

Memleketimizde Tel Direğine Elverişli Ağaç Nevileri ve ömürlerini arttırma İmkânları

Dr. Rahmi TOKER

Memleketimizde tel direği istihsalinde kullanılan ağaç nevelerini, bunların önemli yaşlıtlarını bildiren topluca bir literatür mevcut olmadığı için, bu işle ilgili kimselerin bilgilerine arz etmek üzere bu yazıyı yazmış bulunuyorum. Yazıda ağaçların tel direği bakımından vasıfları, memleketimizdeki telefon, telgraf ve ağaç direkli elektrik hatlarının uzunluğu, direk maliyeti, ihtiyacın karşılanması gibi hususlar belirtilmekle beraber, memleketimiz için en önemli bir konu olan bu tel direklerinin ömürlerini arttırma imkânları ve bunların tatbik şekilleri mümkün olduğu kadar vazih bir şekilde belirtilmeye çalışılmıştır.

A. Tel direğine elverişli ağaçlar ve vasıflan :

Türkiyede tel direkleri iğne yapraklı ve yapraklı ağaç nevelerinden imal edilmektedir.

1. İğne yapraklı ağaçlar:

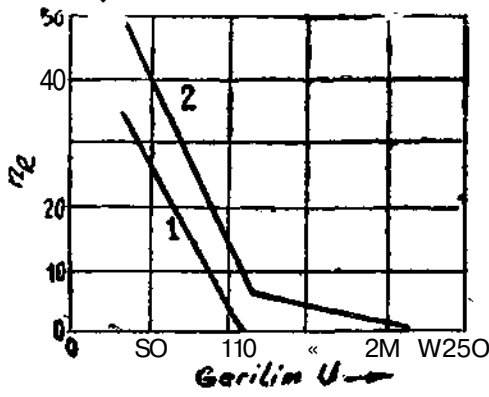
Tel direği istihsaline elverişli iğne yapraklı ağaç neveleri çam, goknar, ladin, sedir ve ardıçdır.

a. Çanı: Bu ağaç Türkiye ormanlarının % 38,5 nu teşkil etmekte olup, bütün ormanlık mıntakalarımızda bulunur. Karaçam, sa-
naçam, kızılcam ve fıstık çama olmak üzere dört nevi mevcuttur. Yetiştirme muhiti şartlarına göre geniş veyahut dar ozodunu tabakasını ve az veyahut çok reçineyi ihtiva eder. Bu sebepten dayanma müddetleri çok çeşitlidir. Yapılan araştırmalara göre çam tel direği ortalama olarak 8 yıl kadar dayanır. Tel direği şartlarına uygun boy, çap ve kalitede olanları ormanlarımızdan bol miktarda temin edilebilir. Emprenye maddesini ağacın diri odun tabakası daha çok alır. Bu bakımdan emprenye edilecek direklerin ozodun tabakasını mümkün mertebe az miktarda ve çırasız, edilmeyeceklerin ise aksine olarak çok geniş ozodun tabakasını ihtiva edenlerden ve çırallı olan ağaçlardan seçilmesi muvafik olur

1 m⁻¹ hava kuru su çam direği emprenye edildiği vakit 60 Kg. kreozot, 8 Kg. tanalit tozu alır (Kazanda tazyik metodu ile). Odunu hafiftir, özgül ağırlığı 0,53 gr/cm³ olup hafifliğine nazaran mukavemeti iyi ve işlenmesi kolaydır. Bir tel direğinin eğilme direnci 550 Kg/cm² olması lazımdır Memleketimizde yetişen çam nevelerinden sa-
naçamın eğilme direnci 649 Kg/cm², Kızılcamın eğilme direnci 821 Kg/cm² dir Türkiyede bulunan çam neveleri lif kıvınlığını fazla ihtiva ederler. Bilhassa takozlu (travers) hatlarda direklerin kuruması esnasında lif kıvınlığı istikametinde veya aksi yönde vuku bulan dönmelerden do'jayı teller de gerilmeler ve gevşemeler hasıl olur Buna mani olmak için bilhassa direklerin muhitin kuruluşuna uyacak şekilde ve ortalama olarak % 15 rutubet derecesine kadar kurutulduktan sonra dikilmesi lazımdır.

