

$$d_s = (I / \ddot{u})^2 + (I / \sqrt{3}\ddot{U})^2 = I^2 / \ddot{U}^2 + C^* I^2 / 3\ddot{U} =$$

$$I = I = I / \ddot{u} \sqrt{I + c\sqrt{3}} \text{ bulunur.}$$

Misâl:

$$\ddot{u} = \frac{35}{25} \text{ olsun.}$$

Skot grubunun sekonderinden azamî 600 A.

çekilebilir. Bu takdirde şimdiye kadar bildiğimiz formüllerden istifade ile :

$$I = 0 \quad I = 600 \text{ halinde.}$$

I ve I nin değışimi.

$$I = 0 \quad I = 600 \text{ halinde}$$

I , I ve I nin değilimi kolayca çizilebilir. (Şekil - 8).

Elektrik Tesislerinin Topraklanması

Sungur ONAN
Y. Müh.

— n —

BÖLÜM vra

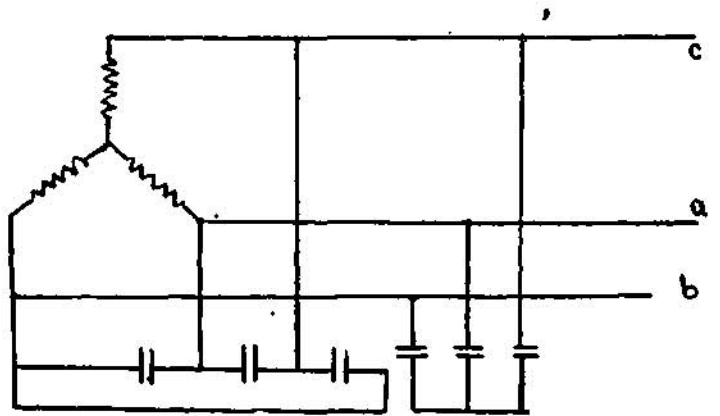
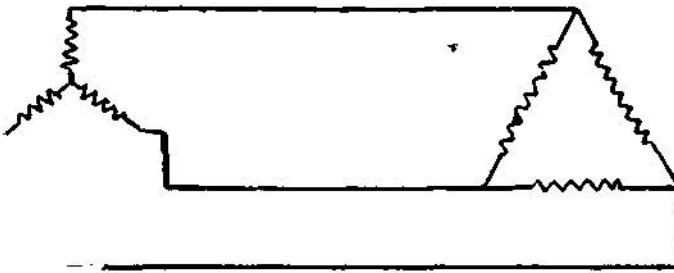
NÖTR HATLARIN TOPRAKLANMASI

Nötr hatların topraklanmasında güdülen gaye, devreyi açma, kapama ve yıldırım gibi sebeplerden dolayı hat ile toprak arasında husule gelecek gerilim yükselmesini azaltarak akımı tahdit etmek, sınırlamaktır.

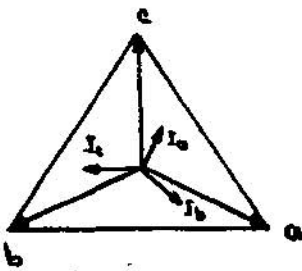
Nötr'ü topraklanmış sistemlerde nötr noktası direnç, empedans bobin gibi akım tahdit ediciler üzerinden doğrudan doğruya topraklanmıştır. Nötr'ü topraklanmamış sistemlerde ise sistemin iletkenleri topraktan izoledir. Nötr hatlarının topraklanması için muhtelif metotlardan birini seçmek zordur. Maliyet üzerine

tesir eden faktörler mevcut olduğundan seçimi ona göre yapmak gerekir.

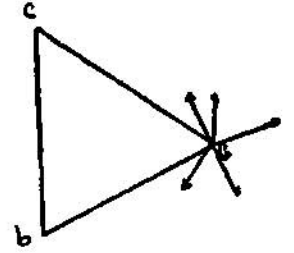
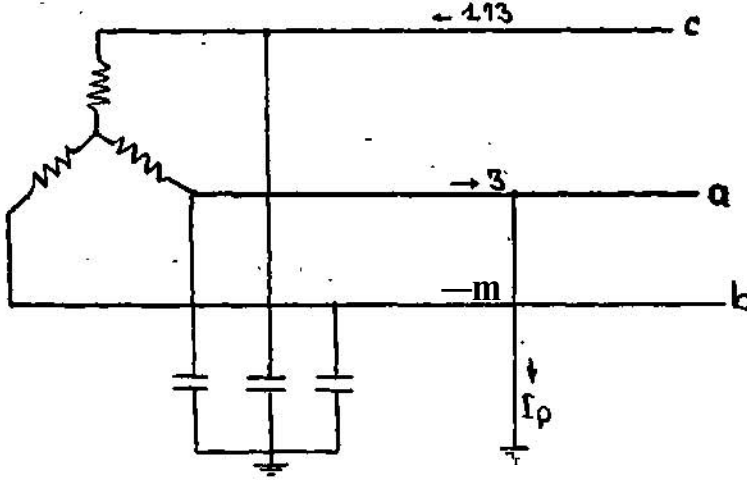
Topraklamadan gaye enerji nakil hattı iletkenlerinden biri ile toprak arasında kısa devre olduğu zaman toprağa geçen akım miktarını nötr dirençleri ile tahdit etmektir. Maksimum direnci hesaplamak için bir çok amprik formüller mevcuttur. Enerji nakil sahasında, kısa devre topraklamaya karşı büyük bir temayül vardır. Amerikada 66 kV ve daha büyük gerilimlerde havai sistemlerde doğrudan doğruya topraklama metodu kullanılır. 13,2 kV. 'luk yeraltı sistemlerinde nötrler bir direnç üzerinden topraklanır. Almanya ve İsviçre'de nötrler Peterson bobinleri üzerinden topraklanır.



Şekil : 45



E. M. M. — 1S - 1S



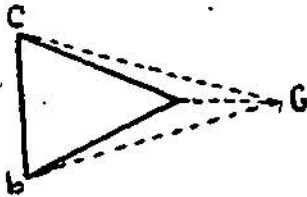
Şekil 1

Topraklama Sistemlerinin Başlıca Prensipleri

a — Topraklanmamış sistemler: Nötri*Ü topraklanmamış basit bir sistem şekil 45 de gösterilmiştir. Hatlar kendi aralarında ve toprağa karşı kapasitelere haizdir. Kendi aralarındaki kapasitenin tesiri az olduğundan ihmal edilir. Eşit yüklü hatlarda herbir kapasiteden geçen akım eşit olup birbirinden $\cdot 120^\circ$ faz farkı vardır. Bu hal gerilimlerde de aynıdır. Netice olarak şu söylenilebilir, trafo ve kapasitelerin nötr noktalan arasında potansiyel farkı yoktur ve her iki noktada toprak potansiyelindedir. Akım ve volta] vektörleri arasındaki bu münasebet şekil 45 te gösterilmiştir, a iletkeni ile toprak arasında kısa devre olursa ilk anda potansiyel farkı büyük olmadığından büyük bir akım geçmez. Buna rağmen diğer fazlardaki gerilimler üç misli artarlar ve aralarındaki faz farkı 60° ye iner. Bu durum da Şekil 46 da gösterilmiştir. Toplam akım yine sıfırdır. Ve kısa devre akımı nominal akımın üç misli olup, esas faz - nötr geriliminden 90° ilerdedir. Kısa devre

akımı $I = \frac{3Z_0}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$ den hesaplanır.

Z_0 bileşen empedansı daha ziyade kapasitif, Z_1 ve Z_2 endüktif olup birbirlerini kısmen ifna



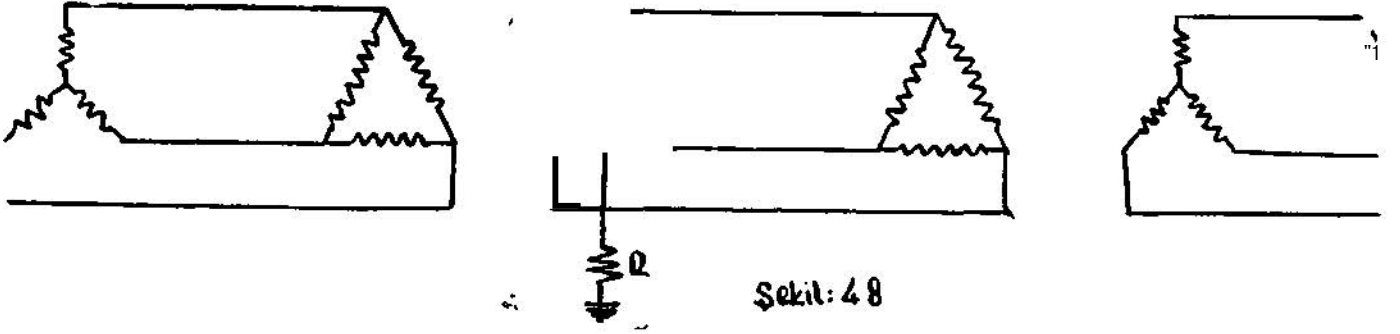
Şekil 47

ederler, uzun hatlarda Z_1, Z_2 uzaklıkla artar, Z_0 azdır. Sıfır bileşen gerilimi artar.

