

# 34,5 ve 15 kV'luk Enerji Nakil Hatlarında Direk Koruma Topraklama Direnci Hangi Mertebede Olmalıdır\*?

Ayhan TÜRELİ  
ODTÜ

## ÖZET

*Bu yazıda 34,5 ve 15 kV'lık enerji nakil hatlarında direk koruma topraklama direncinin ne olması gerektiği, topraklamada varılmak istenen ana amaçlar bakımından incelenmektedir.*

## SUMMARY

*in this paper the earthing problems of poles employed in 34,5 and 15 kV transmission lines are investigated.*

## 1. GİRİŞ

Memleketimizde yapılmış ve yapılmakta olan enerji nakil hatlarında her direkte bir koruma topraklaması yapılmakta ve Kuvvetli Akım

\* Odamızın hazırlanmış olduğu dizi teknik konferanslar serisinden, 18 Aralık 1972 Pazartesi günü Mimarlar Odası Konferans Salonu'nda verilmiştir.

Elektrik Dağıtım Tesisatının Bakım, işletme ve Tesisine Dair Talimatnamenin 107 nci maddesine göre bu topraklama direncinin 20 fi'un altında olması gerekmektedir. Topraklama suni elektrodlarla yapılmakta, tek bir elektrodla 20 fi 'un altına düşülemediğinde ilâve elektrodlar tesis edilmektedir, ilâve topraklama kolları masrafları arttırdığı gibi, bazı hallerde, arazinin göstereceği hususiyet dolayısı ile, gene 20 fi 'un altına düşülememektedir. Bu gibi durumlarla

sık sık karşılaşıldığından topraklama direncinin 20<sup>^</sup>un altına düşürülmesinin gereğinin yeniden incelenmesi faydalı görülmüştür.

Topraklamada varılması istenilen ana amaçlar sistemde enerji kesilmelerini azaltmak (sistem devamlılığı), insan emniyetini sağlamak ve meydana gelecek arızalarda 'koruyucu rölelerin arızalan görebilmelerine yardımcı olmak şeklinde özetlenebileceğinden mevzubahis problem aşağıda bu yönlerden ve sadece 34,5 JkV'a kadar olan sistemler için incelenmiştir. Daha yüksek voltajlı sistemler için aynı problemin analizi halen yapılmakta olup, sonuçlar ileride yayınlanacaktır.

## 2. TOPRAKLAMANIN SİSTEM DEVAMLILIĞINA TESİRLERİ

Sistemde herhangi bir sebepten meydana gelecek aşın gerilimler izolasyonun en zayıf olduğu yerlerde (direklerde izolatörler) atlama yapılarak kısa devre meydana getirir ve hatların işletme dışı bırakılmasına sebep olurlar. Bu aşın gerilimlerin çok büyük ekseriyeti atmosferik sebepler veya manevralar neticesi meydana gelir. Toprak teli olan enerji nakil hatlarında hatta düşen yıldırımların ekseriyeti toprak teli üzerine isabet eder ve yıldırım deşarjı toprak teli ve direk koruyucu topraklama sistemi üzerinden toprağa verilir. Bu gibi durumlarda, ters atlamalara mani olması bakımından, direk topraklama direncinin değerinin küçük tutulması önemlidir. Ancak Türkiye'de mevcut ve yapılmakta olan 34,5 ve 15 kV'lık enerji nakil hatlarında toprak teli kullanılmamaktadır. 15 ve 34,5 kV'lık şebekelerin izolasyon seviyesi düşük olduğundan faz iletkenlerine ve direklerle isabet edecek yıldırım deşarjlarının hemen hemen tümü hat izolasyon seviyesinin üstünde voltajlar meydana getirmekte [1] ve topraklama direncinin değeri ne olursa olsun inkita yaratmaktadır. Hat civarına düşecek yıldırımların hatta endüklemediği gerilimler ise, 15 ve 34,5 kV'ta çok nadir haller dışında inkita meydana getirecek seviyeye çıkamamaktadır. Esasen topraklama direncinin bu durumda da bir tesiri olmamaktadır. Aynı netice, bu işletme voltajlarında, manevra gerilimleri için de caridir.

