

karakteristikleri üzerinde durulması gereken bir husus olmuştur.

Bölgede madencilik bir hayli artmaktadır. Linyit, krom, demir, civa, kurşun işletme halinde bulunan madenler arasındadır.

Çamaltı tuzlası enerji bakımından sıkıntı çekmektedir. Kendi dizel elektrojen grupları eski olup kifayet etmediğinden bölge şebekesinden enerji beklemektedir. İstihsal kapasitesi 400.000 Ton/yıl ham tuz olan bu yerde enerji yokluğundan 250.000 Ton/yıl ham tuz yapılabilmektedir. Tuz ihraç maddelerimiz arasında bulunmaktadır. Diğer taraftan tuz, kostik imâli için çok miktarda lüzumlu bir ham maddedir.

Bölgenin takat ve enerji ihtiyacı on senelik tahminlere göre, 2,8 misli artacaktır. Senelik ortalama artış % 12 dir. Kuzey - Ba-

tı'ya benzemektedir. Yıllık ortalama çalışma saatleri 3.780 saat ile 4.035 saat arasındadır. Yük faktörü de % 43 üâ 46 arasındadır. Sene içindeki mevsimlik yük değişimleri % 80 dir. Çalışma saati diğer bölgelere nazaran azdır, mevsimlik durum ise Kuzey - Batı ile Çukurova arasında beliren bir sanayi durumunu göstermektedir.

Batı Anadolu'da 1957 yılında kendi vasıtalarından enerjilerini temin eden sanayi ve iş yerlerinin her türlü enerji vasıtalarına tekbül eden elektrik enerji istihlâki, bölgenin toplam enerji istihlâkinin % 27 sini teşkil etmektedir. Bu değer Kuzey - Batı'da % 2 idi

Ekli mukayese cetvelinde her üç bölgenin bazı karakteristik durumları hülâsa edilmiştir.

Hava hattı direklerinin kullanma eğrileri

Halûk CEYHAN
Y. Müh - E.İ.E.

Herhangi bir talimatname hükümlerine ve muayyen emniyet emsallerine göre hesap edilen bir direğin aranan şartları tam, tıptıptına sağlanması nadiren vukubulan bir hadisedir.

Umumiyetle 1600 kg/cm² kadar zorlanmaya emniyetle dayanabilen bir profili, bir direğin herhangi bir çubuğu olarak 1300 veya 1400 kg/cm² lik bir gerilmede çalıştırmak mecburiyetinde kalıyoruz. Demek ki bu çubuk için daha 200 kg/cm² kadar yüklemeye imkânımız vardır. Bu ise çubuğa tesir eden kuvvetleri biraz daha büyütmemize imkân verebilir.

Muayyen bir açıklığı için belirli emniyet şartlarını yerine getirerek ve hiç hat açısı kabul etmeyecek şekilde hesaplanmış olan bir direkte normal olarak, bütün çubuklarda emniyet gerilmesinden, az veya çok miktarda farklı kalındığından, daha büyük açıklıklara gitmek veya normal açıklıkta bir miktar açtırmak imkânı vardır.

Bu hususta bir metot H. Carpentier'nin «Lignes Electriques T.H.T.» de verilmiştir.

Direkler eşit mukavemetli bir katı cisim olmadığından, en çok zorlanan çubukları göz

önüne almak lâzımdır. Bu çubuklara göre tâyin edilen kullanma eğrisi ayrıca konsollar, civatalar ve temeller içinde tahkik edilmelidir.

Umumî olarak direklerin hesabında şu kuvvetler nazarı itibare alınmaktadır i

a) Düşey kuvvetler :

Direğin zatî ağırlığı

Konsol ağırlığı

İzolatör ve teçhizat ağırlığı

İlave malzeme ve teçhizat ağırlığı (transformatör, salt teçhizatı, platform v.s.)

Montör ağırlığı (asgarî 80 kg.)

Nakillerle koruma telinin ağırlığı

Nakillerle koruma telinde teşekkül eden uzun ağırlığı.

b) Yatay kuvvetler:

Nakillerle koruma telinin cer kuvveti

Nakiller e, koruma teline, konsol, izolatör ve direğe tesir eden rüzgâr kuvveti

Muhtelif tip direkler, talimatnamede derişip edilen farazyelere göre bu kuvvetlerin bir veya bir kaç tesir ettirilerek hesaplanır.

Bu kuvvetlerden bir kısmı, kullanma eğri-

leri ile tesbit edilmeye çalışılan direk arası açıklığı, hat açısı ve seviye farklarının tesirlerine tâbi değildirlir.