Bu halde gerilim vektör diyagramı şekil 47 deki halini alır. Bu durum 200 mil-den uzun olan hatlarda mevcuttur. Çaprazlanmış sistemlerde her hatla toprak arasındaki kapasite eşit kabul edilebilir. Çaprazlanmamış sistemlerde ise bu böyle değildir. Kapasiteler hatların pozitif sabiteleri vasıtasile hesaplanır.

Şekil 48. de nötri"ü direnç vasıtasile topraklanmış bir sistem görülüyor. Umumiyetle, direncin değeri o mevkide sistemin reaktanından daha büyüktür. Dolayısıyla faz toprak kısa devre akımı bu direnç vasıtasile sınırlandırılmıştır. Direnç, kısa devrenin kesilmesinde meydana gelen sıfır fazlar dönüşümdeki sisteme ait olan serbest titreşimleri söndürmeğe elverişli olmasına mukabil topraklama dirençleri kısa devre esnasında sağlam fazlardan bir tanesinin toprağa göre gerilimini fazlar arası *gerüimden az daha yüksek bir gerilime yükseltmeğe çalışır. Şu halde nötr noktasının en iyi topraklama şekli, faz ile toprak arasında kısa devre akımını istenen değere sınırlamayı temin eden ve aynı zamanda bu nevi arızalar esnasında gerilim sistemlerinin asgari distorsiyonlarına sebebiyet veren şekildir.

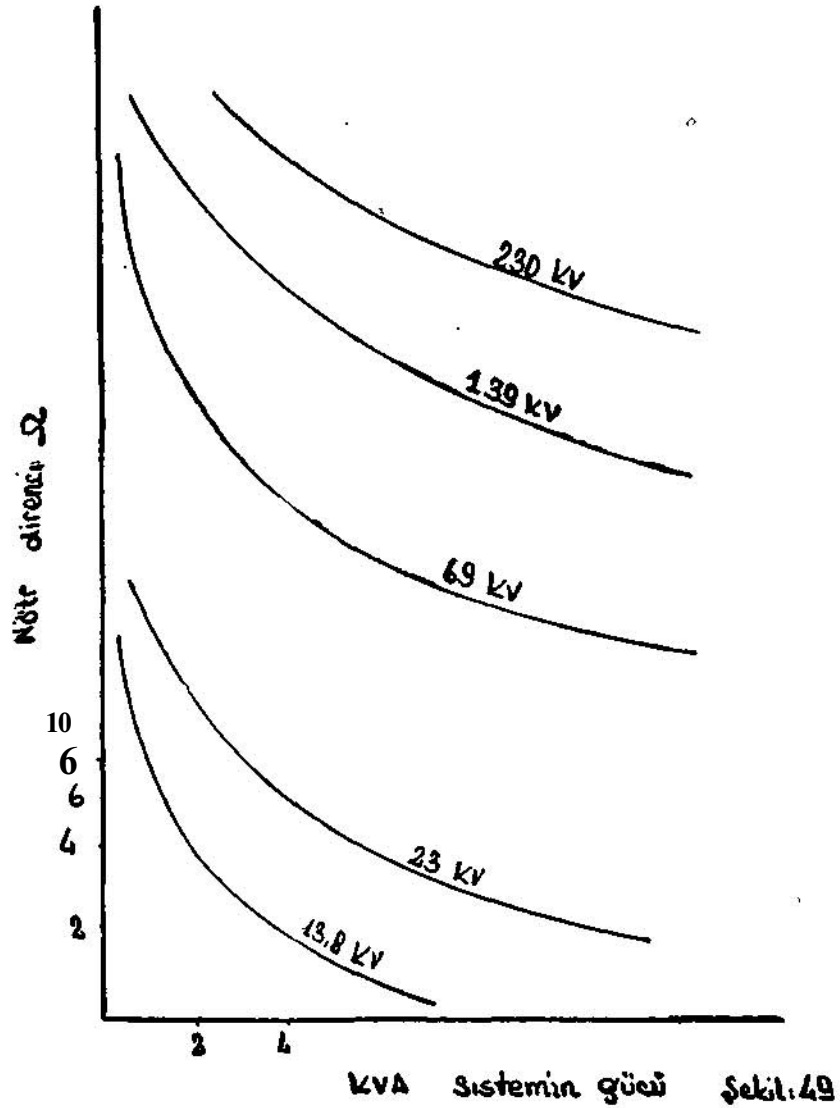
Topraklama için sıfır fazlar dönüşümündeki empedans ile pozitif ve negatif fazlar dönüşümündeki empedans arasında esas teşkil eden, bazı oranlar mevcuttur. Halbuki pozitif ve negatif fazlar dönüşümündeki empedansları genel olarak takriben birbirinin aym oldukları kabul edilir. Buna göre bir şebekenin muhtelif tali postalarında yalnız



Şekil: 48

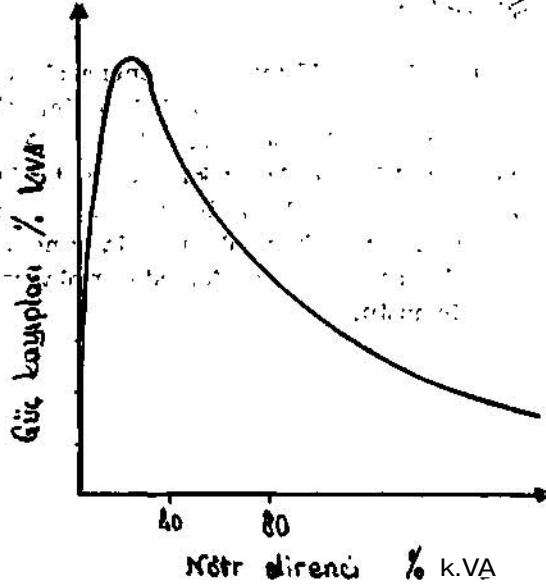
Z_0/Z_1 oranının göz önüne alınması lâzımdır. Bir arıza esnasında belirli bir Z_0/Z_1 oranı için minimum distorsiyonu ancak üç değişik fazlar dönüşümüne tekabül eden X/R oranları aynı olduğu zaman meydana gelir. Halbuki topraklama direnci, sıfır fazlar dönüşümüne ait olan X/R oranını bozmağa çalışır ve neticede anıza esnasında distorsiyonla gerilim şartı doğurur.

Dirençle topraklamada göz önüne alınacak hususlardan biri de toprak kısa devresi esnasında dirençte meydana gelen güç kayıplarıdır. Şekil 49. da bu kayıplar, sistemin kVA nin % si olarak verilmiş dirence göre çizilmiştir. Bu eğrinin çıkarılışında generatör reaktansı % 16 transformatör reaktansı % 8 alınmıştır.



kVA sistemin gücü Şekil: 49

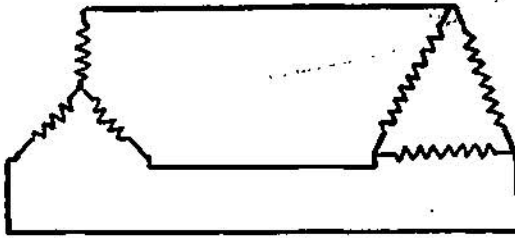
Şayet direncin omik değeri, kısa devre akımını doğuran reaktansların omik değerinin" üç "katı ise maksimum güç kaybı % 89,3 olur. Eğer reaktanslar daha da küçük olursa, daha büyük güç kaybı meydana gelir bu ise geheratjir fazlarında yüksek ve şiddetli salınımlara veya stabilitenin bozulmasına sebep olur. Şekil 49. da kısa devre akımının tam, yük akımının 1/4'ne kadar sınırlayabilen dirençleri sistemin gerilim ve gücüne bağlı olarak vermektedir.



Şekil 50

b — Reaktans ile topraklanmış sistemler :
A. I. E. E. göre reaktans ile topraklamak, esas elemanı reaktans olan empedans üzere rinden topraklamaktır.

Reaktans ya direkt olarak nötr noktası ile toprak arasına bağlanır veya endirekt ola-



Şekil 51

rak toprağa dönüş devresinin reaktansı artırılır. Bunun için de ya topraklanan cihazların sıfır bileşen empedansları artırılır ve yahut cihazları topraklamaktan vazgeçilir. Reaktansla topraklamada eşas X_0/X_1 oranıdır. Eğer bu oran üçten büyükse sistem reaktansla topraklanmış denir. Aksi hâlde doğrudan doğruya topraklanmışır.