## İ. TOPRAKLAMANIN İNSAN EMNİYETİNE TESİRLERİ

Bir arıza 'esnasında toprak üzerinden devresini tamamlayan kısa devre akımı topraklama sistemleri civarında insan ve hayvanlar için tehlikeli olabilecek voltajlar meydana getirebilirler. Bu şekilde «temas» ve «adım» voltajla-

rına maruz kalan insanlar üzerinden bir akım geçer ve bu akımın, bilhassa şiddet ve süresine bağlı olarak, o insan üzerinde muhtelif etkileri olur. Bu mevzuda bilhassa Almanya ve Amerika Birleşik Devletlerinde birçok araştırma ve deneyler yapılmıştır. Biegelmeier [2,3] insan vücudundan geçecek akımın fizyolojik etkilerini Tablo I'de görüldüğü şekilde özetlemektedir. Bu tablodan da görüldüğü üzere şok süresi ile I.kalp atış periyodu (0,75 saniye olarak alınmıştır) arasındaki münasebet 50 mA'in üzerindeki vücut akımlarında büyük önem kazanmaktadır. IEC'nın 64 No. lu Teknik Komitesi ise (alçak gerilim tesislerinde), insanlara zararı olmayan akımları

$$I = 10 + \quad (D)$$

10

formülü ile tesbk etmek eğilimindedir [4].

Bu formülde I, mA olarak vücut akımı ve t de saniye olarak sok süresidir.

Amerika Birleşik Devletleri ve İngiltere'de ise Dalziel [5,6,7,8,9] tarafından insanların % 99,5'unun kalp fibrilasyonuna maruz kalmadan dayanabilecekleri akımı belirten

$$I = \frac{0,165}{-fi-} \quad (2)$$

formülüne göre işlem yapılmaktadır [10].

Bu formülde t saniye olarak şok süresini ve I de amper olarak vücut akımını göstermektedir.

Denklem (2)'ye dayanarak müsaade edilebilecek temas ve adım gerilimleri aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır [10,11] :

$$= I^R K H \text{-----} 7 \text{---} I$$

$$\wedge 165 4- 0_{,25} \text{ ps y} \quad (3)$$

$$V_{, d,n} =$$

$$(R_K + 2 R_F) I_K$$

$$= (1000 + 6 \text{ ps})$$

$$V_{,}$$

$$V_{,}$$

(4)

Bu denklemlerde R<sub>K</sub> insan vücudunun direnci olup, 1000 fi olarak alınmakta, R<sub>F</sub> ise insan

**Tablo 1. Vücuttan geçen akımın tesirleri:**

Kod	50-60 Hz arasındaki akımın efektif değeri (mA)	Şok süresi	İnsanlar üzerindeki fizyolojik tesirleri
0	0- 1	Kritik değil	Seziş başlangıcı. Elektriğe çarpılma hissedilmemekte.
A <sub>1</sub>	1-15	Kritik değil	Kramp başlama sınırı. Tutulan cisimden ellerin yardımıyla bırakılabilmesi artık mümkün değil. Parmak ve kol adalelerinde kuvvetli ve bazan çok acılı tesirler.
A <sub>2</sub>	15-30	Dakikalar	Kollarda krampa benzer kasılmalar. Teneffüs zorluğu. Kan tazyikinin artması. Dayana-bilme sınırı.
A <sub>3</sub>	30-50	Saniyelerde dakikalar arası	Kalp intizamsızlığı, Kan tazyikinde artış. Kuvvetli kramp tesirleri. Baygınlık. Akımın üst sınırlarında ve süre uzun olduğunda ventriküler fibrilasyon.
B <sub>1</sub>	50'den bir kaç yüze kadar	Bir kalp peryodundan az	Ventriküler fibrilasyon yok. Ağır şok.
		Bir kalp peryodundan çok	Ventriküler fibrilasyon. Beginning of electrocution in relation to heart phase not important. Münabbih (stimulus) nakil sisteminin bozulması veya karışması. Baygınlık. Akım izleri.
B <sub>2</sub>	Birkaç yüzün üstünde	Bir kalp peryodundan az	Ventriküler fibrilasyon. Beginning of electrocution in relation to heart phase important Fibrilasyon başlaması sadece hassas devrede. (Kalp adalesine direkt müdahale tesir?) Baygınlık, akım izleri.
		Bir kalp peryodundan çok	Reversible cardiac arrest. Range of electrical defibrillation. Baygınlık. Akım izleri. Yanıklar.

