

# Yüksek Gerilim Hava Hatlarında Enerji Nakli Ekonomisi

f ELİN» den özetleyen :  
**Hüsamettin ATEŞ**  
T. Müh - İller Bankası

Tesislerde maliyet mevzuu ekseriya az işlenen bir kısmı teşkil etmiştir. Ancak rantabl bir tesisin faydalı olabileceği düşünülürse bu mevzuun da ehemmiyeti kendiliğinden anlaşılır.

Bu yazımızda yüksek gerilim hava hatlarında enerji nakli ekonomisi incelenecektir. Birçok faktörlere bağlı olan bu mevzuu gayeden ayrılmadan mümkün mertebe basitleştirerek bazı pratik neticeler elde etmeğe çalışacağız.

## I — Enerji Naklinde İşletme Masrafları:

Bir yüksek gerilim hava hattının senelik toplam işletme masrafları iki kısım halinde hülâsa edilebilir.

- Hava hattı senelik işletme masrafları,
- Kayıplara tekabül eden senelik masraflar. Buna göre senelik işletme masrafları: (1) formülü üe hülâsa edilebilir.

L — Hat uzunluğu

$a_s$  — Sabit masraflar

$a_g$  — Gerilime bağlı bir sabite (Direk tipi, İzolatör ve, montaj durumuna bağlı)

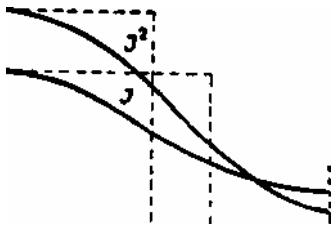
U — Gerilim

$a_k$  — Hat kesitine bağlı bir faktör

q — Hat kesiti  $a$ ,  $a_s$ ,  $a_n$  sabitleri

kapital'e bağlı oldukları

V



Şekil: 1

cihetle faiz, amortisman gibi hususları da ihtiva etmektedirler. Senelik hat kayıplarının tayıni için aşağıdaki ameliye yapılır:

Şekil: 1 de  $I = f(t)$  eğrisi akımın senelik değişimini gösterebilir.  $I = I(t)$  eğrisi ile (0) ve  $t = 8760$  arasındaki alan taşınan senelik enerji ile  $I^2 = g(t)$  nin sınırladığı alanda hat kayıpları ile orantılıdır.

Bu alanlar birer kenarları  $I_h$  veya  $I_h^2$ , diğer kenarları  $h_m$ , veya  $h_v$  olan dikdörtgenlere eşdeğer oldukları takdirde, (2) elde edilir

$$I_h \text{ ve hattın senelik yük verimi } m = \frac{h_m}{h_v}$$

olur. (T = 8760 saat).

Aynı şekilde (3) den kayıp oranı  $v = \frac{h_v}{T}$

bulunur.

Kayıp oranının yüklenme derecesi üe münasebeti (4) deki gibidir.

Görülüyor ki  $(h_v)$  büyüklüğü evvelden bilinen senelik akım eğrisi yardımı ile ve grafik yoldan tayıni edilerek (v) kayıp oranı kolaylıkla bulunur.

Takat zayıyatı (5) olmak üzere zayıyata tekabül eden senelik masraf: (6) ve (7) şeklinde yazılır.

$N_h = I_h$  azam! yük akımına tekabül eden azamî zahirî güç,  $p$  = Hattın spesifik rezistansı  $b$ ,  $I_r$  = Reaktif akımı kompanse için kurulan tesisin kuruluş bedelinin işletme senesine tekabül eden miktarına bağlı faktör,  $t_2 = KVA$ . saat bedelidir. Buna göre hatta ait senelik masraf: (-3) şeklinde olur.

Ancak, incelemelerimizde kolaylık olması bakımından birim takat başına senelik toplam işletme masrafı tarif edilir. Buna göre: (9)

denklemini bulunur.

**Z — Ekonomik Keşif ve Ekonomik Nakil Geriliminin tayıni:**

Verilen bir  $N_h$ , azamî nakil takati için ekonomik kesit ve gerilimin tayıni (9) denkleminin ekstremun şartlarından: (10) ve (11) ve buradan ekonomik gerilim ve ekonomik kesit için, (12) ve (13) bulunur..

Bu şekilde bulunan  $U_w$  iktisadî nakil gerilimi ile  $q_w$  iktisadî kesitinin tabiatı ile norm değerlere irca edilmesi gerekir.  $U$ , norm gerilim  $q$  norm kesit olmak üzere (14) yazılarak 9 denklemi: (15) şekline girer.