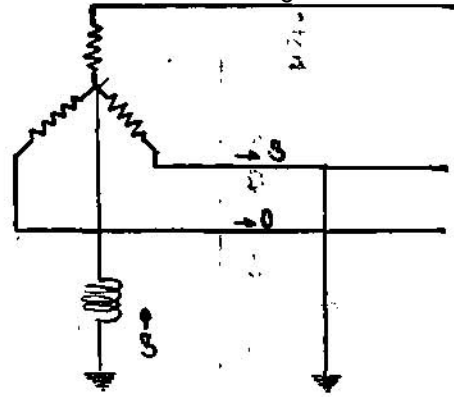
Şayet 'A' noktasında trafo nötrü ile toprak arasına kâfi büyüklükte reaktans bağlanırsa reaktansla topraklanmış sistemler denilebilir.

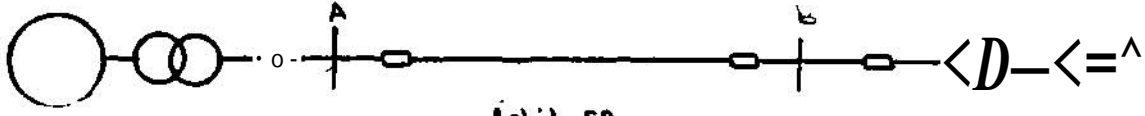
Transmisyon hatlarında X_0/X_1 oranı

Devre adedi	Toprak hattı adedi	Devrenin gerilimi		
		22 kV	110 kV	220 kV
1	0	5	3,5	3
1	1	3,5	2,75	2,5
1	2	2,75	2,4	2,2

• Şekil: 53 te, r. direnci, ije, reaktans X_0/X_1 oranları için, sağlam, fazlardaki gerilim yüzdeleri gösterilmiştir. -- Dirençli topraklama haline tekabül eden a ve b eğrilerinde Z empedansının en az pozitif fazlar dönüşümündeki reaktansın 1/3' ne eşit ve sabit bir reaktansa malik olduğu kabul edilmiştir. Pozitif, negatif, sıfır fazlar dönüşümündeki empedanslar için X/R oranları aynen olduğu zaman c' eğrisi reaktanslı topraklama halindeki gerilimleri gösterir. Bu sırada, faz ile toprak arasındaki arızalar esnasında sağlam faz ann her ikisi de aynı fazda bulunacaktır. Fakat dirençli topraklama halinde a ve b eğrilerinde görüldüğü üzere sağlam fazdaki gerilimler aynı değildir.

Reaktans değeri üstün olan şebekelerde nötr noktalarının reaktans bobinleriyle topraklanmaları faz - nötr kısa devre akımlarını müessir surette sınırlar. Diğer taraftan pozitif ve negatif fazlar dönüşümündeki em-

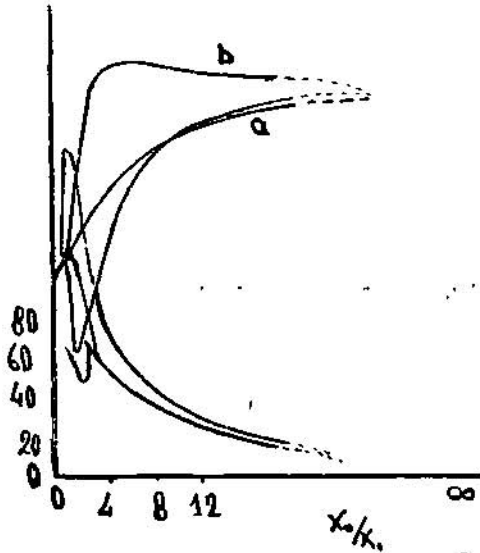




Şekil: 52

pedansların argümentleri genel olarak 90° ye yakın olanlarına göre nötr noktasının empedansı, bir dirençle teşkil edilecek yerde bir reaktans ile de vücuda getirildiği takdirde buna daha büyük bir değer verilebilir. Eşit değerlerde ise, sağlam fazlarda reaktans ve direnç daha az yüksek aşın gerilimlere sebebiyet verebilir, özel hal olarak sıfır bileşen empedansı pozitif ve negatif bileşen reaktansı aşmadığı takdirde sağlam fazlarda yüklemesinden korkmak yerinde değildir.

c — Rezonans devreli sistemler: Bunlarda, kapasitif akım saf bir reaktör veya benzer bir tarzda kompanze edilmektedir.



Şekil: 53

Fazlardan herhangi biri toprağa değdiği zaman reaktanstan kapasitif reaktif bir akım geçtiği gibi aynı zamanda birinci şıkta görüldüğü gibi kapasitif bir akımda hattın toprağa akar. Bu akımlar birbirinden 180° faz farklıdır. Ve bu sebepten kısa devre noktasından geçen toplam akım her ikisinin farkına eşit olur. Şayet reaktans uygun seçilirse bu fark sıfır olabilir ki bu durumda kısa devre noktasında ark devam edemez.

Şekil 54 yukarıda anlatılanları göstermektedir.

Reaktansın ve kapasitenin kombinezonu paralel bir rezonans devresi teşkil eder.

Şekil 55 böyle bir hali göstermektedir. Burada XL nötrleyicisi endüktif reaktansı, Xc ise hattın kapasitif reaktansını göstermektedir. G sıfır bileşen voltajı nümerik olarak sistemi faz - nötr gerilimine eşit bir generatördür. X de kısa olacak olursa XL ve Xc arasında akım akar ve kısa devre noktasında devre kapalı olduğu takdirde, oradan akım geçmeyecektir. Şayet bir ark vasıtasıyla bu nokta açılırsa XL ve XG generatör tarafından üretilen voltajın değerinde ve frekansında bir gerilim üretmeye devam ederler. Ark gerilimi neticede küçülür. XL, XC paralel rezonans devresi teşkil ettiği gibi, seri rezonans devresi de teşkil ederler. Toprağa karşı eşit olmayan kapasitelerden dolayı meydana gelen sıfır bileşen voltajı sistemin nötrü ile toprak arasındaki voltaja eşittir.

Bu bağlantının neticesi olarak ufak bir sıfır bileşen gerilimi reaktans ve kapasitede epeyce büyük bir gerilim meydana getirir. Bu nötrü kaymış sistemlerde esas sıfır bileşen voltajın 10 - 15 misli kadardır. Bu durum topraklama reaktansları seçilirken göz önünde bulundurulmalıdır. Eğer esas frekansta sıfır bileşen voltajı % 1,5 tan fazla ise hattın çaprazlanması lüzumludur.

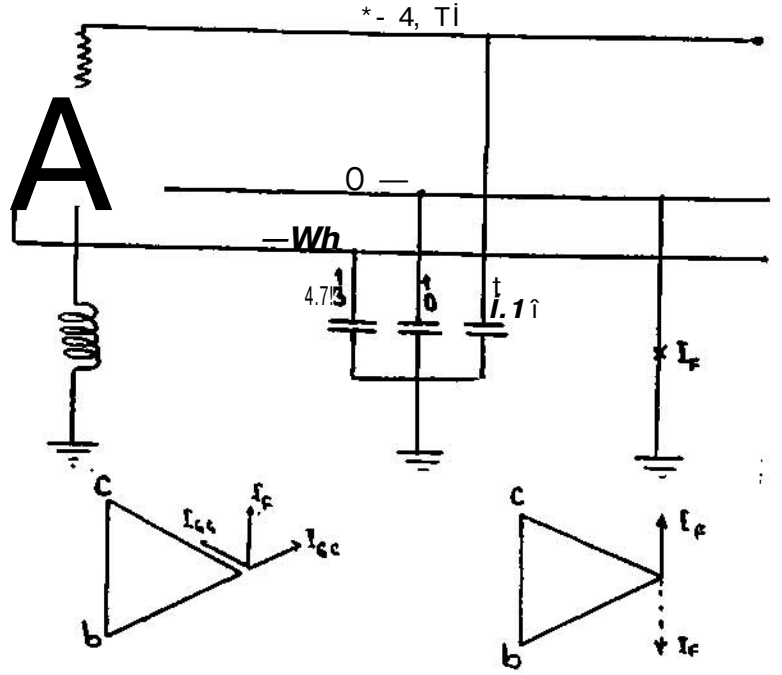
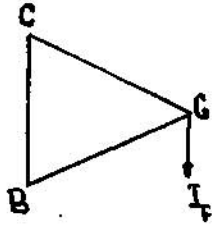
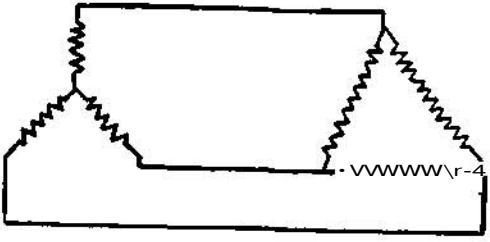
Kısa devre reaktansından geçecek akımları hesap için muhtelif metodlar mevcutsada neticeyi aşağı yukarı bulabilmek için aşağıdaki tablo kullanılır.