Not : Tercüme edil'emiye bazı tıbbî 'terimler ve cümleler aynen kullanılmıştır.

ayağı ile toprak arasındaki temas direncini belirtmekte ve hesabı herbir ayağı 8 cm yarıçapında dairesel bir levha şeklinde düşünülerek yapılmaktadır.  $p_s$  ise  $\Omega/m$  olarak temas bölgesi toprak spesifik direncidir.

Denklem (3)'e göre, enerji nakil hattı direğinin bulunduğu yerde  $p_s = 100 \text{ f}\Omega/m$  (nemli toprak) olarak alındığında müsaade edilebilecek temas gerilimi, 0,1 , 1, 2 ve 3 saniyelik süreler için, sırayla, 600, 190, 135 ve  $p_s = 1000$  110 olarak bul-

(kuru toprak) olarak alındığında ise aynı değerler 1310, 415, 295 ve 240 olarak bulunur.

Direk topraklama direncini 20  $\Omega$  olarak aldığımızda yukarıda hesaplanan müsaade edile-

bilecek temas gerilimlerinin (\*) üstüne çıkmamak için topraktan geçecek kısa devre akımlarının, aynı süreler için, 30, 9,5, 6,75 ve 5,5 A'nın ( $p_s = 100 \text{ f}\Omega/m$  için) ve 65,5, 20,75, 14,75 ve 12 A'nın ( $p_s = 1000 \text{ f}\Omega/m$  için) üstüne çıkmaması gerekmektedir. Topraktan geçecek arıza akımlarının mertebesi ise sistemin işletme topraklaması şekline bağlı olup, değişik değerler alabilir. Şimdi bunu inceleyelim.

\* Direk topraklaması bir ağ şebekesi şeklinde olmadığından, direğe temas neticesinde azami temas gerilimine maruz kalınacağı düşünülmüştür.

### 3.1 Nötrü efektif olarak topraklı şebekeler :

Türkiye'de mevcut 34,5 vs 15 kV'luk şebekelerin büyük çoğunluğu ana transformatörlerin di- i'3kt topraklı yıldız sargısından beslenmekte olup, bu gibi şebekelerde faz-toprak ıkısa devre akımları çok büyük değerler almaktadır. Ek l'den de görüleceği üzere, en zayıf noktalarda bile bu akım 500 A mertebesinde olmaktadır. Bu da 20 j^'hık topraklama sisteminde, 10000 V'li'k temas gerilimi vermektedir. Ekseriyetinin aşın akım röleleriyle 'korunduğu bu hatlarda röle+kesici çalışma sürelerini 1 saniye olarak aldığımızda (ekseri haller bu sürenin üzerindedir), zarar vermeyecek temas gerilimini bu akımda elde edebilmek için direk topraklama direncinin 0,38 jQ (p\_s = 100 fl/m için) veya 0,83 f£ (p\_i = 1000 fi/m için) olması icap eder. Kısa devre akımının veya anza süresinin daha büyük olduğu durumlarda ise topraklama direnci daha da küçültülmelidir. Bu durumu temin için ise, uygun arazi şartlarında bile, ancak trafo istasyonlarında olduğu -gibi AA toprak şebekesinin kurulması icap eder (\*\*). Her direkte bu gibi topraklamanın ekonomik bakımdan yapılamayacağı aşikardır. Dolayısıyla/, nötrü toprail\$;i; s&stemlelrde, herhamgi bir toprak kısa devresi anında röle ve kesicilerin çalışarak arızalı hattı süratle devre dışı yapacağı ve koruma topraklamalarının bu hususa, 4.l'de izah edildiği şekilde faydalı olacağı düşünülür. Böylece arızalı hattın süratle devre dışı edilmesi ile herhangi bir insan veya havanın arızalı 'bölgede bulunma ve zarar görme ihtimali çok azaltılmış olmaktadır.