(16) teriminin minimum olması halinde taşman ( $N_h$ ) taktatına minimum senelik masraf tekabül eder.

Yine ekstremum şartlarından : (17) ve (18) elde edilir. Bu takımın çözümü ile Teta ( $k, k_2$ ) denkleminin minimum değerine tekabül eden  $k, k_2$  değerleri bulunur.

önceden:  $k_1 = 1, k_2 = 1$  seçmekle bulunan  $U_w$  ve  $q_w$  değerlerinin Norm değerler olduğu kabul edilmiş olur. Buna göre :

Teta min = 2 dir. Buna bağlı olarak; (19) bulunur.

Tatbikatta umumiyetle iktisadî nakil gerilimi olarak  $U_w$ . Norm değerde seçilir, buna bağlı olarak  $k_1$  sabiti tespit edilmiş olur. Böylece ekonomik bir kesit tayıni için  $k_1$  sabitini seçmek icap eder.

Teta ( $k_1, k_2$ ) fonksiyonunda  $k_1$  daha evvel seçilmiş bir sabit olduğuna göre; (20) denklemini gerçekliyen  $k_2$  değeri ki bu da; (21) dir. ve Teta ( $k_1, k_2$ ) fonksiyonunu minimum yapar. Buna göre (16) denklemi (22) için: (23) şekline girer.

Aynı şekilde  $q_w$  ekonomik kesiti norm değerde seçilmek suretiyle  $k_2$  önceden tayıni edilmiş olur ve Teta ( $k_1, k_2$ ) fonksiyonunu minimum yapan  $k_1$  değeri (24) denkleminden

(25) bulunur ve  $(\frac{K}{N_h})$  değerini minimum yapan Teta ( $k_1, k_2$ ) fonksiyonu (26) şekline girer.

**S — Ekonomik Akım Yoğunluğu :**

Yukarıdaki mütalâalar baki kalmak şartıyla ( $N_h$ ) azamî nakil taktatına tekabül eden akım  $I_h$  olduğuna göre akım yoğunluğu; (27) şeklinde tarif edilir. İşletme gerilimi ( $U$ ) olduğuna göre (28) elde edilir.

$U$  ve  $q$  yerine evvelce tayıni edilen ekonomik değerleri vazedildiğinde : (29) ve (12), (13) denklemleri de nazarı itibare alınarak, (30) bulunur.

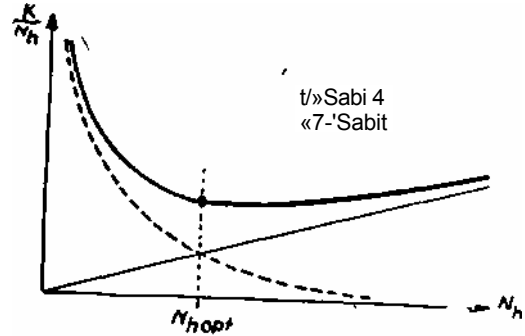
İktisadî akım yoğunluğu,  $k_1 = 1, k_2 = 1$

haline tekabül ettiği cihetle, (31) ve buna göre;  $k_1, k_2$  katsayılarına bağlı olarak, (32) bulunur.

**4 — Spesifik Toplam Masraf ve İktisadi Nakil Takati :**

İkinci paragrafta verilen bir nakil taktatına göre ekonomik gerilim ve kesit tayıni yapıldı. Ancak,  $U$  nakil gerilimi ve  $q$  kesiti belli iken taşınabilecek azamî iktisadî taktatin da bilinmesi icap eder. Bu durumda spesifik senelik masrafın ( $N_h$ ) nakil takati ile olan münasebetinin bilinmesi lâzımdır.