kV	amp.
23	0,145
34,5	0,20
46	0,26
69	0,39

d — Doğrudan doğruya topraklanmış sistemler: Bunlarda nötr arada herhangi bir empedans olmadan doğrudan doğruya toprağa bağlanmıştır. Amerikan A. I. E. E. de tarif ise şöyledir. Bir sistemin bütün noktalarında sıfır bileşen reaktansının, pozitif bileşen reaktansına oranı üçten, sıfır bileşen rezistansının pozitif bileşen rezistansına oranı birden büyük değilse, o sistem doğrudan doğruya topraklanmıştır:

TOPRAKLAMA SİSTEMLERİ İÇİN YOL GÖSTERMELER

Generatörlerde direkt irtibat: Generatörlerin tarafsız topraklanması: Generatörlerin

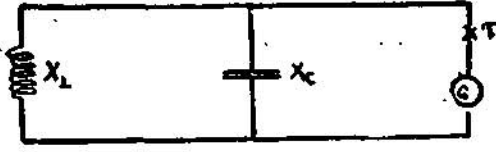


Seka.SA

sargılarında hatalardan, arızalardan dolayı kısa devre akımlarının geçmesi istenmez, bunların önüne geçebilmek istenir. Alçak reaktanslı bir çok generatörlerde bu gibi yük-

hata akımından büyük olmasına rağmen tehlikeli değildir.

Birden fazla generatör bir barayı beslediği takdirde bir veya birden fazla tarafsız

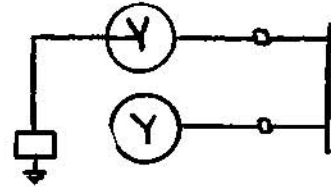


Sı>UM • 55

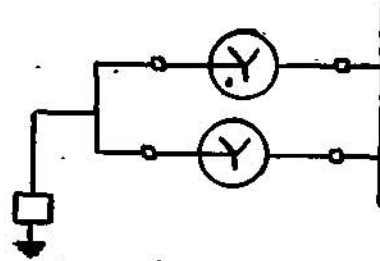


Sekil: 56

sek süratli türbo - generatörlerin bir fazdaki hata akımından dolayı artan bir sıcaklık ve mekanik kuvvetle meydana gelir. Ve bu sebepten de akım mücerret bir mani olucu, tutucu vasıtasıyla limit değerlerde tutulur. Yüksek reaktanslı döner makinelerin, su türbünlerinin generatörlerinde olduğu gibi, vak'a halinde toprak hattı hata akımı üç fazdaki

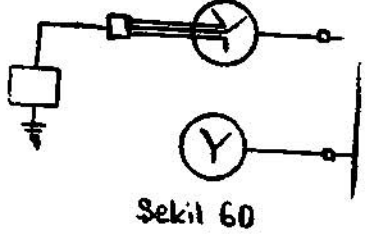
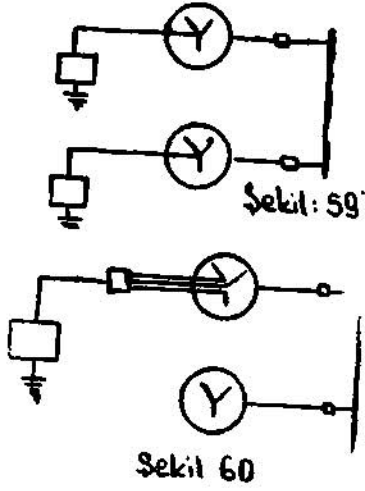


Sekil. 57



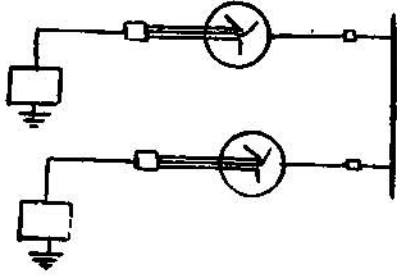
Sekil: 56

mücerret topraklama yapılıp, yapılamıyacağı aklı gelir. Şayet, şekil 57 de olduğu gibi yalnız bir generatör gurubu toplanacak olursa generatör tahrik sistemi topraklanmamış



olduğu gibi diğer generatör gurubu da kendi kmcısı vasıtasıyla karşı konulmuş korunmamış olur.

Arzu edilen,, yapılması istenen diğer bir tarafsız bara ise uygun açılıp kapama şekil 58 deki gibi bütün generatörlerin teker teker



bağlanabileceği topraklamaya elverişli bobin yapılmasıdır. Diğer bir hal de her bir generatörün kendi empedanslan üzerinden topraklanmasıdır. Yukarıdaki korunma sistemi pahalı ve kompleks olduğundan diğerlerine nazaran şu şekil tercih edilir.

Şekil 60 yalnız bir tarafsız, mücerret topraklamayı göstermektedir., çünkü açıktır. Diğer sistem topraklanmamıştır.

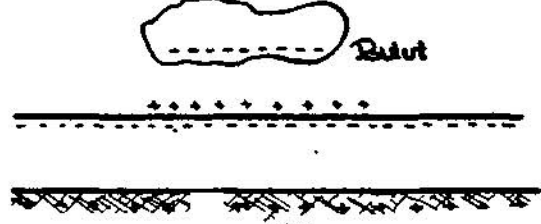
Yandaki diğer şekil ise herbiri mücerret kincıcılar üzerinden topraklandığından iyidir. Bununla yukarıda bahsetmiş olduğumuz toprak ama şekli arasında münasebet vardır. Benzerlik bakımından.

BÖLÜM İX HAVAİ HATLAR

Şebekelerde meydana gelen aşın gerilimlerin en tehlikelisi atmosferik aşın gerilimlerdir ki, bunlar yıldırımın nakil hattına doğru dan doğruya isabet etmesi suretile direkt ola-

rak meydana geldiği gibi nakil hattının yakınına düşerek endirekt olarak ta meydana gelirler. Endirekt aşın gerilimlerin değeri 100 kV. u aşmamasına rağmen direkt olarak meydana gelende bir tahdit yoktur.

Elektrik yüklü bir bulut, Rüzgâr süratıyla havai hattın üzerine gelirken onu tesir suretile yükler Yıldırımli bulutlar ekseriyetle negatif yüklü olduğundan, bulutu negatif yüklü farzedeceğiz. 1



Şekil 62

Bulut, hattın kendisine doğru olan yüzlerinde pozitif, toprağa bakan kısımlarından ise negatif eşit miktarda yükün toplanmasına sebep olur. Sınır şartlarını nazan itibara almadan, bulutun elektriki alan şiddetini homogen olduğunu E, bulutun L uzunluğunu hattın uzunluğuna eşit olduğu farz ve kabul edersek, yerden h yüksekliğinde olan hattın yere karşı olan gerilimi $U = h \cdot E$ E (V/m) h (m) dir.

Bu ifadeyi, hattın üzerindeki eşit pozitif ve pozitif ve negatif elektrik yükünü, hattın birim uzunluğunun kapasitesini C ile gösterecek olursak.

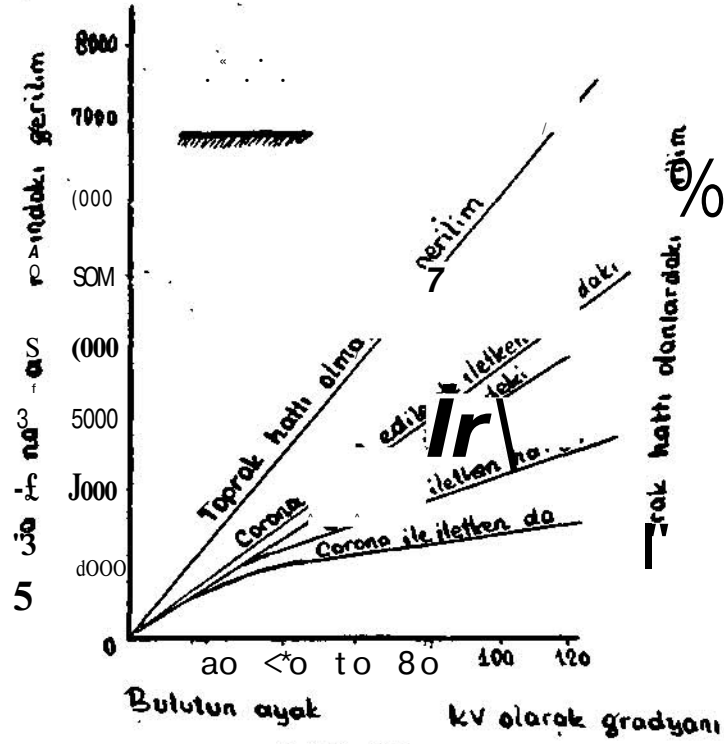
$$U = h \cdot E = \frac{Q}{C \cdot L} \text{şekline sokabiliriz.}$$

Nakil ile toprak arasındaki gerilimi bulutun gradyanına bağlı olarak çizilen grafik Şekil: 63 de gösterildiği gibidir.