Direğin zatî ağırlığı D.A.
 Konsol ağırlığı K.A.
 İzolatör ve teçhizat ağırlığı T.A.
 İlâve teçhizat ağırlığı İ.A.
 Montör ağırlığı 80 kg.
 Konsol, direk ve izolatörlere tesir eden rüzgâr kuvveti

belirli bir tip direk için daima sabittirler.

Buna mukabil nakiller ve koruma telinin ağırlığı ve bu tellere rüzgâr kuvveti açıklıkla ve cer kuvvetleri bileşkesi de hat açısı ile değişen kuvvetlerdir.

Direğe tesir eden kuvvetler çubuklarda sanki direğe tek başlarına tesir etmiş olsalardı yapacakları tesirin toplamına eşit bir kuvvet meydana getirirler. Bu bakımdan, çubuk kuvvetinin bileşenleri ayrı ayrı hesap edilebilir.

Fakat, kullanma eğrilerini bulmak üzere, direğe tesir eden kuvvetlerin cinsleri aynı kalmak şartı ile, büyüklükleri değiştiğinden, her hangi bir çubukta muayyen bir cins kuvvetin meydana getirdiği tesiri bulmak için, o kuvvet ve çubuğa ait olmak üzere bir tesir katsayısı tarif edilmektedir.

Bu, direğe* tesir eden birim büyüklüğündeki bir kuvvetin, direğin şekline, nazarı itibsre alınan çubuğun mevkiine tâbi olarak, o çubuğa olan tesiridir ve c ile gösterilmektedir. Böylece, her çubuğa ait olmak üzere ve direğe tesir eden her P kuvveti için bir tesir katsayısı bulunur; çubuğa tesir eden kuvvet bileşeni

$$P_i = P \cdot c_i \text{ olur.}$$

Direğe tesir eden ve açıklığa ve hat açısına tâbi olarak değişen kuvvetlerin ifadelerini yazalım :

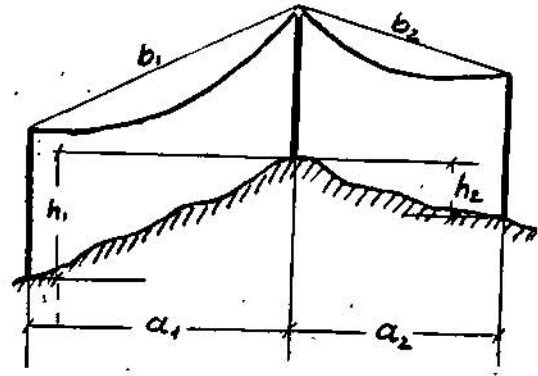
İletgenlere ve koruma teline rüzgâr
 $W = c \cdot q \cdot f = c \cdot q \cdot d \cdot b \cdot 10^{-3} \text{ (kg.)}$
 formülünden hesaplanır, burada
 c = rüzgâr tesirine maruz kalan cismin şekline, vüs'atine ve yüzeyinin evsafına bağlı bir katsayıdır.

q = m² ye rüzgâr basıncı (kg/m²)
 f = rüzgâra maruz kalan satih (m²)
 d = iletgen çapı (mm)
 b = direkler arası açıklığı (m)

Malûm olduğu üzere direkler arası açıklığı olarak mevzuubahis direğin bir evvelki ve bir sonraki direklerle olan mesafeleri ortalaması ifade edilmektedir.

Direğe tesir eden düşey kuvvetlerden, tellerin ağırlığı iki kısımdan teşekkül eder :

— ilet genin zatî ağırlığı:
 $q \cdot g \cdot d \text{ (kg.)}$



q' = iletgenin kesiti
 g = iletgenin özgül ağırlığı

— Direkler arasındaki seviye farkından doğan ilâve kuvvet:

$$T (h/a_1 - h/a_2)$$

T = tellerin cer kuvvetidir.

Hat açısından dolayı meydana gelen yatay kuvvet:

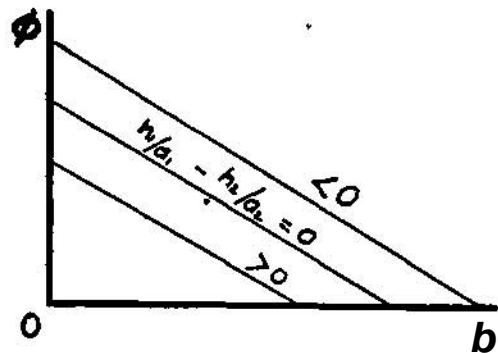
$$2T \sin \theta / 2$$

Umumî olarak bu kuvvetlerin bir arada direğe tesir ettiğini kabul edersek, en çok yüklenen çubukta meydana gelen kuvvet :
 (n iletgeni, m koruma teli adedi olmak üzere)

$$\begin{aligned} & n \cdot c(q_i) (d_i) b_e + m c' (q_k) (d_k) b_c \\ & + D \cdot R + 2n(T_i) \sin \theta / 2 c_i \\ & + 2m(T_k) \sin \theta / 2 c_k + n (q_i) (g_i) b c_i \\ & + n(T_1) [(h/a_1) - (h/a_2)] c_1 \\ & + m (q_k) (g_k) b c_k \\ & + m (T_k) [(h/a_1) - (h/a_2)] c_k + D \cdot A \\ & + K \cdot A + T \cdot A + 80 = P_{max} \end{aligned}$$

Bu denklemleri değişkenlere göre sıralarsak:
 $Ab + B \sin \theta / 2 + C [(h/a_1) - (h/a_2)] = S$
 gibi bir denklem elde ederiz.