### 3.2 Transformatörlerin üçgen veya nötrü izo le yıldız sargısından beslenen şebekeler:

Bu tip şebekelerde herhangi -bir sebepten bir faz toprak arızası olduğu takdirde çok küçük mertebede bir arıza akımı *arızalı* olmayan faz iletkenlerinin toprağa olan kapasitansı üzerinden devresini tamamlar. Bu akım birçok hal-lerde kendi kendine kesilebilir. Ancak kesilmediği takdirde, değeri çok küçük olduğundan, akımla çalışan rölelerle mevcudiyeti tesbit edilemez. Bir voltaj trafosunun açık üçgen sargısından beslenen bir sıfır bileşen voltaj rölesi her ne kadar böyle bir arızanın mevcudiyetini belirtse de, arızanın hangi hat üzerinde olduğunu göstermez. Dolayısıyla arızalı hattın bulunup, devre dışı edilmesi bazen saatlerce sürebilir. Bu gibi hallerde insan veya hayvanların arıza akımının geçtiği direk civarında

\*\* Bazı hallerde trafo istasyonlarında bile topraklama direnci bu mertebelere düşürülemediğinden AA şebekesi sıklaştınlarak voltaj gradıyanti düşürülmektedir.

bulunarak temas veya adım gerilimine maruz kalma ihtimalleri nötrü topraklı şebekelere nazaran çok daha fazladır. Dolayısıyla bu gibi şebekelerde direk topraklamalarının ZOj^'ün altına düşürülmesi icap eder. Anza akımı 'küçük olacağından 20 Q veya altındaki topraklama direnci temas ve adım gerilimlerini, 'ekseri hallerde, insanlara zarar verecek seviyenin altında tutabilir.

### 33 Nötrü Peterson bobini üzerinden topraklanmış şebekeler:

Kısım 2.1'deki neticeler nötrü Peterson bobini üzerinden topraklanmış şebekeler için de cari olup, bu gibi şebekelerde direk topraklama direncinin 20 J^'un altına düşürülmesi icap eder Bunun için Doğu ve Batı Almanya'da

$$R \wedge - \wedge L \quad (5)$$

formülü kullanılmaktadır [12,13]. Burada I\_K amper olarak en büyük anza akımını ve R, Çi olarak topraklama sistemi direncini göstermek tedir.

### 4. TOPRAKLAMANIN RÖLE KORUMASINA TESİRİ

Direklerde koruma topraklaması yapılmasının gayelerinden biri de herhangi bir toprak ıkısa devresinde arıza akımının değerini röleleri çalıştıracabilecek seviyede tutmaktır. Bu da sistemin işletme topraklamasının şekline bağlıdır.

#### 4.1 Nötrü efektif topraklı şebekeler:

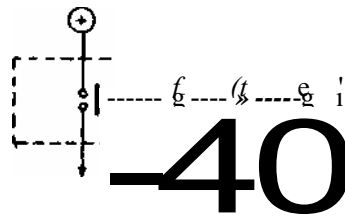
Bu gibi şebekelerde nötr noktası direkt topraklı ve direklerin topraklama dirençleri 20 <Q civarında ise, Ek l'deki misallerden de görüleceği üzere, faz-toprak arızalarında akacak anza akımı, hattın nominal yük akımının çok üstünde olacağından her üç faza yerleştirilecek aşın akım röleleriyle (Şekil 1) hat rahatça korunabilir ve arızalı hat süratle devre dışı edilebilir.

-A  
-B  
-c

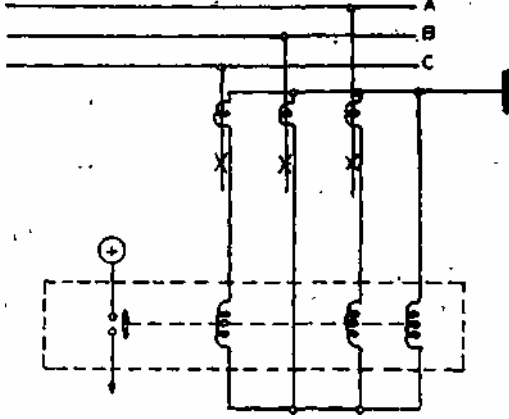
< |

Şekil 1.

275



Gene, Ek l'deki misallerden de görüleceği üzere, direk topraklama dirençleri  $20fj^*$ un çok üstünde olduğu hallerde bile, faz-toprak anza akımı, hat nominal yük akımının pek altına düşmemektedir. Bu gibi durumlarda ise ifci fazda aşın akım ve birde sıfır bileşen aşın akım rölesi kullanarak (Şekil 2) arızalı durum



Şekil 2.

kolayca tesbit edilebilir ve anızlı hat selektif olarak kısa sürede devre dışı yapılabilir. Dola yısıyla, bu şekilde nötrü topraklı şebekelerde direklerdeki topraklama direncinin değerinin üst sınırını tayin eden husus, toprak arızaların da akacaik toprak akımının sıfır bileşen aşın akım rölesini rahatça çalıştıracak mertebede olmasının teminidir. Bu da Ek l'deki misaller den görüleceği üzere  $20 f^*$ un bir hayli üzerinde olup, tek bir topraklama elektrodu ile bile her türlü arazide temin edileceği düşünülebilir. Ancak, bu hususun ölçmeler yaptırılarak tevsik edilmesi faydalı olacaktır.