b Goknar : Bu ağaç memleketimizin Karadeniz, Marmara denizi, Akdeniz mıntakalarında yetişir. Doğu Karadeniz göknan, batı Karadeniz göknan, Kazdağı göknan ve Toros goknar olmak üzere dört nevi mevcuttur. Türkiye ormanlarının % 6,8 nı teşkil eder. özodun tabakasını ihtiva etmez. Kesildiği zaman bariz bir şekilde belli olan suca fakir bir olgunodun tabakasını ihtiva eder. Tabiatın dayanıklı bir ağaç nevi olmayıp yapılan araştırmalara göre 3 yü kadar dayanır. Tel direği şartlarına uygun boy, çap, doğru ve düzgün kalitede olanları çama nazaran daha fazla olup ormanlarımızdan temini mümkündür Boy itibarile elverişlidir Bu bakımdan elektrik enerjisi nakil hatlarının tesisinde uygun bir ağaç nevidir. Emprenye edilmeğe çok müsaittir, 1 m³ hava kuru su goknar direği kazanda tazyik metodu ile 60 Kg kreozot ve 5 Kg kuru tanalit tozu alır Odunu hafif olup işlenmesi kolaydır Hava kuru su haldeki özgül ağırlığı 0,45 gr/cm³ dür. Hafifliğine nazaran eğilme mukavemeti bir tel direğinden istenilen mukavemetten fazla ve 730 Kg/cm² dir Elyafı umumiyetle düzgün olup, bazılarında lif kıvınlığı mevcuttur. Bu gibi direklerde çamlarda olduğu gibi hattın tefrişi es-

genlim sınırı sadece 110 kV için, o da eğer toprak nakili ile faz nakilleri arasındaki mesafe kâfi derece büyük tutulmuş ise, verilebilir 30 kV hatlarda, anza adetlerini sadece küçük miktarda azaltmalarından dolayı kısır bir muvaffakiyet vadeden toprak nakili için yapılacak masraf yerine, arıza adedinin düşürülmesi için başka tedbirler meselâ tekrar kapama tertiplen araştırılmalıdır. Toprak nakilinden sarfınazar edilmesiyle 30 kV hatlarda pilonlar 2-3 metre daha kısa ve o nisbette daha narin olacaktır. Beton direkli hatlarda, zaviye noktalandaki kaba görünüşlü çiftli direklere mani olunabilecektir. Bugün 30 kV şebekeler sadece az meskûn mıntıklarında, 110 ve 10 kV şebekeler arasında geçiş şebekesi olarak seçildiğinden, her akım devresi için 185 mm² Alü kablo kesitine tekabül eden 70 mm² Çelik- Alüminyum iletken ile 13 MVA. lık bir enerji nakli ekseri hallerde kifayet etmektedir. 30 kV çift devre toprak iletkeniz hat halinde, toprak iletkenli hale na-



ŞEKİL : 9

tek toprak, iletkenli hava hatlarında geri atlamalar.

1. Tek uevrelı hatlar, 2. Çift devre hatlar.
- n : Geri atlamaların adedi.
E

zaran inşa masraflarındaki tasarruf takriben % 1» i bulmaktadır. Toprak iletkeniz tek devreli 30 kV hatlarda büyük direk açıklaklı

LİTERATÜR

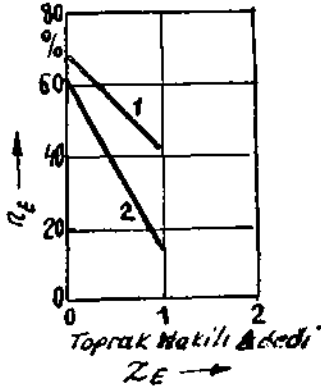
- (1) BAATZ, H . Blitzelnschlagmessungen in Freileitungen ETZ-A Bd 72, 1951, S 191-199.
- (2) BAATZ, H . Überspannungen In Energieversorgungsnetzen Springer-Verlag Berlin, Göttingen, Heiuelberg 1956

sistem ve mesnet izolatörleri kullanıldığı takdirde %30a varan daha büyük tasarruflara erişilebilir. 30 kV ta daha büyük besleme emniyetinin arzu edildiği hallerde ise çift devre hat veya tek devre nng şebeke seçilmelidir. 15 - 20 MW dan daha fazla enerji talep eden mühim alıcı noktalan ise, bugün endüstrilerin mevcut olduğu bütün mmtakalarda olduğu gibi doğrudan doğruya 110 kV şebekeye bağlanmalıdır.