Pratik olarak, bu fanksiyonun ifade ettiği sinusoidler çok yayvandır ve doğru olarak kabul edilebilir. Burada [(h/a₁) - (h/a₂)] te-



rinini parametre olarak, muayyen değerleri için a ile 0 arasındaki bağıntıyı veren doğruları çizebiliriz. Parametrenin değeri değiştiğçe doğru aşağı veya yukarı kayacaktır.

Direk en çok zorlanan çubuğunda tam emniyet gerilmesine göre hesaplanmış olsa bile, bu direkte mesafeyi kısararak bir miktar açığı yaptırmak da daima kabildir.

Bir taşıyıcı direğin kullanıma eğrisinin çıkan iması :

Kayseri Bölgesinin ihtiyacını Hirfanlı santralından karşılamak üzere projesi hazırlanmış olan Hirfanlı - Kayseri enerji nakil hattı 190 Km. lik, 164 kVluk tek devre bir hattır. Nakiller 281,1 mm* lik çelik - alüminyum (Kanada normu 477.000 ACÖR) kablodur. Hava hattında iki tane 51,1 mm² çelik koruma teli kullanılmıştır. Direk tipi olarak, memleketimizdeki 154 kV tek devre hatlarda kullanılmış ve zaten bu voltaj için en ekonomik tip olarak tayin edilmiş olan yayık tip seçilmiştir. Direklerin profil üzerindeki muhtelif şartlara uyabilmeleri için boylan 3 m. uzatılıp, kısaltılabilecek tarzda hesaplanmışlardır. Normal direk arası mesafe 360 m. ve normal direk boyu 17,45 m. dir.

Taşıyıcı direkler 15/Ağustos/1956 tarihli «Kuvvetli Akım Elektrik Dağıtım Tesisatının bakım, işletme ve tesisine dair Talimatname» nin, I. Bölge şartlarına ve taşıyıcı direklere ait hükümlerine göre Kremona metodu ile hesaplanmışlardır.

Normal taşıyıcı direğe tesir eden kuvvetler :

İletgen ve izolatlara rüzgâr	1284 kg.
Toprak teline rüzgâr	432 kg.
İletgen ve izolatörlerin ağırlığı	2271 kg.
Toprak telinin ağırlığı	596 kg.
İletgen cerrinin % 2 si	232 kg.
İletgen kopması	1288 kg.

Direğin en çok zorlanan çubuğu resimde A ile işaretlenmiş olan dikmedir. Köşegenler talimatnamenin III. faraziyesi gereğince iletgen kopmasına göre tayin edildiklerinden açıklık ve hat açısına tâbi değildiler.

En kritik durumda olan A çubuğu taşıyıcı direklerin I. faraziyesine göre hesaplanmıştır, 6760 kg. lik bir kuvvet tesir etmektedir, flambaj boyu 145 cm. dir ve turada 1395 kg/cm² ye zorlama ile 65 x 65 x 9 profili kullanılması icap etmektedir. Halbuki, aynı flambaj boyu için, bu profil 7750 kg. lik bir kuvveti taşıyabilir.

Direk köşede taşıyıcı olarak ta kullanılmak istendiğinden, talimatnamenin köşe direği için en ağır şartları veren II. faraziyesine göre kontrol edildi.

« + 5° C ta nakillerin ve toprak telinin cer kuvvetlerinin bileşkesi ile açığı ortayı yönünde direğe, konsol ve izolatörlerle nakillere ve toprak teline gelen rüzgâr kuvveti ve buzsuz vaziyette bütün ağırlıklar nazan itibare alınır.»

İletgenlerin 5°C de cer kuvveti 2380 kg.
Koruma telinin ise 2356 kg. dır.

Cer kuvvetleri bileşkesi: Hattın gidiş yönü, geliş yönü ile 0 açısı yapıyorsa, bileşke kuvvet 2 T sin 0/2 dir.

