak bakır için en az 35X3 mm. şerit ve 50 mm² tel ile 50X6 mm. galvanizli demir şeritler topraklama için kullanılır. Bunlar toprağa 0,8-1 m. derine ve bağlanma noktasından itibaren etrafa kollar halinde dağıtılır.

Metalden kazanmak gayesi ile bu kolların sayısı 4 ilâ 6 arasında olmalıdır.

Bu nevi topraklamalar, plâkların ve kazıkların yerleştirilemediği ve toprak derinliğinin az olduğu yerlerde kullanılır.

3 — Kazıklar :

Galvanizli borular, çubuklar ve profil demirleri topraklama için kullanılmaktadır. Boru ve çubukların çaplarının 40 mm. ve boylarının 3 metreden fazla olması toprak direncini fazla değiştirmemektedir.

Direncin kâfi derecede küçük olması için paralel bağlanacak diğer elektrodun birinciden mesafesi en az 3 m. olmalıdır. 4 metre mesafeden sonra direnç fazla değişmemektedir.

Bu tecrübelerin neticesi :

1 — 25-30 mm. çapında ve 2,5 m. uzunluğundaki borular pratikte çok kullanılmaktadır.

2 — Böyle bir elektrodun intişar sahası 3 ilâ 4 m. olduğundan paralel bağlanacak bu nevi elektrotlar birbirinden en az 3 metre uzağa yerleştirilmelidir.

3 — Standart bir boru 5 ilâ 20 kW. akıtabilir. 15 ohmluk bir boru için 17 ilâ 36 AmF^{cm} lik bir akım kabul edilebilir.

Bu nevi elektrotlar üzerinde yapılan ölçme sonuçları aşağıdadır.

25 mm ØX1,5 m. boyunda galvanizli çubuğun direnci 25 ohm

25 mm <t> X 1,5 m. boyunda paralel iki galvanizli çubuğun direnci 10 ohm

30 mm X 3 m. boyunda galvanizli çubuğun direnci 10 ohm

60 mm X 3 m. boyunda galvanizli borunun direnci 6 ohm

80><45X7mm.X3 m. boyunda bir U demirinin 9,6 ohm

Bu neticeler gösteriyor ki standart bir borunun direnci 6-15 ohm olup 1X1X3 mm. kalınlığındaki bir levhamnkinin eşdeğeridir.

Bazı haller hariç, çakılma zorluğu ve pahalı olmasından dolayı uzun borular kullanılmamaktadır.

4 — Topraklama Şebekesi :

Bir topraklama şebekesi kazıklardan ve gömülmüş nakillerden teşkil edilir.

Nakiller geniş bir sahada toprakla iyi temas ettiğinden metalden kâfi derecede istifade edilmektedir. Nakiller don mıntukasının derinine yerleştirilir.

Bu nakiller kazıkların çakıldığı noktalarda birleşmektedir.

Kazıkların sayısı ve nakil ağı, tesisin toprağa bağlanması, bina ve çelik kısımların şekline ve toprak akımının büyüklüğüne bağlıdır.

M i s a l :

14 adet galvanizli boru (38 mm.ØX2,80 m. boyunda) ve 503 metrelik galvanizli 50X6 mm. demir şeritten teşekkül eden şebekenin killi toprakta direnci 0,3 ohmdur.

Topraklamaya iniş nakillerinin ve toprak prizlerinin seçilmesi :

a) Toprak iniş nakillerinin kesitleri :

Bu kesit doğrudan doğruya tesiste kullanılacak maksimum toprak akımının değerine bağlıdır.

Nötrü izoleli şebekelerde toprak arızalarının şebekenin genişliğine ve kablunun veya hattın kapasitesine bağlıdır. Nötrü söndürme bobinleri ile topraklanmış şebekelerde toprak akımı, bobinlerin değeri nisbetinde çok küçük veya sıfırdır.

Ancak bu bobinler çok yüksek gerilimlerde kullanılmamaktadır. Zira bir toprak arızasında, sağlam fazlar üzerinde korona kayıpları çok miktarda artar (400 kV'luk bir hat için % 20 den 50 ye kadar bir artma gözükür.)

Nötrü doğrudan doğruya topraklanmış şebekelerde faz ile nötr arasında büyük akımlar meydana gelir.

Bu muhtelif durumlarda nakilleri ve toprak prizlerini ısınmaya ve tehlikeli gerilim düşümlerine meydan vermeyecek şekilde hesaplamak lâzımdır.

Bu nokta göz önünde tutularak bakır toprak nakilleri için seçilecek minimum kesit: S (mm²) aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$S = 0,008 \sqrt{I \cdot t}$$

Burada bakırın 40 °C vasat sühnetinden itibaren 140 °C kadar ısınacağı kabul edilmiştir.

Bu formülde I devreden geçen akımın eş ısısal değerini t rölelerin işleme zamanının (sn), göstermektedir.

Ekler ve rakorlar sıcak ve erime noktalarını teşkil etmemelidir.