HÜLÂSA :

Muhtasar olarak tespit edildi' ki, 110 kV hatlarda yeter derece küçük pilon topraklama dirençleri ve faz iletkenlerine olan mesafeleri kâfi büyüklükte olan bir veya iki toprak iletkeni ile hemen hemen mükemmel bir yıldırım korumasına erişilmiştir. 30 kV hatlarda ise aksine toprak teli çok düşük izolasyon seviyesi ve ufak iletkenler arası açıklıkları muvacehesinde yıldırım tesirlerine karşı kâfi bir koruma sağlamaz. Zira ehemmiyeti haiz olmayan ve çok az sayıdaki anza sayısı ve hasar tesiri meyanında direkt yüdınm isabetlerinden geri atlamalara doğru bir kayma zuhur etmektedir

Toprak teMne rağmen, 30 kV hatlarda mevcut büyük anza sayısı ve hat izolatörlerinin darbe-atlama gerilimlerinin istasyon ve trafo izolâsyonlarına tâbi olan gayri müsait nisbetlerinden dolayı zuhur edecek anza ihtimalleri başka koruma tertiplerini gerektim. Yıldınm tesirlerine karşı emin, toprak iletkenli 30 kV hat inşa edilmek istendiği takdirde, ekonomik olarak temsil edilemeyecek yüksek izolâsyon seviyeleri ve faz- toprak nakilleri arasındaki büyük mesafeleri göze almak icabeder. Büyük trafolann hususî olarak korunması için, 30 kV hava hattının, 110/30 kV salt tesisinden önceki son 1,5 - 2 km. sine toprak iletkeni olarak çelik - alüminyum kablo çekilmelidir. Bu kablo, kâfi derecede küçük pilon toprak dirençlen ve büyük tutulan faz ve toprak iletkenleri arası açıklıklan ile direk yüdınm isabetlerine veya geri atlamalara mani olur. Bu sayede parafudrann kusursuz çalışması garanti edilmiş olur.



ŞEKİL: 6

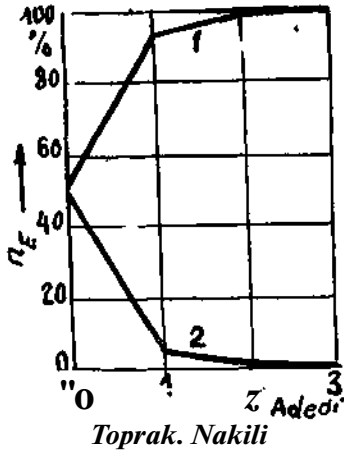
Hava hatlarında, toprak iletkeninin yıldırım isabeti üzerindeki tesiri

1. Pilon ve toprak iletkenine isabet, 2. Faz iletkenlerine isabet, n : İsbet adedi.

E

sadece % 24 tuttuğu halde, geri atlamalar % 76 ile büyük bir yekün tutmaktadır, — bir tek toprak nakili ile —.

Aynı zamanda, tecrübe edilen hat parçasında nisbî olarak değil de sayısal olarak ele alındığında da en fazla anza sayısını arzederler. O halde direkt yıldırım arızalarından yan direkt yıldırım anzalanna doğru bir dönüşüm ortaya çıkıyor demektir. Buna rağmen anza-



ŞEKİL: 7

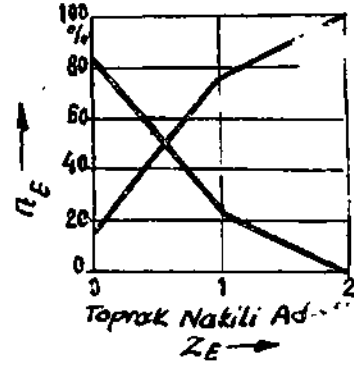
Toprak nakilinin. Faz nakillerine direkt isabetler ve geri atlamalar üzerine tesiri