Nakil cerri 3 x 2 x 2380 sin 0/2 c₁,
Koruma teli cerri: 2 x 2 x 2356 sin 0/2 c₂,
Rüzgâr kuvvetleri:

Direğe rüzgâr tesiri daima sabittir 284 kg.
İletgenlere rüzgâr: (3 x 1,144xb + 3 x16) c,
Koruma teline rüzgâr 2 x 0,6 x a x c₄
Buzsuz ağırlıklar:

Direk ağırlığı tesiri daima sabittir 370 kg.
Montor yükü tesiri 80 x c₅
İletgen zatî ağırlığı: 3(0,9748 x b + 55) c₃

— seviye farkından ileri gelen :
3 x 2380 x [(h/a₁) — (h₂/a₂)] c₆
Koruma teli zatî ağırlığı: 2 x 0,4063 x b x c₇,
— seviye farkından

2 x 2356 [(h/a₁) — (h/a₂)] c₈
Tesir katsayıları c lerin tayini:

Kuvvetin ctnsl	Kuvvet Kg.	Çubukta meydana gelen Kg.	Tesir katsayısı
İletgenlere rüzgâr	1534	3943	c ₃ [^] =2,57
Koruma teline rüzgâr	482	1449	c ₄ = 3,006
İletgenin ağırlığı	2271	568	c ₁ = 0,25
Toprak teli ağırlığı	586	147	c ₇ = 0,25

Aynı ne a

$$c_1 = c_3 = c_4 = 2,57$$

$$c_2 = c_7 = c_8 = 3,006$$

A çubuğuna tesir eden kuvvetler :

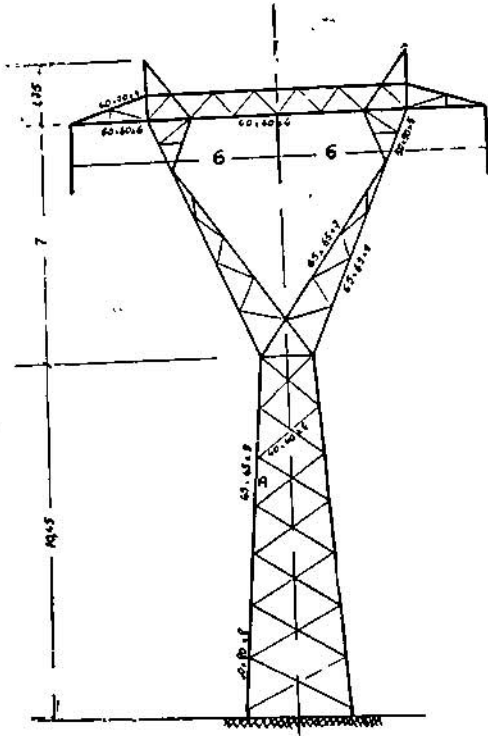
$$2 \times 2356 \times 2 \times 3,006 \sin 0 //$$

$$+ 3 \times 2380 \times 2 \times 2,57 \sin 0/2$$

$$+ 3 (1,144 b + 16) 2,57 + 2 (0,6 x b) \times 3,006$$

$$+ 3 (0,9748 xb + 55) 0,25 + 2 (0,4063 xb) 0,25$$

$$+ [2 \times 2356 \times 3,006 + 3 \times 2380 \times 2,57]$$



$$[\frac{h_1}{a_1} - (\frac{h_2}{a_2})] + 370 + 284 + 36 = P_{max} = 7750$$

Bu ifadeyi sıralarsak, kullanma eğrisi denklemi:

$$65029 \sin 0/2 + 13,37 b + 32514 [(\frac{h_1}{a_1}) - (\frac{h_2}{a_2})] = 6862$$

Taşıyıcı direğin kullanma eğrisinden görüldüğü, 360 m. normal direk aralığında ve hiç hat açısı yapmamak üzere hesaplanmış olan direk, bu açıklıkta 3,75 gradlık bir açı kabul etmektedir, gene düz arazide açıklık 270 m. ye indirilirse açı 6 grad olmaktadır. Düz hatta ise direk 490 m. ye kadar açılabilir.

Aynı hattın durdurucu direği, 360 d. açıklık için, 28 grada kadar köşede durdurucu olarak kullanılabilir, açıklık 270 e indirilirse açı 31 grada çıkar.

Elde bu kullanma eğrileri mevcut olursa profil üzerinde direkleri yerleştirmek daha kolay ve emin olur. Şablonla tâyin edilen direk yerini nihaî olarak kabul etmeden evvel kullanma eğrilerine göre kontrol edilmesi lâzımdır; ancak bundan sonra o direğin yeri ve cinsi kat'î olarak tâyin edilmiş olur.

Bir direğin hesabı, profil üzerine, seviye farklarını ve hat açılarını göz önüne alarak yerleştirilmelerini sağlayan bu kullanma eğrileri çıkarıldıktan sonra tamamlanmış sayılır.