B — Toprak prizlerinin seçilmesi :

Hava hattı pylonlarını ve küçük transformator postalarının âlet ve makinalarını topraklamak için levha, kazık ve gömülü nakil elektrotlar kullanılır.

Kazıklar para bakımından, kolay ve çabuk çakılmalarından dolayı çok faydalıdır. Birkaç tanesini paralel bağlamak suretiyle istenilen direnç kolaylıkla elde edilir. Yüksek gerilim hat direklerini topraklamada da çok kullanılır.

Pylonların topraklanması, şahısların emniyeti, toprak teline ve direğe yıldırımın isabet derecesine bağlıdır. Ters atlamalara mani olmak için toprak direnci küçük olmalıdır.

Toprak telinin toprağa bağlanması ayrıca bir nakille veya direğin madeni kısmı kullanılarak yapılır.

Ancak direktten faydalanıldığında boyadan dolayı direncin artmasına mâni olmak için civata yerleri iyi sıkıştırılmalı ve arada boya kalmamalıdır.

Toprak telinin direk tepesine değmesi iyi bir nakiliyet sağlamadığından ayrıca tel ve şeritle toprak teli direğe birleştirilir.

Şayet pylon ayakları arasında 3-4 m. me-

safe varsa her direk kısmı ayrı bir kazığa bağlanır. Bu suretle toprakla nakil arasında kopma ihtimali azaltılmış olur.

İcap ederse takriben 80 cm. derinlikteki bir nakil vasıtasıyla bu prizler birbirine birleştirilir.

Büyük tesislerde veya çok yüksek harici tip postalarda topraklama şebekesi teşkil edilir.

Kazıkların sayısı ve şebekenin genişliği; maksimum toprak akımına, çelik kısımların ve binaların şekline bağlıdır. Böyle bir şebeke yirmi-otuz kazıktan ve bir kaç yüz metre gömülmüş nakilden meydana getirilir. Böyle bir priz direnci az, intişar kudreti fazladır. Ayrıca mevzu bahis postanın yüzü, bir madeni levha ile teşkil edilecek es potansiyel yüzeye denk olacaktır.

Çelik kısım kolonları, bütün madeni kısımlar kazanlar v.s. apareyler uygun şekilde böyle bir zemine bağlı iseler tehlikeli adım gerilimleri meydana gelmeyecektir.

Bütün bunlar metallik taburenin prensibidir. Santrallarda ve dahili postalarda her kat ve lokal için her iki ucu toprak prizine bağlı bir toprak barası teşkil edilir. Bu bara toprak pfcizine iki ayrı yoldan bağlaacak böylece bir noktadaki kopma, korrozyon, erimeden diğer kısım müteessir olmayacaktır. Koroziyana mani olmak için asitten müteessir olmıyan vernik veya boya kullanılır.

Geniş bir topraklama şebekesi ve binayı ihata eden bir topraklama elde edilmezse derin ve yeter sayıda mevzii elektrotlar kullanılır.

Bu halde adım geriliminin tehlikeli olması için prize bağlı nakil izole olmalıdır.

Toprak Teli Bağlantıları :

Borulara ve plâkalara bağlantılar kaynak ve cıvata yardımıyla yapılır. Küçük sayıda veya yalnız başına kullanılan büyük plâkalarda çift bağlantılar tercih edilir. Tesisatı toprak prizine bağlayan nakil, büyük akımların geçmesinden dolayı erimiyecek ve mekanik çarpmalara mukavemet edecek kesitte olacaktır.

İlerde izah edileceği üzere emniyet için, büyük akım taşıyan prizler, el ulaşılacak kısımlardan prize kadar izole edilir.

Parafudr topraklamaları için kullanılan nakiller şok boşalmalarını akıtacaklarından bunların dirsekleri mümkün mertebe az olma-

lıdır. Bu nakiller ekseri boru ve şeritlerden yapılır.

Bina içinde birbirinden az ve çok uzak muhtelif aletleri bir toprak prizine bağlamak için bir şebeke teşkil edilir. Bu şebekede bağlantılar cıvata ve kaynakla yapılır. Bu şebekenin son uçları toprak prizlerine bağlanır. Alet gövdeleri bu şebekeye itinalı bir şekilde birleştirilir. Topraklama şebekesini umumî şebekeye bağlayan ek yerleri çözülebilir şekilde fakat itinalı yapılacaktır. Bu zaman zaman prizlerin direncini ölçmek için lüzumludur.

Toprak Direncinin Oynadığı Rol :

Rt dirençli bir toprak prizinden bir it akımı aktığı zaman iletken, $V_t = R_t$ it ile verilen gerilim düşümü kadar bir potansiyelde bulunacaktır. Bu gerilim düşümü akım yoğunluğunun ihmal edildiği yer ile iletken arasındaki gerilim düşümdür. Şayet elektrot kâfi derecede derin gömülmüşse toprak yüzünü akım yoğunluğu az noktalar olarak kabul etmekte bir mahzur yoktur. Böylece V_t gerilim farkı, iletkenle-toprak yüzü arasında tesir eder.