Çizilmiş olan bu eğrilerde nakil hattının (yardan h feet yüksekliğinde) yanına, düşen yıldırımın tesiriyle, nakilden geçirmiş olduğu akımı vermektedir. A feet olarak nakille yıldırımın düştüğü yer arasındaki mesafedir.

Topraklanmış bir demir direğe yıldırım isabetinde meydana gelen aşın gerilimler:

Topraklanmış demir direğe yıldırım isabet ettiği zaman, direk üzerinde meydana gelen gerilim düşümünün anî değeri $u = i \cdot R$ dir. Burada, i, geçen akımın anî değerini göstermektedir, R ise alçak frekansta ölçülen, toprak intişar, direncidir. Gerilim düşümünün anî değerinin büyüklüğü, yıldırım akım şiddetinin seyrine bağlı ve bununla orantılıdır. Bu gerilim düşümü işaretine göre hattın işletme gerilimile toplanır. Toprak hatları yıldırım akımının toprağa temasında muayyen bir nisbette iştirak ederler. Bunlar

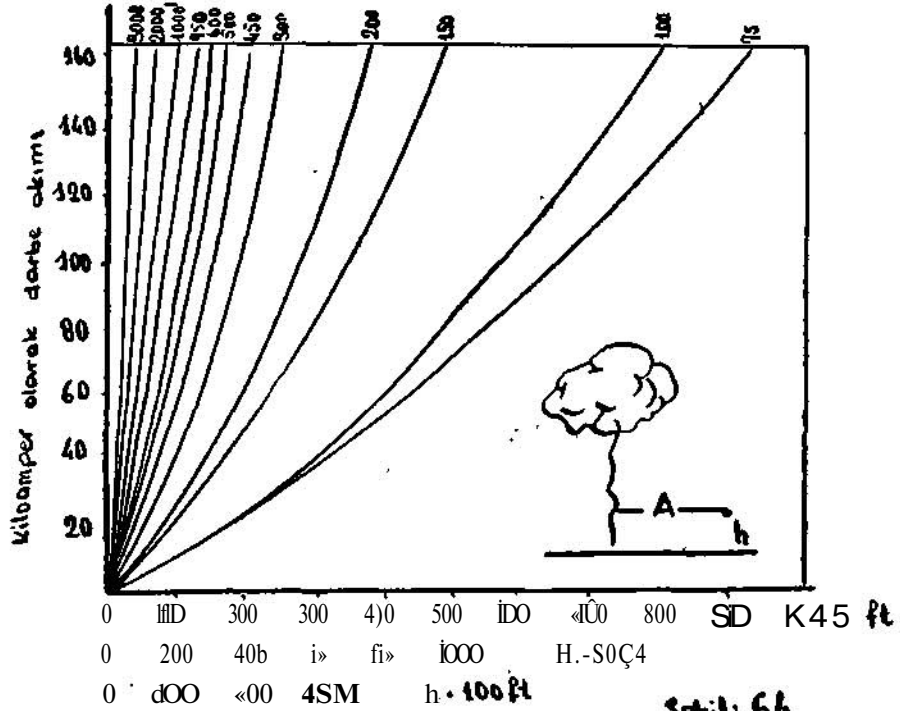


Sekil: 63

aşın gerilimin biraz küçülmesinde yardım ederler.

Yıldırımın iki direk arasında toprak hattına düşmesi halinde meydana gelen aşın gerilimler:

Yıldırımın iki direk arasındaki toprak hattının ortasına düştüğünü farz edelim. Yıldırım düştükten sonra hattın her iki istikametinde yürüyen dalgalar, meydana gelir. Burada hattın dalga direnci olarak bir hat-



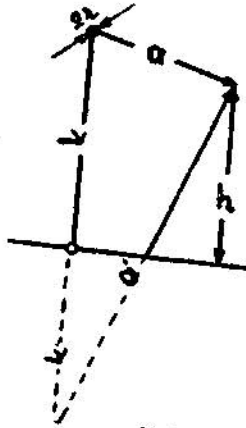
Sekil: 66

tın dalga direncinin yansı alınır, zira hat iki tarafında bulunan direklerde topraklandığından paralel iki hat şeklinde de alınabilir.

Havai hatlarda direkt, endirekt atmosferik aşın gerilimlerin meydana gelmesini önlemek için koruma hatları toprak hatları kullanılır. Bunların vazifesi, esas faz hatlarını bulutları elektostatik alanlarına ve yıldırımın direkt isabetine karşı ekranlamak suretiyle korumaktır.

Koruma hatlarının ekranlama faktörlerinin hesabı :

İyi topraklanmış toprağa paralel çekilmiş koruma hattı, buluttan toprağa doğru yayılan kuvvet hatlarını kendine çekerek, etrafını çevreleyen muayyen mıntakadaki alan şiddetini (bulut) küçültür. Alan şiddeti bu suretle küçültülen mıntakada çekilen yüksek gerilim hattı, elektostatik tesislere karşı ekranlanmış ve yıldırımın direkt isabetinden korunmuş olur. Ekranlama faktörü şu şekilde hesaplanır:



Şekil 65

Toprağa paralel olarak çekilen koruma hattı uzun bir silindire benzetilir. Bunun etrafındaki noktaların potansiyeli $Q = -BQ \cdot \text{Ln} \cdot a$ ifadesinden hesaplanır. Formülde Q hattın birim uzunluğuna isabet eden elektrik yükü, a potansiyeli hesap edilecek noktanın koruma hattının eksenine olan mesafesidir. Koruma hattı ile toprak arasındaki mesafe k, faz hattının da bulunduğu noktanın toprağa mesafesidir. Koruma hattı ile toprak arasındaki mesafe k, faz hattının da bulunduğu noktanın toprağa mesafesi h olsun, Toprağın potansiyeli sıfır kabul edildiğine göre, bu noktanın potansiyeli

$$0 = -2Q \text{Ln} \cdot a + 2Q \cdot \text{Ln} \frac{a'}{a}$$

ifadesile hesaplanır.

Yüklü bulutun meydana getirdiği homo-

gen alanın alan şiddeti E ise bu alan içinde k yüksekliğinde olan bir noktanın potansiyeli $0 = k \cdot E$ dir.

Bu potansiyel, iyi izole edilmiş, hiçbir elektrik yükü ihtiva etmeyen topraktan k yüksekliğinde bulunan hattın toprağa karşı alacağı gerilime eşittir. Şayet koruma hattı iyi topraklanmışsa, bu hat üzerinde elektrik yükü birikeceğinden, bulutun homojen alan şekli bozulmuş olur. Koruma hattının merkezinden a uzaklığında bulunan h yüksekliğinde noktanın potansiyeli şu formülden hesap-

$$\text{lanır. } 0a = E \left[h - k \frac{\text{Ln} \cdot aVa}{\text{Ln} \cdot 2k/r} \right]$$

$$\text{Ekranlama faktörü de } M = \frac{00 - 0a}{00} = \frac{k}{h} \cdot \frac{\text{Ln} a'/a}{\text{Ln} 2k/r}$$

şeklinde tarif edilir ve hesaplanır.

Burada a mesafesi küçük olacak olursa $a' = h + k$ alınabileceğinden denklem $k \cdot \text{Ln} (h + k) / a$

$$M = \frac{h}{\text{Ln} 2k/r} \text{ şeklini alır.}$$

Misal: Topraktan h = 15 m yüksekliğinde olan bir yüksek gerilim hattı topraktan itibaren k = 17 m yükseklikte bulunan bir koruma hattı tarafından korunuyor. Yüksek gerilim ile koruma hattı arasındaki mesafe a = 2 m a' = 32 m dir. Koruma hattının yarıçapı r = 0,5 cm olduğuna göre, bu koruma hattının ekranlama faktörü

$$M = \frac{17}{15} \cdot \frac{\text{Ln} 32/2}{\text{Ln} 34/0,0005} = 0,35$$

olur.