4.2 Nötrü İzoleli veya kompanze edilmiş (Peterson bobini!) şebekeler:

Bu tip şebekelerde direk topraklamalarının röle [korumasına tesiri olmayıp, Kısım 3'de belirtildiği şekilde, insan emniyeti bakımından  $20 Q$ 'un altında olması icap eder.

## 5. SONUÇ

5.1 Nötrü izoleli veya Peterson bobini kullanılan şebekelerde insan emniyeti yönünden direk topraklamalarının  $20 fl^*$ un altında olması icap eder. Bunu gerçekleştirmek ekonomik bakımdan ağır olacağından birçok memlekette

bu şarta ancak meskûn bölgelerde tam olarak uyulmaktadır [14].

52 Nötrü topraklanmış şebekelerde koruma rölelerinin arızayı kolayca ve süratle tesbit edebilmeleri için enerji nakil hatları direklerinde koruma topraklaması yapılması uygundur. Ancak, bu topraklamada, topraklama direncini  $20 Q^*$ un altına düşürmeye lüzum yoktur. Tek bir topraklama elektrodu ile istenilen gayeye ekseri hallerde varılabilir. Ancak müsaade edilecek en yüksek topraklama direncini tesbit etmek için Ek. l'de belirtildiği şekilde hesaplar yapılmalı, röleleri çalıştıracak akımların geçip geçmeyeceği kontrol edilmelidir.

Bu gibi şebekelerde koruma topraklamasının insan emniyetine tesiri arızanın süratle 'kaldırılmasının teminidir [15] ve VDE 0141/12.40'm Peterson bobinli şebekelerde müsaade ettiği 125 V'luk azami' temas geriliminin altına direkt topraklı şebekelerde düşülememektedir [16].

53 Nötrü direkt topraklı şebekelerde enerji nakil hatlarının özel olarak elektrodlarla hiç topraklanmaması düşünülebilir. Ancak bunun röle korumasına ne gibi etkilerde bulunacağını tam tesbit edilmesi lâzımdır. Burada cevaplandırılması gereken suallerden bazıları şunlardır :

a. özel olarak topraklanmamış bir beton veya demir direğin toprağı olan direnci, çeşitli arazilerde ne mertebededir ve netice olarak koruma rölelerinin emniyetli olarak çalışmasına nasıl tesir eder?

b. Bu' gibi topraklanmamış direklerde Faz arası izolasyon seviyesi ile faz toprak arası izolasyon seviyeleri hangi mertebededir? Arızalar hangi nisbette faz-toprak arızası olarak ortaya çıkacaktır? Meselâ ağaç direkli hatlar topraklanmadığında arızaların hemen hemen tümü faz arası arızasında dönüşmektedir. Aynı durum beton ve demir direkli hatlar için ne miktarda olacaktır?.

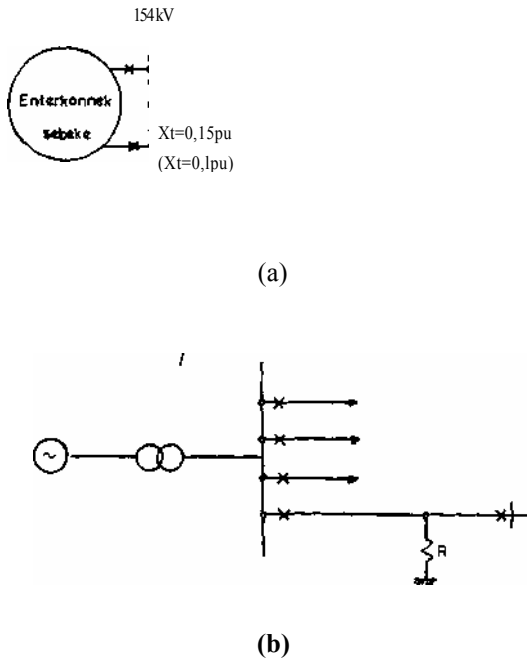
c. Bir' beton veya demir direktten uzun veya kısa süre bir anza akımı aktığı takdirde bunun direğe vereceği zararlar nelerdir? Bazı memleketlerde bu yüzden beton direklerin toprağı gömülü kısımlarının bozulduğu ve bakımçıların direğe çıktıklarında bu direklerin devrildiği tesbit edilmiştir [17]. Aynı durumların topraklama tesisinin iyi yapılmadığı, iyi seçilmediği ve zamanla bozulduğu hallerde de meydana gelebileceği düşünülmelidir.