Şahısların emniyeti için umumi bir prensip olarak, gerilim altında bulunan bir nakilin tesadüfi olarak madeni bir parçaya değmesi halinde bu parçayı toprağa bağlayan nakiller ile toprak arasındaki akımın prizden geçmesinden dolayı meydana gelen gerilim düşümü vücut için bir tehlike teşkil etmemelidir. Alçak gerilimde yapılan bu nevi topraklamalarda şahısların emniyeti için toprak dirençleri küçük olmalıdır. Bu gerilimlerde nötr noktasının izole olması halinde bir nakilin toprağa temasında diğer sağlam nakillerin gerilmeleri $E. V_3 - e$ kadar yükselir ki bu sağlam fazlara değenler için tehlike, nötr noktası topraklanmış şebekelerde bu gibi temaslardakinden daha büyük olur. Fakat böyle bir teorik mütalâada toprak prizinin direnci sıfır farzedilmiştir. 20 ohmluk toprak direncini ihtiva fi den 220/380 V'luk bir şebekede 1 nakili ile toprak arasında tam temasta nötr noktasından 11 Amper geçecek ve nötr noktası 220 Volt, 2 ve 3 nakilleri nötr noktası topraklanmış olması na rağmen 380 Voltluk bir gerilimde bulunacaklardır.

Şayet 1 nakili ile toprak arasındaki te-

masın bir R_e direnci varsa, toprak devresinden akacak akım $\frac{E}{R_t + R_c}$. e eşit olacak ve nötr noktasının potansiyeli de $E \cdot \frac{R_t}{R_t + R_c}$ olacaktır. $R_e = \frac{R_t}{2}$ olması halinde nötr noktasının gerilimi $\frac{E}{2}$ dir.

Bundan başka nötr noktası prizinden çok veya devamlı bir akımın akmasından dolayı prizın etrafındaki toprağın rutubeti azalacağından prizın de direnci artar. Böylece sağlam nakillerin gerilimleri de yükselir.

Bir Toprak Prizinin Civarındaki Toprak Üzerinde Gerilim Dağılışı; Adım Gerilimi :

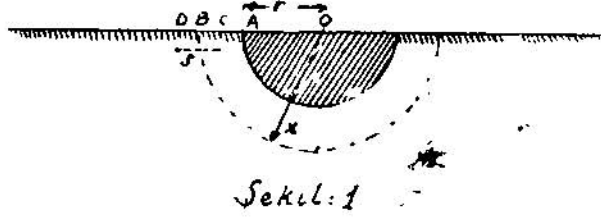
Bir toprak prizinden çıkıp diğer bir prize giden akım fileleri toprağın muhtelif noktaları arasında, toprağın cins'ne ve iki nokta arasındaki mesafeye bağlı olarak akım yoğunluğu ile orantılı gerilim düşümleri meydana getirirler.

Bu gerilimleri toprak yüzünde hesaplamak daha faydalı olacaktır. Zira birbirinden (S) kadar mesafede toprağın iki noktasına basan bir insan ve hayvanın vücudundan bu iki nokta arasındaki potansiyel farkıyla orantılı akımlar geçecektir. Bu akım toprağın öz direnci ile ters orantılıdır. Adım gerilimi birbirinden 80 cm. mesafede iki nokta arasındaki gerilimdir. Bir toprak prizinde kabul edilecek maksimum adım gerilimini Amerikalılar 150 Volt, Almanlar 125 Volt olarak tesbit etmişlerdir.

Birkaç yüz amper için bu şartı kolaylıkla tahakkuk ettirmek için toprak direncinin bir omh'dan küçük olması lâzımdır. Bunu elde etmek için, iyi bir toprakta çok sayıda boru ve plâka kullanılmalıdır.

(r) yarıçaplı ve merkezi toprak yüzünde bulunan bir yarım küre elektrodun dönüş elektrodunun aynı merkezli sonsuz uzaklıkta bir yarım küreden teşekkül ettiğini farzederek eş potansiyel yüzeyler yarım kürelerden ibaret olurlar. X yarıçaplı bir küre üzerinde bir (I) akımı için akım yoğunluğu $\frac{I}{2, rX^2}$ dir.

Bir dX kadar uzaklıktaki iki küre arasındaki potansiyel farkı: (Şekil: 1)



$$dV = \frac{\rho \cdot I}{2\pi X^2} dX.$$

Sonsuzda potansiyelin sıfır olduğu kabul edilirse X mesafesindeki potansiyel

$$V = \frac{\rho \cdot I}{2, rX} \cdot r$$

V_0 elektrot üzerindeki potansiyel olup değeri $V_D = \frac{\rho \cdot I}{2\pi r}$ dir. Elektrodun dışındaki bir noktada potansiyel (X) mesafesi ile ters orantılı olup elektrodun yarıçapına bağlı değildir.

$\frac{dV}{dX}$ olarak tarif edilen potansiyel gradyanının değeri elektrodun yarıçapından bağımsız ve mesafenin karesi ile ters orantılı olarak değişmektedir. Gradyan elektrot civarında maksimum olmaktadır ve değeri

$$S_m = \frac{S \cdot I}{2\pi r^2} = \frac{V_0}{r}$$

Tamamiyle toprağa gömülmüş bir küre için paydadaki 2 -K yerine 4 -K gelir.