1. Geri atlamalar, 2. Faz nakillerine isabet, n : İsbetlerin sayısı

E

ların meydana getirdiği tesirlerle aynı seviyede mütalâa edilebilir

Yıldırım isabetlerinin 30 ve 110 kV. luk hatlardaki çeşitli tesirleri de nazan itibare alınarak Baatz'ın referans (1) de işaret edilen makalesinde vermiş olduğu 3 ve 6 No. lu tabloların değerleri 15-45 kV ve 80-110 kV gerilimler için Şekil 8'e taşınmıştır. Şekilden görüleceği üzere 15 - 45 kV toprak na-



ŞEKİL: 8

Toprak nakilinin, yıldırım isabetleri dolayısıyla husule gelen arızaların sayısı üzerindeki tesiri.

1. 15 - 45 kV. luk havai hat şebekeleri,
2. 80 -110 kV. luk havai hat şebekeleri.

n : Yıldırım isabetleri adedi.

E

kilsiz hatlarda % 66 olan anza adedi, tek toprak nakili halinde % 40'a ve 80 -110 kV gene toprak nakilsiz olan hatlardaki anza adedi ise % 66'dan % 19'a düşmektedir. Bununla beraber 15 - 45 kV ve 80- 110 kV gerilim kademeleri epeyce geniş bir aralık arzettiklerinden 30 kV ve 110 kV hatlar, aynı 1,4 -1,6 L/W oranlarını haiz olmak şartıyla, Baatz'ın aynı makalesindeki 10 numaralı tablosundan istifade edilerek ayrıca mukayese edilmiştir (Şekil 9). Çift devreli, toprak hatlı, 110 kV havai hatlarda her 100 yıldırım isabeti sadece 6 arızaya sebep olduğu halde, 30 kV hatlarda her 100 yıldırım isabeti geri atlamalar dolayısıyla 49 anzaya yol açmaktadır. Bu netice 30 kV luk toprak nakilsiz hatlardaki arızalarla (Şekil 8) mukayese edilirse,, toprak nakili sayesinde anza yüzdelerinde <% 66 dan % 49 a doğru, sadece % 25 nisbetinde bir azalma ortaya çıkıyor.

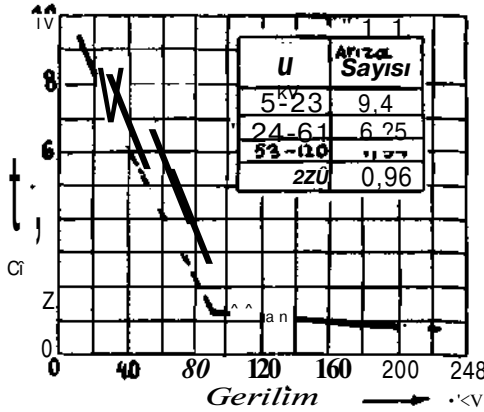
Böylece görülebilir ki arızaların toprak iletkeni vasıtasıyla azaltılmasında tesirli bir

direk tertibi muvacehesinde toprak iletkenleri ile yıldırım tesirlerinden sadece küçük yıldırım akımları hallerinde korunabilir.

ÖLÇÜ NETİCELERİ :

Acaba bundan önce zikrettiğimiz hususları VDJ3W - arıza istatistikleri (*) ve Yüksek Gerilim Tesisleri İnceleme Cemiyeti'nin çelik çubuklu ölçü neticelen ne mikyasta teyicLyor ?

VDEW'nin arıza istatistikleri, muhtelif gerilim kademeleri için 110 km. başına atmosferik aşırı gerilimler yüzünden husule gelen arıza sayısını vermektedir.



ŞEKİL : 4

1953 - 1955 seneleri arasında, atmosferik aşırıgerilimler neticesi husule gelen arızaların sayıları.