Yukarıdaki ve benzeri soruların cevaplandırılması için bazı test' ve araştırmaların yapılması uygun olacaktır. • " •

3.4 Direk koruma topraklamalarının 20j'un altında olması gereğini belirten Kuvvetli Akım Elektrik Dağıtım Tesisatının Bakını, işletme ve Tesisine Dair Talimatnamenin yeniden incelenmesi uygun olacaktır.

## 6. EK. 1

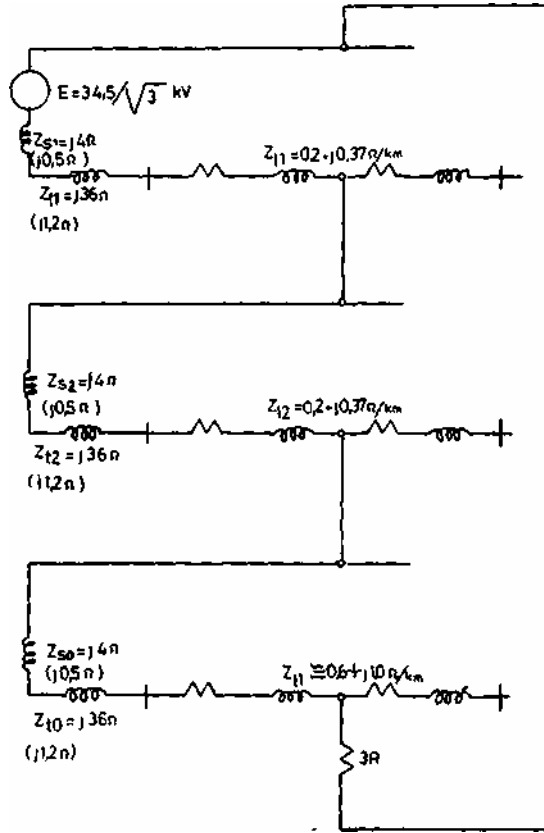
Şekil 3a'da enterkonnekte şebekeye bağlı bir transformatör istasyonu ve bunun 34,5 kV'luk çıkış fiderleti, Şekil 3b'de bu sistemin tek hat



Şekil 3. Enterkonnekte şebekeye bağlı 154/34,5 kV'luk bir trafo istasyonu ve çıkış fiderleri.

şeması ve Şekil 4'de de bu sistemin simetrik bileşen devreleri ve 34,5 kV'luk fiderlerden birinde bir faz-toprak 'kısa devresi olduğunda bu devrelerin bağlantı şekli görülmektedir. Şekil 4'de parantez içinde olmayan değerler enterkonnekte şebekenin 154 kV'luk barasındaki 3-faz kısa devre gücü 300 MVA ve trafo gücü 5MVA olduğu (TEK şebekesi takribi alt değerleri) ve parantez içindeki değerlerde aynı büyüklüklerin 2500 MVA ve 100 MVA olduğu (TEK Şebekesi takribi üst değerleri) durumlarda 34,5 kV'a irca edilmiş eşdeğer kaynak ve

trafo empedanslarını göstermektedir. 34,5 kV luk fiderin (100 km uzunluğunda ve 266,8 MCM' lik iletkenler kullanıldığı farz edildiğinde) bir kilometre uzunluğunun pozitif, negatif ve sıfır bileşen empedansları da Şekil 4'de gösterilmektedir. Arıza noktasındaki topraklama direnci parametre olarak alındığında ve hattın başında, 10 km, 50 km ve 100 'km mesafelerde meydana gelecek kısa devrelerde kısa devre akımı değerleri hesaplanmış ve neticeler Tablo l'de gösterilmiştir. Kısa devre akımının hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır.