Adım gerilimi elektrot civarında maksimum olup uzaklığın karesi ile azalır. Bu elektrot civarında adım gerilimini azaltmak için elektrodun yarıçapını büyültmek lâzımdır. Bu suretle elektrot civarında adım gerilimi elektrodun yarıçapının karesi ile, gerilim düşümü yarıçapla ters orantılı olarak azalır.

Adım gerilimi, muayyen bir mesafeden sonra elektrodun yarıçapına bağlı değildir. Elektrodu çok derine gömmekle büyük bir fayda elde edilecektir. Zira potansiyel gradyanı mesafenin karesi ile ters orantılı olarak azalır. Çok yüksek akımlarda yukarıda kabul edilen adım gerilimi değerlerinin üstüne çıkılması halinde bu prizın etrafında dolaşması yasak edilmelidir.

Uygun bir (topraklama elde edilememesi

yüzünden çakıllı arızide dikilmiş direkler civarındaki kazalardan ziyadesi ile kaçınmak lâzımdır. Bir izolatörün çatlaması halinde yüksek gerilim iletkeni ile direk aksamı çok büyük gerilim alır ve toprak prizinde çok yüksek gerilim düşümleri meydana gelir. Direğe değme çok tehlikelidir. Aynı zamanda adım gerilimi direk civarında çok yüksektir.

Nötr noktasının topraklanması halindeki akımlar izole durumdakine nisbetle büyük olduğundan tehlike de artar.

Bütün direkleri birleştiren toprak kablusunun en büyük faydası, çakıllı topraklardaki direkleri, uygun topraklardaki direkler vasıftasıyla topraklamaktır-

US Adım Geriliminin Hesaplanması :

Bir (S) uzunluğundaki CD adımının B orta noktasının merkeze mesafesi X olsun. Böylece adım gerilimi US

$$U_s = V_c - V_D = \frac{\rho \cdot I}{2\pi} \left[\frac{1}{J_f \frac{s}{2}} + \frac{1}{X + \frac{s}{2}} \right]$$

$$U_s = \frac{\rho \cdot I}{2\pi} \cdot \frac{s}{s^2} = \frac{V_0 \cdot r \cdot S}{4 X^2 \cdot 4}$$

1 m. yarıçaplı yarım bir kürenin, 10 000 ohm. cm. öz dirençli bir toprakta, direnci

$$R = \frac{10\,000}{6,28 \cdot 100} = 16 \text{ ohm}$$

100 Amperlik bir akım için, priz yakınında $V_0 = 1600$ Volt hasil olur. Çap doğrultusunda prizden 1 metre mesafede 100 Amperlik akım için gerilim farkı

$$(X = 1,5 \text{ m. ve } S = 1 \text{ m.})$$

$$U_r = \frac{1600 \cdot 1 \cdot 1}{1,5^2 - 0,25} = 800 \text{ Volt}$$

Şu halde 1600 Voltluk gerilimin yansı prizden 1 metre mesafeye yayılmıştır. Prizden iki metre mesafede 1 m. mesafe için gerilim farkı ($X = 2,5 \text{ m. ve } S = 1 \text{ m.}$).

$$U_2 = \frac{1600 \cdot 1 \cdot 1}{2,5^2 - 0,25} = 266 \text{ V.}$$

Bu misalden anlaşılıyor ki böyle toprak prizi yahut büyük levhalar yakınındaki toprak bunlara yaklaşacak olan hayvan ve insanlar için tehlikeli olur. Buna mâni olmak

için yukarıda da söylendiği üzere büyük akıllı plakların derine gömmelidir.

40 Voltluk bir adım gerilimi (80 cm. için) bazı şartlar altında hassas hayvanlar için tehlikeli olur-

Naili hayvanlarda nallar toprakla iyi temas sağladığından burjar için tehlike daha büyüktür.

TOPRAKLAMALAR :

Topraklamalar koruma ve servis topraklaması diye ikiye ayrılırlar*.

Koruma Topraklaması :

Normal olarak gerilim altında bulunmayan veyahut gerilimi tehlikeli olmayan tesisat kısımlarına geçecek kaçak bir ceryarın bu kısımlardan nakil olan, el ve ayakla dokunulabilir yakınlıkta bulunan ve normal işlatmede gerilim altında bulunmayan kısımlar arasında tehlikeli bir gerilim hasil etmesine mâni olmak içindir.

Servis Topraklaması :

Normal olarak gerilim altında bulunan tesisat kısımlarını muvakkaten toprağa rapteden topraklamadır. Daimî olarak kuvvetli cevyan elektrik tesisatı devresinin bazı noktalarının, aşırı gerilimleri önlemek veya zararsız hale sokmak için topraklanmasını da servis topraklaması denir.