Bu atmosferik alan şiddetini yüksek gerilim hattının bulunduğu mıntakada % 35 nisbetinde küçüleceğini gösterir. İki koruma hattı kullanıldığı takdirde ekranlama faktörü o nisbette büyük olur. Koruma hatları arasındaki mesafeyi s ve yüksek gerilim hatlarının koruma hattına olan mesafeleri a₁, a₂ ise denklem şu şekilde yazılabilir:

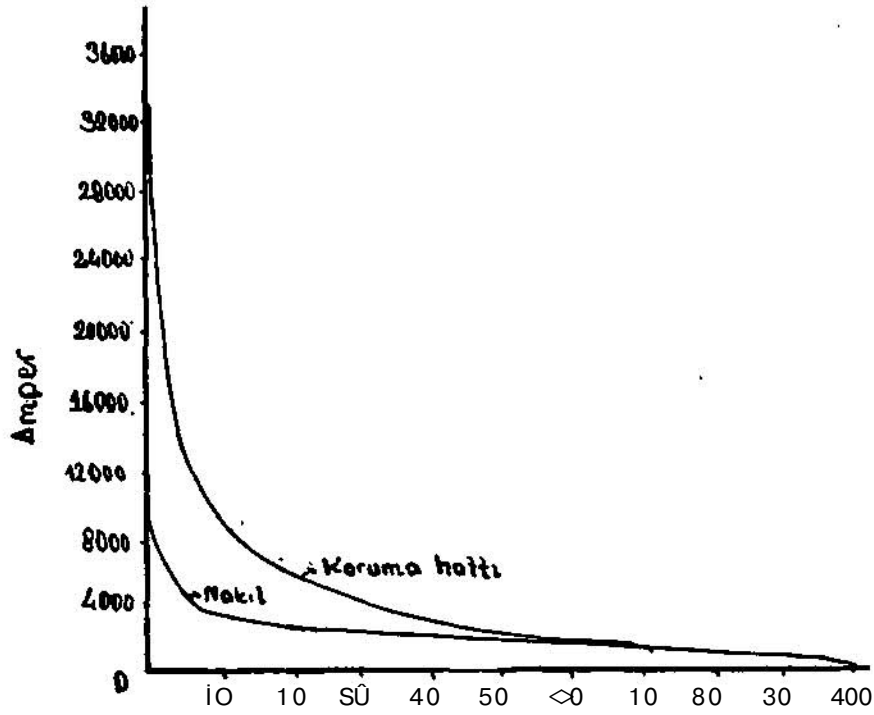
$$M = \frac{k}{\text{Ln} a'/a} \cdot \frac{h}{\text{Ln} 2k/r'}$$

$$a = \sqrt{a_1 \cdot a_2}$$

$$r' = \sqrt{r^2 - s^2}$$

den hesaplanır. Yüksek gerilim hattına nazaran simetrik yerleştirilmiş iki koruma hattı kullanıldığı takdirde aynı misalle r = 0,5 cm. r* = $\sqrt{0,005^2 - 4^2} = 0,14$ m. a' = 32 m. S = 4 m. a = 2 m.

Bu değerlerle M = % 57 bulunur. Şayet üç koruma hattı kullanacak olursak M = % 71 e yükselir.



Bir yıldırımın 132 kV. hık hattaki koruma hattı ve nakilden geçiriliş olduğu akım şu şekilde bir eğri verir.

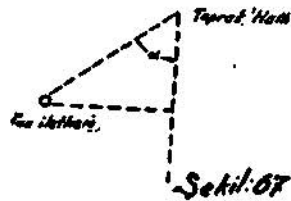
Simetrik olarak akım iletkenlerine yerleş tirilmesi istenilen koruma hattının mevkiini tâyin için muhtelif müelliflerin vermiş olduğu hesap ve geometrik metotları görmeden evvel koruma açısı ve mıntakasının tariflerini yapalım.

Koruma açısı :

Topraklama hattından düşey bir doğru geçirir ve sonra topraklama hattı ile faz iletkenini birleştirecek olursak X ile tarif edilen koruma açısı meydana gelir.

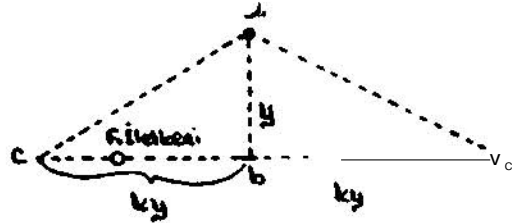
Korunma mıntakası:

ac düzleminde ac meyilli hattı, a'nın düşeyinde bulunan b, ab = y ve be = ky denilirse ky/y oranına koruma oranı denir, ac toprak hattı ile iletkene kadar uzanır. Mü-



him çalışmalarda koruma; açısı ve koruma oranı kullanılır. Fortescue ve Conwell çift devreli hatlarda iki toprak iletkeninin, iletkenlerden fazla yukarıya konulmasını tavsi-

ye eder. Wagner Mc. Caun ve Mc. Lane laboratuvarlarında yapmış olduğu deneylerde y/h = 0,1 için koruma açısının 50° olması, y/h



= 0,2 için de 60° olmasının lüzumlu olduğunu bulmuşlardır. Burada y toprak iletkeninin iletkenlerde'n mesafesi, h toprak iletkeninin topraktan yüksekliğidir. Bulut yüksekliğinin değışmeleri, rüzgâr vs. nazarı itibara alınarak 20° lik tolerans tavsiye edilir.

Koruma hattının yerinin tâyini:

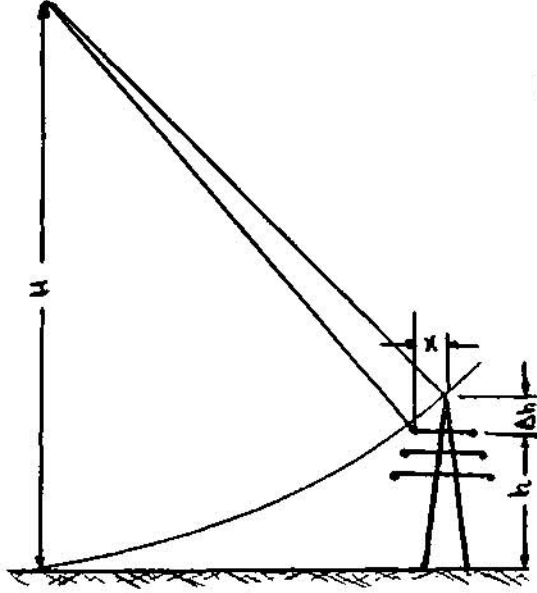
Feek metodu :

Peek tarafından yapılan tecrübelerle göre, koruma hattının faz hatlarını ekranlıyabilmesi için faz hatlarına olan mesafesi en az

$$Ah = 1 \cdot 1 \left[\frac{x^2}{2H} + \sqrt{\frac{2h}{H}} \right]$$

Formülde H = 200 - 300 m. bulutun arza olan asgari mesafesi Çizim metodu ile de koruma hattının mevkii tâyin edilebilir. Yan çapı H bulut yüksekliğine eşit olan ve faz hatlarından en gayri müsait durumda olana teğet

olarak çizilen dairenin direği kestiği nokta koruma hattının mevkiini verir. Bundan başka Peek'in doğrudan doğruya koruma hattının mevkiini veren formülü vardır. Formülde boyutlar feet olmaktadır.



Şekil 69

$$H = y \sqrt{2 \left(\frac{y}{H} \right) - \left(\frac{y}{H} \right)^2} -$$

$$\sqrt{2 \left(\frac{h}{H} \right) - \left(\frac{h}{H} \right)^2}$$

X : İletken ile toprak hattı arasındaki orizantal aralık.

H : Bulut yüksekliği.

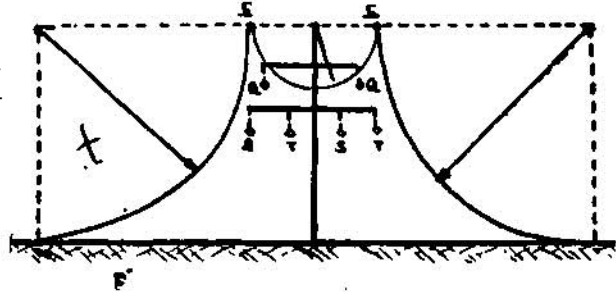
y : Toprak hattının yüksekliği,

h : İletken yüksekliği.

Misal: X = 20 feet, H = 1000 feet, h = 70 feet olursa y = 78 feet bulunur. Daha iyi, emniyetle çalışmak için 10 feet ilâve yapılır. Bu takdirde toprak hattının yerden yüksekliği 86 feet, iletkenlerden 16 feet bulunur.