Şekil 4. 34,5 kV'luk fiderlerden birinde anza [faz-toprak kısa devresi) olduğunda Şekil 3'de-kil sistemin bileşen devreleri ve bağlantı şekli: (Xt = 0.15 p.u. Xt = 0.1 p.u.)

$$\frac{3 \times 34,5}{(\sqrt{3}) \times \text{İP}^*}$$

(6)

**Tablo 2. Faz-toprak kısa devre akımları:**

154 kV'luk bara 3-faz kısa devre gücü ve 154/34,5 kV'luk trafo gücü parantez içinde olmayan değerlerde 300 MVA ve 5 MVA, parantez içinde olan değerlerde 2500 MVA ve 100 MVA olarak alınmıştır.

R (n)	Faz - toprak kısa devre akımı (A)			
	Arıza noktasının uzaklığı			
	0 km	10 km	50 km	100 km
1	500 (10,135)	485 (5929)	431 (2230)	378 (1253)
10	485 (1972)	470 (1808)	416 (1293)	364 (917)
20	447 (9%)	434 (958)	387 (812)	341 (664)
50	312 (400)	306 (394)	284 (371)	259 (343)
100	186 (200)	184 (199)	177 (193)	168 (187)
200	98 (100)	98 (100)	96 (98)	94 (97)

## 7. KAYNAKLAR

1. *Golde R. H.*: "Lightning Performance of British High-Voltage Distribution Systems", Proc IEE, Vol. 113, No. 4, April 1966.
2. *Biegelmeier, G. ve Rotter K.*: "Electrical Resistances and Currents in the Human Body", Elektrotechnik und Maschinenbau, Vol. 88, pp. 104-114, March 1971.
3. *Biegelmeier, G.*: "Einige neue Erkenntnisse betreffend die Technik des Berührungsschutztes in Niederspannungsanlagen" International Symposium on Earthing and Protection Systems, Earthing Vol. I, pp. 15-41, 22-24 June, 1972, Wroclaw, Polonya.
4. *Robbins, J. A.*: "What is the ideal Level of Protection for the User?", International Medium Voltage Earthing Practices, 21-23

March 1972, IEE Conference Publication No 82, pp. 94-103, Londra.

5. *Dalziel, C. F.*: "Dangerous Electric Currents", AIEE Trans. Vol. 65, pp. 579-585 ve 1123-1124.
6. *Dalziel, C. F.*: "A study of the Hazards of Impulse Currents", AIEE Trans. Vol. 72-Part III, pp. 1032-43, 1953.
7. *Dalziel, C. F. and Massoglia, F. P.*: "Let-go Currents and Voltages" AIEE Trans, Vol. 75, Part II, pp. 49-56, 1956.
8. *Dalziel, C. F.*: "Temporary Paralysis Following Freezing to a Wire", AIEE Trans., Vol. 79, Part III, pp. 174-5, 1960.
9. *Dalziel, C. F.*: "Threshold 60-Cycle Fibrillating Currents", AIEE Trans., Vol. 79, Part III, 1960
10. "Guide for Safety in Alternating Current Substation Grounding", AIEE, Report No. 80, March 1961.
11. *Vilkins R.*: "Güç sistemlerinin topraklanması". Elektrik Mühendisleri Odası Dergisi, 185/Mayıs 1972, s. 65-82.
12. *Freytag, K.*: "Gefährdungsspannungen im Mittel- und Niederspannungsnetz bei Erd- und Doppelpolenschlüssen im Mittelspannungsnetz", International Symposium on Earthing and Protection Systems, Earthing Vol. II, pp. 29-46, 22-24 June 1972, Wroclaw, Polonya.
13. VDE 0141/12.40.
14. International Symposium on Earthing and Protection Systems, 22-24 June 1972, Wroclaw Polonya'da yaptığım özel görüşmelerden.
- 15.- *Laurent, P.*: "Leş Bases GenSrales de la Technique des Mises a la Terre Dans les Installations Electriques", Le Bulletin de la Societö Francaise des Electriciens, Juillet 1951.
16. *Langer, H.*: "Messungen von Erderspannungen in einem 220 kV - Umspannwerk", Elektrotechnische Zeitschrift, Vol. 75, 1954, pp. 97-105.
17. *Bogazewski, W.*: "Field Tests of the Influence of Durable Earthfault Currents on Concrete Structures of Overhead Medium Voltage Lines", International Symposium on Earthing and Protection Systems, 22-24 June 1972, Earthing Vol. II, pp. 150-171. Wroclaw, Polonya.