Tesislerin Gerilime Göre

Sınıflandırılması :

Elektrik tesisleri faz ile nötr arasındaki gerilime göre 3 katagoriye ayrılır.

1. katagoriye; faz-nötr arası gerilimi 250 Voltu aşmayan tesisler,
- 2- katagoriye; faz-nötr arası gerilimi 250 Volttan büyük 33 KV. dan küçük olan tesisler,
3. katagoriye; faz-nötr arası gerilimi 33 kV'tan büyük olan tesisler girmektedir.

Transformatör Postaları ve Bantra Uarda Topraklama Şekilleri :

Elektrik tesisatlarında aşağıdaki kısımlar topraklanır.

1° ,-, Şahısların emniyeti için ikinci ve üçüncü kategori tesislerin muhtelif metal gövdeleri.

2° Şahısların ve âletleri korumak için koruma ve ölçü transformatörlerinin sekonder devreleri-

- 60° — Yüksek gerilimle temas tehlikesine karşı tesisatı korumak için birinci katagorinin nötr teli.
- 40° — Deşarjların akması için alçak gerilim parafudrları.
- 5° — İkinci ve üçüncü katagorinin yüksek ve orta gerilim parafudrları ve yukardaki kısımların topraklanması mecburidir. Aşağıdaki kısımların topraklanması keyfidir.
- 6° — Alçak gerilim şebeke transformatörlerinin manyetik devresi ve kazanı.
- 70° — Bir santralın alternatörlerinin nötr noktaları.
- 8° — İkinci ve üçüncü katagori tesislerinin nötr noktaları. Bu kısımların toprak prizlerini gruplandırmak veya ayırmak hususundaki fayda ve mahzurları tayin etmek güç ve karışık bir meseledir. Bazı nizamnameler aşağıdaki kısımların ayrı olmasını şart koşar-
- 1° — Toprak teli, pylonlar, makine iskeletleri, metalik gövdeleri.
- 2° — Her katagorinin parafudrları.
- 3° — Her katagorinin nötr nokta ve nakilleri :

Yeraltı kablolarını ihtiva eden postalarda,

Toprak direnci 1 ohmdan aşağı olmak şartıyla yeraltı kablolarının metal kılıfları bir tek topraklama olarak kullanılır.

Tek veya birçok prizleri ihtiva eden No. 1 ve 2 için toprak primlerini teşkil etmek bir zorluk hasıl ederse her katagori grubunun tekabül eden toprak tellerini müşterek toprağa ayrı bir izole olarak götürmek şartıyla müşterek bir toprak kullanılabilir.

Yeraltı Şebekelerinde Toprak Prizleri :

Uzun ve büyük yükleri değişmeksizin taşıyabilecek ve çok küçük dirençli bir toprak prizi teşkil edilebilirse bütün topraklanacak kısımları bu bir tek prize bağlamak en iyi hal çaresidir- Kablo boylarının kâfi derecede uzun ve 1 ohmdan küçük toprak dirençlerini elde etmeye müsait bulunması halinde bu çözüm kabul edilir. Umumiyetle, bu nevi tesisatlarda, emniyet ve iyi bir topraklama için, kurşun kılıfla paralel olarak borular veya düşey plâklar yerleştirilir. İlerde de

bahsedeceğimiz üzere ikinci ve birinci katagori kablolarının kurşun kılıfları birbirinden ayrı bir topraklama elde edilebilecek şekilde gruplandırılır.

Yüksek gerilim transformatörlerinin nötr noktasının topraklanması :

Bu topraklamadan maksat bir taraftan nötr noktasının potansiyelini toprağa nazaran sabit tutmak ve diğer taraftan toprak anzalarına karşı koruma cihazlarını faaliyete geçirmektir. Arıza akımlarını küçültmek maksadiyle bazan bu direnç 10 ohmdan dahi büyük seçilir.

Hava hattı toprak prizleri :

Hava hatlarında çok küçük toprak dirençleri elde edilmese problem çok karışık olur.

No. 1 ve 2 ile gösterilen topraklamalar zararsızca bağlanabilir.

Apareyleri sürtansiyonlara karşı korumak için apareylerle aynı toprak prizine bağlanmış parafudrlar. ip deşarj akımını akıttıklarından Rp ip gerilim düşümünü meydana getirirler-

Bu gerilim aynı prize bağlanmış madenî kısımlar arasında mevcuttur ve bu kısımlara değenler için, bu gerilim tehlikeli olabilir.

Şahısların emniyeti ve apareylerin korunması arasında bir zıtlık vardır. Bu zıtlık, alçak gerilimli kısımların madenî kısımlarına temasın fazlalığından dolayı daha fazladır. İkinci ve üçüncü katagori için temasın az olmasından dolayı bu zıtlık azdır.