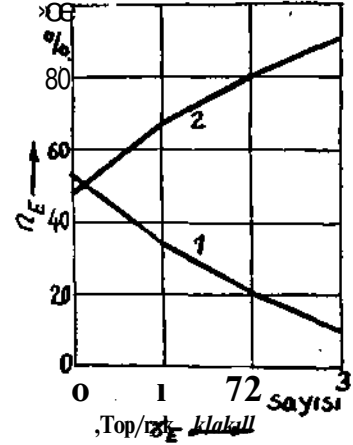
n : 100 Km. hat uzunluğuna isabet eden arıza adedi

1953 -1955 seneleri arasındaki bu neticeler, gerilimlere tâbi olarak (Şekil 4) e taşınmıştır. Buradan, sene başına, 10 kV. ta takriben 10, 30 kV'ta takriben 7, 110 kV. ta takriben 1,3 ve 220 kV. ta ise takriben 1 arıza husule geldiği görülüyor. Maalesef arıza istatistiği toprak nakilli ve toprak nakilsiz hatları tefrik etmediğinden toprak nakilin müessiriyeti hakkında bunlara istinaden herhangi bir şey söylemek mümkün olmuyor.

Diğer taraftan, Yüksek Gerilim Tesisleri İnceleme Cemiyeti'nin 1933 senesinden 1940. senesine kadar, çelik çubuk ölçü sistemine göre yaptığı ve Baatz'ın toplu olarak rapor ettiği pek zengin ölçü neticeleri bu bakım-

(*) VOFW = Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke

dan gayet tenvir edicidir. Bunlara göre, toprak nakilinin müessiriyeti herşeyden önce yıldırım isabetlerinin direklerle ve gergi aralığına dağılışı üzerinedir. Hattâ toprak nakilinin bulunmayışı halinde isabet eden her 100 yıldırımından 53'ü direklerle ve geri kalan 47'si ise faz nakillennedir (Şekil 5). Bu değerler toprak nakilinin mevcudiyeti halinde 35 pılonlara ve 65 gergi aralığına vaki isabetler oalark tahavvül etmektedir. Gergi aralığı tâbiri içinde ıkı pılon arasındaki toprak nakilleri ile faz nakilleri anlaşılmalıdır.



ŞEKİL : 5

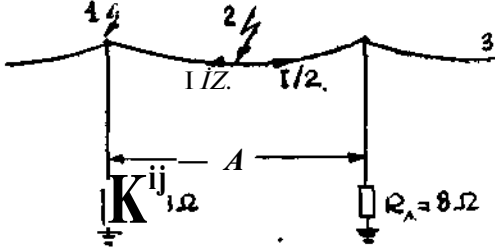
Farklı sayıdaki toprak iletkenleri için yıldırım isabetlerinin pılon ve gergi aralığına dağılışı.

1 Pılonlara isabet, 2. Toprak ve faz iletkenlerine isabet, n : Yıldırım isabetlerinin adedi.

E

Üç toprak iletkeni halinde sadece % 10 isabet direklerle vaki oluyor, % 90 ise gergi aralığına rastlıyor. Yıldırımın topraklanmış kısımlarla —pılonlar ve toprak nakili— faz iletkenlerine isabetindeki nisbetler Şekil 6 dan alınabilir. Toprak iletkeninin bulunmadığı hatlarda "bu nisbetler (Şekil 5) teki gibidir. Tek toprak iletkeninin bulunması halinde ise yıldırımın % 95 i pılon ve toprak iletkenine ve ancak % 5 i ise faz nakillerine isabet etmektedir. İki toprak iletkeni ile koruma şüphesiz daha da tesirli olacaktır. Bu sonuçlar gösteriyor' ki, toprak nakilleri fonksiyon itibariyle tamamiyle yıldırım tesirlerine karşı nazarı itibara alınmalıdır. Şekil 6 ayrıca topraklanmış kısımlardan faz nakillerine vaki geri" atlamalar dolayısıyla husule gelmiş arızaların sayıları hakkında birşey söylemiyor. Bu husustaki yani faz nakillerine direkt yıldırım isabetleri ile geri atlamalann sebep oldukları anzalann adedini (Şekil 7) vermektedir. Faz iletkenlerine direkt isabet ümid edildiği gibi

rinde, toprak nakiline yıldırım isabetlenndeki gerilim dağılımını inceleyen Haarder ile McCaen'in ölçü neticelerini dermeyan etmiştir



ŞEKİL : 3

Bir toprak iletkenine yıldırım isabeti

1. Pylon tepesine isabet, 2. Aralık ortasına isabet, 3. Toprak iletkeni.

R_A = Pylonun 50 Hz. toprak geçiş direnci.