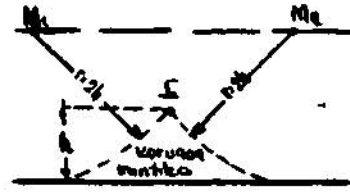
Schwaigrer metodu :

Bu metod, koruma hattı irtifasına kadar inen bir yıldırımın büyük bir ihtimalle koruma hattına veya toprağa düşmesini temin edecek olan bir tertibin tersimi şekilde bulunması esasına dayanır. Korunma hatlarından geçmek şartıyla, yarıçapı koruma hattının irtifasına eşit olan, toprağa teğet birer yarım daire çizdir. Bu yarım dairelerin arasındaki muntakada bulunan yüksek gerilim hatları yıldırım isabetinden ve bulutların elektrostatik tesirlerinden korunur.



Şekil: 70

Langrehr metodu: Schwaiger koruma teorisine dayanır. Koruma hattının muntakası şeklinde görüldüğü gibi, tersimi olarak bulunur. Bundan sonra toprak hattının yeri tesbit edilerek, tesbit edilen noktadan toprağa teğet olarak $r = 2h$ yarıçapında iki daire çizilir. Çizilen dairelerin arasında kalan kısım korunmuş olan muntakadır.

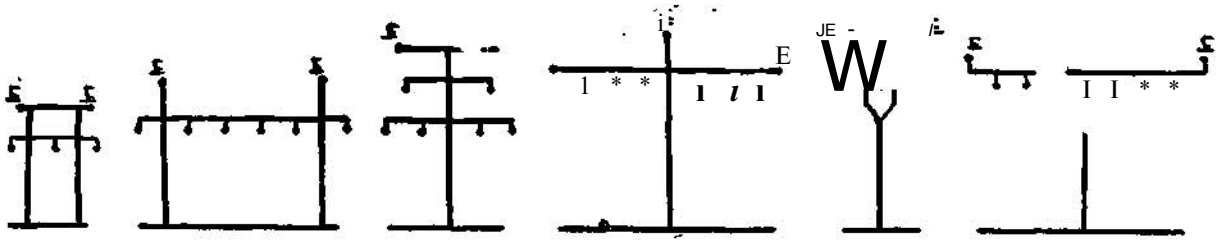


Şekil: 71

H. Grunewald metodu : Model tesisler üzerinde tecrübeler yaparak H. Grunewald yıldırımın faz hatlarına % 100 isabet etmesini sağlamak için $h = 1,6 X$ şartının yerine getirilmesinin lüzumlu olduğunu bulmuştur. Yukarıdaki misali ele alacak olursak $h = 1,6 \times 4 = 6,4$ m. bulunur ki bu hesap tarzına göre koruma hattının yüksekliği diğerrinde bulunan değerden biraz yüksektir.

Mathias ve Burhardtsmaier metodu : Bu metod teorik hesaplara ve tatbikatta elde edilen pratik bögülgelere dayanır. $2 \times 25^\circ = 50^\circ$ lik bir açı teşkü edecek şekilde koruma hatlarından faz hatlarına doğru birer nümas çizilmek suretile koruma muntakasının sınırları tayin edilir. Bu metoda dayanılarak çizilen uygun hat tertipleri Şekil: 72 dedir.

Model — Tecrübe metodu : Yukarıdaki muhtelif metodlar vasıtası ile koruma hattının mevkiini tayin ederken yıldırım düşmesinde mühim rol oynayan arazi vaziyeti, yer altı sularının durumu, direklerin toprak dirençleri ve koruma hatlarının dalga dirençleri gibi faktörler göz önüne alınmamıştır. Bunun için, mühim tesislerin korunmasında 1/100 mikyasında küçültülmüş modeller üzerinde takriben 100 kV luk, bir şok gerilimi ile tecrübe yapılır. Yüksek gerilim hatları koruma hattı vasıtası ile her ne kadar direkt yıldırım isabetlerinden korunursa da, endi-



Şekil 72

rekt atmosferik tesirlere karşı tam manasile korunmuş sayılamazlar. Topraklama noktasının yakınına yıldırım düştüğü zaman - koruma hattı üzerine - yürüyen dalgalar kısa bir zamanda toprağa geçebileceğinden aşın gerilimler derhal küçülmek imkânını bulur. Yıldırım orta bir noktaya düşecek olursa topraklama geç tesir edeceğinden tehlikeli mıntakalarda koruma hattını yükseltmek ve yahutta iki koruma hattı kullanmak gerekir.

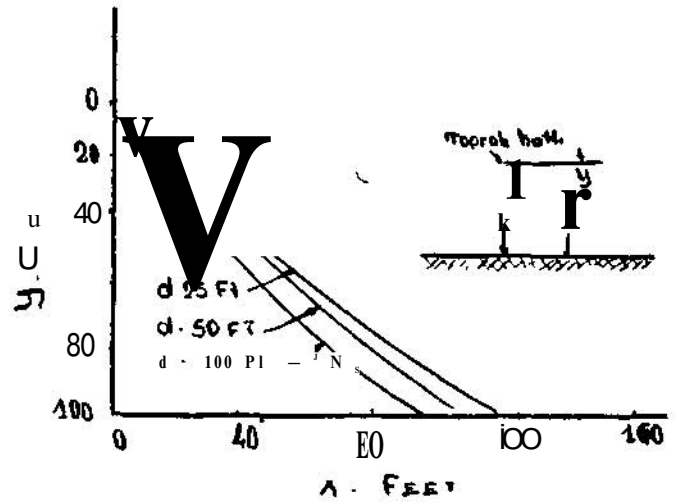
Yıldırımın faz hatlarına isabetinin önüne geçsek dahi, koruma hattına isabet eden yıldırımın, demir direk üzerinden toprağa geçişi esnasında meydana getirebileceği gerilim düşümü, izolatörün darbe atlama gerilimini geçer geçmez, koruma hattı ile faz hattı arasında bir geri atlamadan dolayı çok kutulu toprak kısa devreleri meydana gelir. Bunun önüne geçmek için direğin toprak direncinin, izolatörde geri atlamaya sebebiyet venniyecek şekide küçültülmesi gerekir. Bunun için, toprak direncinin azamî değeri izolatörlerin darbe atlama gerilimine göre hesaplanarak aşağıdaki cetvel tertip edilmiştir.

Şebekenin 1000 min. voltajı	İzolasyonun darbe atlama gerilimi (tepe değeri)	Direklerin kabilli tevviz azamî toprak direnci (koruma hattı yok)	Direklerin kabilli tevviz azamî toprak direnci (bir koruma hattı)
kV.	kV.	ohm	ohm
1,65	2,2	6	110
2,0	2,7	10	130
3,6	5,1	20	140
4,25	6,2	30	280
5,9	8,4	45	390
	11	60	500
12	17	110	800
16	23,5	150	1070
21	33	220	1400
40	60	400	2600

Orta gerilim için tesbit edilen toprak dirençleri, pratikte elde edilemeyecek kadar küçük olduğundan orta gerilim şebekelerinde her zaman geri atlamaya mani olunamaz. Cetveldeki değerler emniyet faktörü 1,1 ve yıldırım akımı 60000 amper kabul edilerek 0,5/50 mikro saniyelik şok gerilimine göre hazırlanmıştır.

Koruma hattının mevkiini pratik olarak tayin edebilmek için Wagner, Mc. Caun ve Lear'ın direkler ve toprak hatları üzerinde araştırmaları neticesinde bulunan şu iki grafiği zikredebiliriz.

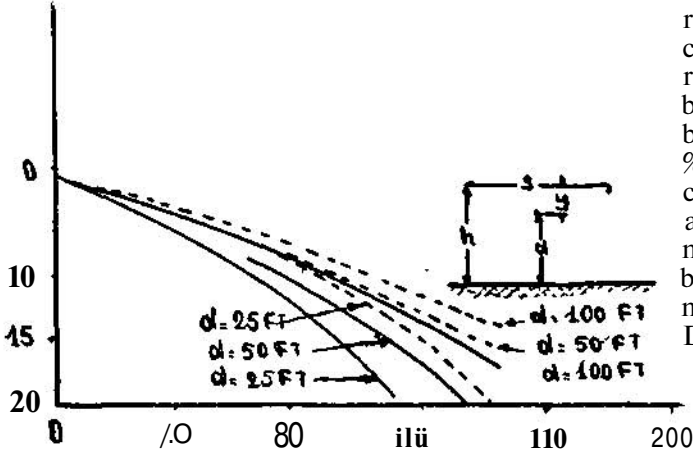
Şekil 73. toprak hattının yerden yüksekliğini kolaylıkla bulmağa bizmet etmektedir.