Arıza esnasında temas ihtimalinden başka insan vücudunun 0,01 - 0,02 saniye için 0,5 amperlik bir akıma dayanacağını da düşünmek lâzımdır- Böylece bir parafudr deşarjında topraklar madenî kısımlar arasında 1500 voltluk bir gerilim bu kısımlara değen şahıslar için tehlikeli olmaz. Demek oluyor ki 1,2 ve 5 prizlerini gruplandırmak faydalıdır. Alçak gerilim parafudrları (No. 4) ve transformatör kazanı (No. 6) nın deşarjında gerilimlerin artmasından dolayı alçak gerilim üzerine deşarj ihtimalinden dolayı ayrı yapılması daha uygun olur. 6 ve 4 No. lu toprak prizlerini birleştirmekte tereddüt edilmez.

Orta gerilimin nötr noktasının topraklan-

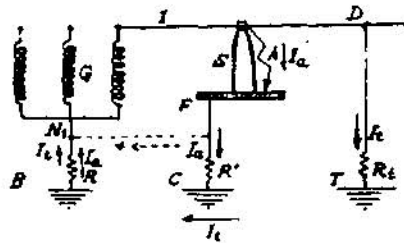
miş bulunması halinde bunu metallik gövdeler ve izolatör demirleri ile aynı bir prize bağlamak ve ayırmak hususunda faydalar ve mahzurlar mevcuttur.

Şayet tesisin izolâtör demirleri ayrı C, nötrü B topraklamalarına bağlı iseler bir A arkından dolayı I fazı ile demir arasında kazaî bir temas meydana gelirse, la arıza akımı I nakilinden nötr (N) izolatör demirinin R ve nötr noktasının R' direncinden akacaktır. Böylece toprağa nazaran demirler $V_f - I_a \cdot R$ nötr $V_n \Rightarrow R \cdot I_a$ potansiyelinde bulunacaktır. İyi bir topraklama olarak kabul edilebilen 2ohmluk bir topraklamada 200 amperlik bir akım, tesisin bütün izolatör demirlerini 400 Voltluk bir potansiyele çıkarır.

Şayet demirler doğrudan doğruya nötr noktasın, bağlı iseler bir arıza akımından akım topraktan geçmeksizin i okla gösterilen yolu takip edecektir. Nötr noktası ve demirler B toprağının R direnci ne olursa olsun toprak potansiyelinde bulunacaklardır. Akımır, aktığı devrede R ve R' dirençleri bulunmadığından akım hayli artacaktır.

Bu şekil topraklamanın da mahzuru vardır. Şebeke nakilinin bir D noktasında toprağa değmesi halinde, it arıza akımı, T ve B topraklamalarından geçerek nötr noktasına doğrudan doğruya bağlı izolatör demirlerinin $V_a = R \cdot I_t$ potansiyeline çıkacaktır.

Tesisin izolâtör demirlerinin ayrı bir R' topraldanmasının bulunması halinde D temasından dolayı bir potansiyel yükselmesi meydana gelmiyecekti.r. Nötr noktası bir ilâve



Şekil 2

P direncinden geçerek topraklanacaksa izolâtör demirleri hem- ayrı bir toprağa, hem de ilâve dirençle toprak araştırma ballanır.

Pratikte 1, 2, 4, 5 ve 6 ile gösterdiğiniz toprak prizleri birlikte bağlanır. Parafudrlar tarafından transformatörlerin iyi korun-

ması arzu edilirse 1, 5 ve 6 yi birleştirmek lâzımdır.

Parafudrla toprak arasındaki bağlantılar kısa ve düz olmalıdır. Zira bu k'sunlardan ehemmiyetli gerilim düşümleri meydana getiren şok akımları akacaktır. (1000 kV/ps için takriben 1 kV/m). Şu halde parafudrun toprak prizine mesafesi mümkün mertebe kısalmalıdır.

İkinci Katagorinin Nötr Noktasının Topraklanması :

Yukarıda nötr ile madenî kısımları ayırmak ve birleştirmenin fayda ve mahzurları izah edildi.

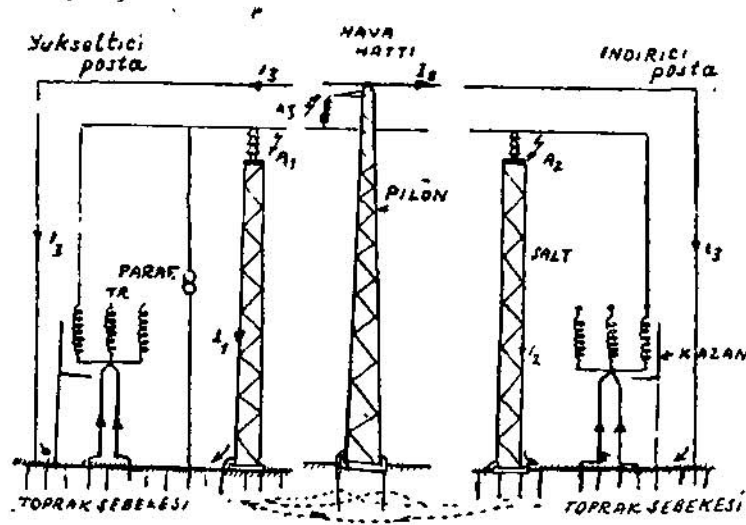
Postalarda arızalar hatlardakine nisbetle az olduğundan hattın yere değmesi anında bu kısımları gerilim farklarından azade kılmak için postalarda madeni kısımlar ayrı bir toprağa bağlanır.