Bu neticelerden 180 m. direk açıklıklı 30 kV luk bir hattaki 2/40 lik dalga şeklini haiz 20 ve 60 kA. luk darbe akımları için tablo 2 de verilen gerilim değerlen istihraç edilebilir. 110 kV luk ve 240 m. direk açıklıklı **bir hat** halinde ise (tablo 3) de verilen değerler ortaya çıkar.

Açıklık ortasında zuhur eden darbe gerilimlerinin toprak nakili ile faz nakilleri arasında bir geri atlamaya sebebiyet verip vermeyeceği hususuna taallük eden bir soruyu cevaplandırmak için, havanın delinme mukavemeti ile toprak nakillerinin faz nakilleriyle pylon mesafelerinin malûm olması icabeder. Havanın delinme mukavemeti homojen alanda 30 kV/cm yi bulur. Buna rağmen çeşitli tesirler tahtında zayıflar. Aynı zamanda toprak iletkenine yıldırım isabetinde homojen bir alan mevcut değildir. Delinme mukavemetinin 3 kV/cm. ye düştüğü ölçülmüştür. Diğer taraftan, toprak nakilin faz nakillerine olan mesafesi 30 kV hatlarda 3 m. ve 110 kV. hatlarda 8 m. yi bulur. Haarder ile McCaen'm model üzerindeki ölçülerine nazaran, bir gen atlamının meydana gelmemesi için, 180 m. direk açıklığı ve 3 m. iletkenler arası mesafesi için 2/40 dalga formundaki yıldırım akımlarının şiddetleri takriben 80 kA' i ve 240 m. direk açıklığı, 8 m. nakiller arası mesafesi için takriben 120 kA i geçmemelidir.

Böylece, 30 kV orta gerilim ve 110 kV yüksek gerilim hatlarının yıldırım isabetlenndeki durumları hakkında buraya kadar olan mülahazalarımızdan şu netice çıkıyor: 30 kV hatlar, bu gerilimin icabettirdiği izolasyon ve

TABLO : 2.

Şekil 3' teki 30 kV. luk ve 180 m, direk açıklıklı bir havaî hatta, direğe ve aralık ortasına yıldırım isabetindeki gerilimler

İsabet noktası	Yıldırım akım şiddeti kA	Geçiş direnci \bar{u} ,	Gerilim kV	Hesap tarzı	Hesaplanan darbe direnci	
Direk tepesi	20	8	U_M	160	—	
	60	8		480	—	
	20	—		320	Haarder	16
	60	—		960	ye-McCaen	16
Aralık ortası	20	—	U_E	1300	Haarder ve McCaen	130
	60	—		3900		130

U_M : Direk tepesi gerilimi U_E : Toprak iletkeni gerilimi.

Yıldırım isabetlerinde yıldırım akımları, % 22,5 40 kA. in üstünde ve % 8,75 ise 60 kA' in üstünde kalırlar Toprak iletkeninden veya Pilon tepesinden faz iletkenine doğru herhangi bir geri atlamanın zuhur edememesi için, bir hattın pylonlarının toprak direnci o derece küçük olmalıdır ki, izolator zincirinin atlama - darbe gerilim sınırı aşılmaz. İzolasyonun % 50 - atlama - darbe gerilimi ve pylonların lüzumlu toprak peçiş dirençleri 10 - 30 - 110 kV. luk tesisler için (Tablo 1) den çıkarılabilir. Buradan orta gerilim hatlarında geri atlamalara mani olabilmek için, yüksek gerilim hatları için icabeden çok daha düşük pylon dirençleri lâzım geldiği hususu görülebilir. Böyle bir zorluğun yerine getirilmesi, meselâ 30 kV luk hatlarda 8 Ohm' un altında bir toprak direnci temini, orta gerilim hatlarının ufak hacimli pylon ayakları için pek mümkün değildir. Aynı zamanda 50 Hz direnç değerine aktif geçiş direnci olarak-sadece hattın ilk tesisinde erişilmesi kâfi değildir. Bilhassa yazın sıcak aylarında ve yıldırım ihtimalinin büyük olduğu zamanlarda aynı kıymetin bütün hat boyunca ve hattın bütün ömrü devamınca muhafaza edilmesi gerekir. Edinilen tecrübeler galvanizli band elektrotların iyi netice vermediğini göstermiştir öyle ki hattın meselâ 35 sene olan ömrü boyunca, direkler için yeniden ilâve bir topraklama yapılması icabetmektedir

TABLO : 1.