Şekil 73

Mesela, iletkenin yerden yüksekliği 100 feet ve $X = 20$ feet olsun, toprak iletkeninin yerden yüksekliği $h = 100 + 30 = 130$ feet bulunur. Diğerleri, şekil 74. toprak iletkeni çift olduğu zaman kuşanılır. Dolu hatlar, çizgiler horizontal hatlar içindir.

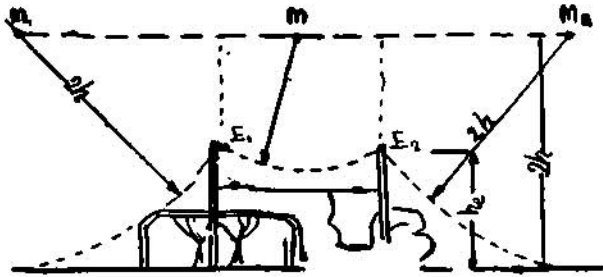
Şekil 75, 110 kV luk açık hava tevzi tesisatının koruma hatları vasıtasile yıldırımdan korunmasını göstermektedir. Burada E_1 , E_2



Şekil 74

koruma hatları baralara paraleldir.

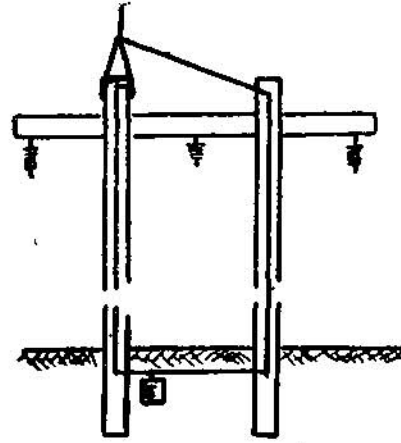
Ağaç direkli havai hat tesisatının korunması : Ağaçların darbe atlama gerilimi çok büyük olup meselâ 0,25/20 mikro saniyelik şok gerilimi dalgasında ortalama 450 ile 660 kv/m kadardır. Ağaçların elektriki mukavemeti bu kadar yüksek olmasına rağmen yıldırım isabetlerine şu sebepten mani olunmaz.



Şekil : 75

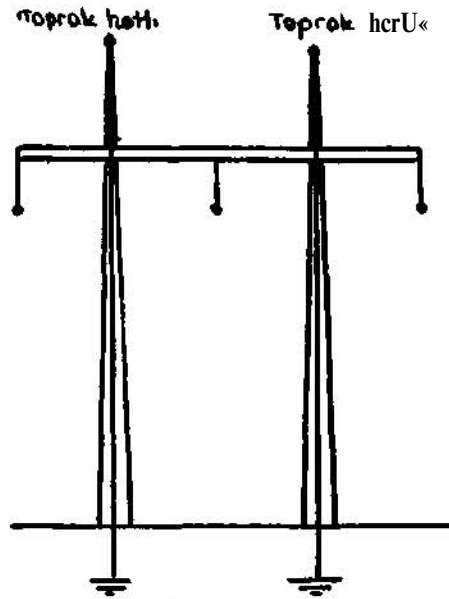
7 m. uzunluğunda ağaç direk alalım. Bunun elektriki mukavemeti $7 \times 450 = 3150$ kV. kadardır. Hattâ yıldırım isabet ettiğinde her iki yöne doğru yürüyen dalgalar husule gelir. Bu gerilim değeri direğin elektriki mukavemetini aştığı zaman direktan yere atlama olur. Hattın toprağa karşı direnci 500 ohm kabul edilirse, hattın her iki istikametinde intişar eden akımın değeri $3150/500 = 6300$ amperdir. Yıldırımın akım şiddeti ise $2 \times 6300 = 12600$ amperdir. Halbuki yıldırım akımlarının % 80 i bunun üzerindedir. Direktan toprağa yıldırım takriben 300 ohmluk büyük bir

toprak intişar direnci ile karşılaşır. Bundan dolayı küçük bir akım dahi bu dirençten ötürü ağaç direğin elektriki mukavemetini yenecek gerilim düşümünü meydana getirir. Topraklanmamış ağaç direklerde lenteli olanlar bu bakımdan daha büyük tehlikelere maruz bulunurlar. İstatistiklere göre yıldırımların % 20 si bu gibi noktalarda atlamalara münceer olmaktadır. Buna sebep, ağaç direklerde atlamaya kifayet edecek gerilim düşümü meydana getiremeyen yürüyen dalgaların buralarda izolatörler üzerinden hat ile demir arasında atlamalara sebep olmalarıdır. Darbe atlama gerilimi büyük olan izolatör



Şekil: 76

tipleri seçmek suretiyle bu gibi atlamaların önüne geçmek mümkün olmadığından yolları kat eden yerlerde ad'ın gerilimini küçük tutmak gayesile gayet iyi bir topraklama yap-



Şekil: 77

mak lâzımdır. Ağaç direkler üzerinde çekilmiş yüksek gerilim hatlarının yıldırma karşı korunması mevzuubahis olduğu zaman, yıldırım tehlikesi fazla olan noktalarda, koruma hatları ile korunması ve herbir direğin de topraklanması icap eder. Şekil 77. böyle bir direği göstermektedir.

Melvinin 66 üe 132 kV. luk hatlar üzerinde çalışmaları neticesinde varmış olduğu netice şudur. Transmisyon hatlarında ağaç direkler kullanmak faydalı değildir. Bundan başka yıldırım tesirini asgari hadde indirmek için üç umumî tip tarif etmektedir.

a — **Toprak battı** bulunmayan sistemlerde kuvvet nakili kullanılarak saptırılır. Bu tipten istenilen şey, yapılan operasyonun muvaffak olması için, mümkün olduğu kadar tecrit edilmiş iyi bir topraklamayı şart koşar ki bu hal yüksek voltajların derecesine göre umumiyetle tatbik edilebilir.

b — Alçak gerilimlerde parafudrlar kullanılır. Bunlar alçak gerilim hatlarında bir çok mahalleri için kullanıldığı takdirde ekonomik ve avanta] hdir.

c — Basit bir tasarı ki bunda hususî bir tecrübe yoktur. Yıldırma karşı korunma yapılabilir.

Döner alan elektrik motorları için «HAYLAND» diagramının önemi

Zeki SERTTAŞ
T Müh.

Elektrik motorları sanayiinde ve pratikte döner alan motorları için Hayland diagramının önemi büyüktür. Bu diagramı birkaç done ile çizdikten sonra motorun meçhul birçok teknik evsafını diagramdan bulmak mümkündür. Diagramı çizmek için motor boşta çalışırken çektiği boş akımı, boş elektrik gücü, rotor sabitken de aynı şekilde çekilen kısa devre akımı ile kısa devre gücü ölçüldükten sonra bu ölçülerden gerilimle akım arasındaki boş ve kısa devre faz kaymaları hesaplanır. Bu suretle boş akım değeri ve yönü ile kısa devre akım değeri ve yönü aynı makyas üzerine çizildikten sonra diagramdan şu ehemmiyetli diğer değerler kolaylıkla elde edilir:

Motor tesmiye akımı değeri ve yönü verildiği zaman, rotor akımını, motorun detay zayıatlarını, dönme momentini, alınan ve verilen motor gücünü, yani randımanı, azamî dönme momentini, devir adedi varyasyonlarını direkt olarak diagramdan okumak.

Bu bilgiler, hesaplanmış ve imal edilmiş bir motorun konstrüksiyon kontrolü için konstrüktör mühendise ne kadar önemli ise pratikte de çevrilecek bir makine için intihap

edilen motorun etüdü için de işletmeceye aynı derecede önemi haizdir.

Diagramı çizmeden evvel döner alan motorlarının hususiyetini izah edelim:

Döner alan motorunun rotorunu sabit tuttuğumuz zaman bir transformatörden farkı yoktur. Stator dan çekilen akım transformatörlerin primer akımı gibi müşterek miknatis akısı (0) yi, stator ve rotordaki gerilim düşüklüğünü karşılamaya yarar. Burada da primerden çekilen akım sekonder akımı ile mütenasiptir. Aradaki bariz fark bu motorlarda çekilen miknatisiyet akımı değeri rotor ve stator arasındaki hava boşluğundan dolayı transformatörlerden daha fazla oluşu, yani transformatörlerde bu akım tesmiye akımının % 5-10 arasında iken motorlarda % 20-40 arasında olması, buna mukabil motorlarda kısa devre gerilimi tesmiye geriliminin % 20 - 40 olduğu halde transformatörlerde % 2 - 6 arasında olmasıdır. Ayrıca rotordaki frekans transformatörlerde olduğu gibi primer frekansının aynı değil, devir kayması ile mütenasip olup 1-2 gibi çok küçüktür. Meselâ statora verilen trifaze akımının döner alan devir adedi (nd), akım frekansı (f) olursa, (P) çift kutup için (nd)