Hatların toprak teli ile teçhiz edilmiş olması halinde bu teli nötr ile birleştirmekte büyük fayda vardır. Bu durumda pilona veya toprak teline yıldırımın düşmesi anında 50 Hz akım topraktan geçmeksizin toprak teli ile devresini kapatır. Böyle bir bağın bulunması halinde akım toprak telini taşıyan muhtelif pylonların topraklamalannndan nötr noktasına akacaktır- Akımın topraktan geçmesinden dolayı hayvanlar ve insanlar için tehlike büyük olur. Diğer taraftan, direk topraklamaları vasıtasıyla toprak telinin muhtelif noktalarda »topraklanması dolayısıyla direnci çok küçük bir toprak elde edilir. Postanın topraklanması hususundaki şüphe toprak telinin nötr noktasına bağlanması ile zail olur.

Netice olarak, nötr topraklaması ile postanın diğer topraklamasının birleştirilmesi bu iki toprağı birleştirmekle elde edilecek topraklamanın direncine bağlıdır. Bu iki topraklamanın birleştirilmesi ile çok küçük bir direnç elde edilirse birleştirme tercih edilir.

Emniyet bakımından ayrı topraklamalar müşterek bir toprak halinde büyük bir akım metal devrelerden geçecek, ayrı topraklamalar halinde akım topraktan geçerek tehlikeler yaratacaktır. (Şekil - 3, A, ve A_j deki arklar)

Aynı muhakeme hava hatları için de söylenir. Şayet direkleri birleştiren ve nötre bağlı toprak teli yoksa akım topraktan geçecek ve tehlike adım gerilimlerini meydana getirecektir. (A_j zincirindeki ark gibi)-



Toprak telinin mevcut ve nötr bağlanması halinde bu tehlike ortadan kalkar.

Nötr noktasının topraklama şebekesine bağlanması, kopma ihtimalini bertaraf etmek için iki ayrı yoldan yapılmalıdır.

Toprak telinin kesitinin, kâfi olması ve topraklamanın iyi yapılması halinde yıldırım tehlikelerine karşı koruyucu rolden başka nötre ve diğer topraklamaların birleştirilmesi halinde toprak akımlarını ümitlendirmek veya ifna etmesi bakımından mühim rol oynar.

Bu durumun telefon hatlarına olan tesir ve halkın korunması bakımından da büyük tesiri vardır. Parafudr topraklamalarının bir hususiyeti de kapasitenin çok akımlarında tesirinin bulunmaması dolayısıyla bu toprak prizleri mümkün mertebe parafudr'a yakın olarak gömülür. Halbuki diğer toprak prizlerini mümkün mertebe toprağa gömmekte gerek rutubet, gerek adım gerilimi bakımından fayda vardır-

Fakat pratikte bu iki topraklama birleştirilir. Yalnız şu söylenebilir ki bu birleştirme toprak prizleri dirençlerinin orta derecede yani bir kaç ohm'dan 20 ohm'a kadar olan tesislerde mümkün olur. Piratikte ikinci katagorinin geriliminin yüksekliği nisbetinde toprak direncinin de küçük olması lâzımdır. Zira tecrübeler göstermiştir ki aşırı gerilimler işletme gerilimi ile orantılıdır.

Toprak direncinin 1 ohm'dan küçük olduğu hallerde bütün topraklamalar birleştirilebilir.

İkinci katagorinin nötr noktası her zaman topraklanmayabilir.

Alternatörlerin Nötr Noktasının

Topraklanması :

Alternatörlerin nötr noktası diferansiyel ve toprak koruması için bir dirençten geçirilerek topraklanır. Alternatörlerin yüksek gerilim hatlarına üçgen bağlı transformatör vasıtasıyla bağlı bulunması dolayısıyla hava hatlarında bir anza vukuunda hasil olacak sıfır bileşenli akımlar geçemeyeceğinden nötr noktası bu tesirlerden arade kaktır. Böylece alternatörlerin nötr noktalarını diğer toprak prizlerine birleştirmekte bir mahzur kalmaz.

Alçak Gerilimde Nötr Telinin

Topraklanması:

Alçak gerilim şebekesini sürtansiyonlara karşı korumak için, hava hatlarında nötr teli (umumiyetle diğer nakilleri yıldırıma karşı korumak için direk tepelerine yerleştirilmiş) güzergâh boyunca muhtelif noktalarda topraklanır.

1 ohm'dan küçük umumî bir toprak elde edilmezse ehemmiyetli abonelere hizmet eden şebekenin nötr noktası ayı topraklanır.

Zira, nötr noktasının diğer prizlerle müşterek bulunması halinde bir arıza veya parafudr deşarjında şebekenin heyeti umumiyesi toprağa geçen akımın toprak prizinde hasil ettiği gerilim düşümü nisbetinde bir potansiyelde bulunacaktır.