Pylonların topraklanmasında lüzumlu geçiş dirençleri.

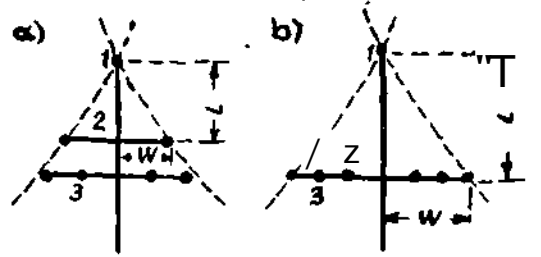
Hattın nominal gerilimi kV	Hat izolasyonunun mutad 50% - atlama-darbe gerilimi kV	Lüzumlu pylon toprak geçiş dirençleri	
		40 kA Cl	60 kA Cl
10	165	4,1	2,75
30	330	8,25	5,5
no	573	14,4	9,55

Esas itibarıyla sadece pylon toprak direnci ile darbe akımları müessir olduğundan, pylon tepesine yıldırım isabetinde toprak nakilinin pylon tepesi gerilimine olan tesiri cüz'üdür

TOPRAK İLETKENİNİN TESİRİ :

Diğer mühim bir mesele de faz iletkenlerine kâfi bir koruma sahası temin etmek üzere, pylon üzerindeki toprak iletkeninin yerleştiriliş şeklidir. Şekil 2 de Baatz'a göre bir üçgen ve tır de düz tertipli çift devreli hat için koruma sahalan verilmiştir². Mesafelelerin oranı —toprak nakili ile faz iletkenleri

arasındaki düşey mesafenin (D, toprak nakili ile faz iletkenleri arasındaki yatay mesafeye (W) bölümü— 1,5'a eşit veya 1,5'tan büyük olmalıdır. Schweiger daha büyük bir nisbet ileri sürmüştür. (Şekil: 2)'den estetik mülâhazalar bir yana, üçgen tertibi daha uzun bir pylon ve çok daha yüksek bir pylon tepesi vermesine rağmen düz tertibe nazaran daha avantajlı olduğu görülebilir.



ŞEKİL : 2

Direklerde muhtelif iletken tertipleri için toprak iletkeninin koruma sahası

a) Üçgen tertip, b) Düz traversli tertip, 1. Toprak nakili, 2. Koruma sahası, 3. Faz nakilleri.

Eski hatlar tek bir toprak ve düz traversli tertipleriyle, ekseriya icabeden iletkenler arası mesafe şartlarına uymazlar. Bu yüzden Ce direkt yıldırım isabetlerine karşı koruma seviyeleri çok düşüktür.

Pylon tepesine ve pilona çok yakın mesafede toprak iletkenine vaki yıldırım isabetlerinde,, pylon boyu ve elektrot bağlantı nakilleri muvacehesinde pylon toprak direnci değişmiyor kabul edilebilir. Fakat pilondan birkaç metre mesafeden itibaren toprak iletkenine isabet eden yıldırımlarda $Z = y/\sqrt{L/C}$ eşitliğiyle verilen ve ekseriya 400 Ohm mertebesinde olan toprak nakili dalga direncinin ilk andaki tesiri dolayısıyla pylon toprak direnç değeri oldukça yükselir. Böylece toprak nakili üzerindeki yıldırım isabet noktasının pilondan olan mesafesi büyüdükçe bu noktada zuhur eden darbe gerilim değeri de o nisbette büyür En gayri müsait pozisyonda darbe direnci meselâ 8 Ohm olan başlangıç değerinden 50 misli daha büyük olan bir değere yükselebilir. Atlama - darbe geriliminin büyüklüğüne tesir eden darbe direnci, mutad açıklıkların ve atlama gecikmesinin de tesirleri gözönünde tutulursa umumiyetle bu iki değer arasında oynar. B a a t z, referans (2) de bildirilen eserinde yukarıdaki hususlara işaret etmiş ve şekil 3 tekine uygun bir model üze-