Kabloları ve suborulan bulunmayan bir alçak gerilim şebekesinde elde edilebilecek iyi bir direnç 10 ohm olduğuna göre 500 Amperlik bir anza akımında bütün şebekenin gerilimi 5000 Volt yükselecektir. Neticede arkalar, yangınlar, apareylerin, izolasyonlarının

kavrulması, elektrik kazaları hemen meydana gelecektir.

Nötr topraklanması ayrı ise bu nevi potansiyel yükselmeleri alçak gerilim şebekesinde meydana gelecektir- Transformator kazanının parafucVlarla aynı topraklanmaya bağlanması halinde yukarıda mevzu bahis edilen potansiyel yükselmelerinden dolayı alçak gerilim şebekesi ile madenî kısımlar arasında atlamalar meydana gelir. Başkaca parafudr'lar şebeke nakilleri 'üzerine ters çalışıp sürtansiyonlar meydana getirirler. Fakat bu olaylar daha az tehlikeli ve daha seyrek olur.

İHTARLAR :

1 .— Bir transformator tarafından beslenen alçak gerilim şebekesi, kumanda, ölçme ve sinyal devreleri için lüzumlu ve ikinci kategori metalik gövdelerine yakın yerleştirilen akım ve gerilim transformatorlerini ihtiva etmezse ikinci kategori metal gövdelerinin azlığından dolayı her iki topraklama birleştirilir.

2 — İkinci ve üçüncü kategorili büyük bir indirici postada alçak gerilim aparatları mümkün mertebe alçak gerilim nötrü umumî toprağa bağlanır. Bir arızada metalik kısımlar ve alçak gerilim şebekesi aynı gerilimde bulunur. Böyle bir fikir bu hususta durum için kabul edilebilir.

3 — Alçak gerilim şebekesini korumak için nötr noktasını ayırma veya birleştirme doğrudan doğruya müşterek toprağın gerilim düşümüne bağlıdır- Bu düşünüm daha doğrusu gerçekleştirilen toprak direnci ile şebekenin gerilim ve büyüklüğüne bağlı olan akımın çarpımına eşittir.

Gövde topraklamaları ve şahısların korunması :

Gövdeleri topraklamaktan maksat, bu gövdelere kazara değenleri korumak içindir.

Bir arızada insan vücudundan geçecek akım, değmeden evvel o nokta ile şahsın üzerinde bulunduğu toprak arasındaki gerilime bağlıdır. Vücuttan geçecek akımı istenilen bir değerin altına düşürmek için aşağıdaki çarelere başvurmak lazımdır.

- Boştaki gerilimi küçültmek
- İletkenliği yükseltmek.

Ayrıca bu iki faktör birbirine bağlıdır. Pratikte 'aşağıdaki usuller kullanılır :

Bir prizinin yakınında dolaşan bir şahsın korunması için :

1 — İzole olarak bulunan bir gövde için, gövde ile toprak arasında eş potansiyel bir hat'ın teşkil edilmelidir- Bu da toprak direncini kâfi derecede düşürmekle elde edilir.

2 — Gerilim gradyanını tehlikesiz bir duruma getirmek için büyük toprak prizleri yapılmalıdır.

3 — Bir ağ şebekeye bağlı madenî gövdeler halinde toprak direnci ikinci derecede bir rol oynar. Gradyanı küçültmek için gömülmüş şerh'lerin boyunu artırarak bir metresir.den geçen akımı azaltmak lazımdır.

4 —. Birkaç toprak prizi kullanılacaksa gradyanı küçültmek için bunları mümkün mertebe derine gömmek lazımdır.

5 — Prize bağlanacak toprak telleri izole edilmelidir. Mümkünse priz etrafında dolaşmayı yasak etmelidir.

Normal olarak gerilim altında olan iletkenlere ulaşılmamalıdır, metalik gövdelerle yakınındaki toprak arasında bir gerilim farkı bulunursa aşağıdaki şekilde hareket etmelidir.

1° — Bir postanın kazısında ve tesviyesinde: Az bir masrafla, inşaattaki ilet-on kısımların inşaattın etrafını saran bir bukl ile topraklanır.

Pilorlar ve masif kısımlar için temel derinliği bir metreyi geçtiği takdirde yarı derinlikte bütün beton kısmı çevreleyen bir bukl daha yapılır.

2° — Binalarda :

Gömülmüş nakiller vasıtasıyla postanın yüzü bir madenî plâkaya eşdeğer hale getirilir.

Binanın köşelerinde ve cephelerinde her 10 metrede, aparatlar ve gövdeler topraklama şebekesine bağlanır. Biraz mühimce postalarda, toprak veya beton satırlar içine gömülmüş kısımlar vasıtasıyla eşpotansiyel hale getirilir. Küçük binalarda beton sıvanın içine adım mesafesinde demir kıs'ml.ırdan bir ızgara teşkil edilir-

Postanın dışında, giriş kapısının önünde beton platformunun 10 - 15 cm. derinine ve takriben 1 metre genişliğinde elde edilecek ızgara, gövde topraklamasına bağlanır.