(9) No. lu ifadeye  $U$  gerilimi ile  $q$  kesiti sabit kabul edildikleri takdirde birinci terim



Şekil : 2

$$\begin{aligned}
 & \frac{K}{N_h} = L \left( \frac{a_1 + a_2 U + a_3 q}{N_h} \right) \quad (1) \\
 & I_h = \frac{L F dt}{N_h} \quad (2) \\
 & U = m \frac{I_h}{N_h} = m \frac{\int_0^T I dt}{N_h} \quad (3) \\
 & N_h = 3L^2 \frac{Lp}{q} = \frac{N_h^2}{u^2} \frac{Lp}{q} \quad (4) \\
 & K = N_h (b_1 + b_2 h_v) \quad (5) \\
 & K = \frac{N_h}{u} \cdot \frac{Lp}{u^2} (b_1 + b_2 h_v) \quad (6) \\
 & \frac{K}{N_h} = \frac{L}{u} \cdot \frac{N_h^2}{u^2} (b_1 + b_2 h_v) \quad (7) \\
 & \frac{K}{N_h} = \frac{L}{u} (a_1 + a_2 U + a_3 q) + \frac{L}{u} \frac{N_h^2}{u^2} (b_1 + b_2 h_v) \quad (8) \\
 & \frac{K}{N_h} = \frac{L}{u} (b_1 + b_2 h_v) \quad (9) \\
 & \frac{d}{dt} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (10) \\
 & \frac{d}{dk_1} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (11) \\
 & \frac{d}{dk_2} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (12) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (13) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (14) \\
 & \frac{K}{N_h} = L \left( \frac{a_1 + a_2 U + a_3 q}{N_h} + \sqrt{\frac{2a_1}{N_h} + \frac{2a_2}{N_h} \sqrt{a_3 (k_1 - b_1 h_v)}} \right) \quad (15) \\
 & -k_1 + \frac{k_2}{2} = 0 \quad (k_1, k_2) \quad (16) \\
 & \frac{\partial \theta}{\partial k_1} = 1 - \frac{1}{4k_1^2} = 0 \quad (17) \\
 & \frac{\partial \theta}{\partial k_2} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2k_2^2} = 0 \quad (18) \\
 & \theta_{min} = 2 \quad (19) \\
 & \left( \frac{K}{N_h} \right)_{min} = L \left( \frac{a_1}{N_h} + \sqrt{\frac{2a_1}{N_h} + \frac{2a_2}{N_h} \sqrt{a_3 (k_1 - b_1 h_v)}} \right) \quad (20) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (21) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (22) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (23) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (24) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (25) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (26) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (27) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (28) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (29) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (30) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (31) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (32) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (33) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (34) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (35) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (36) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (37) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (38) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (39) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (40) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (41) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (42) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (43) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (44) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (45) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (46) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (47) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (48) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (49) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (50) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (51) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (52) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (53) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (54) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (55) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (56) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (57) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (58) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (59) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (60) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (61) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (62) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (63) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (64) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (65) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (66) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (67) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (68) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (69) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (70) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (71) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (72) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (73) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (74) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (75) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (76) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (77) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (78) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (79) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (80) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (81) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (82) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (83) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (84) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (85) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (86) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (87) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (88) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (89) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (90) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (91) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (92) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (93) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (94) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (95) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (96) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (97) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (98) \\
 & \frac{d}{dU} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (99) \\
 & \frac{d}{dq} \left( \frac{K}{N_h} \right) = 0 \quad (100)
 \end{aligned}$$

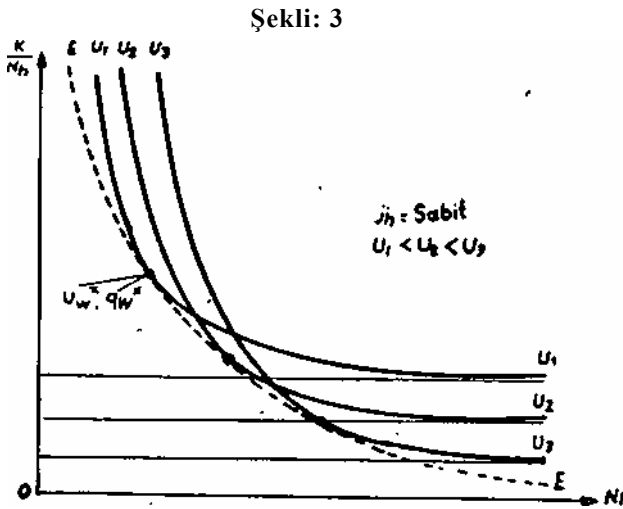
( $N_h$ ) ile ters, ikinci terim doğru orantılıdır.  $K/N_h$  ifadesi  $N_h$  ya bağlı olarak Şekil 2 de görüldüğü veçhile değişir. ( $K/N_h$ ) yi minimum yapan  $N_h$  değeri: (33) şartından; (34) bulunur.

$U$  ve  $q$  evvelden tespit edildiği taktirde hattın nakledeceği iktisadî takat (34) ifadesi ile hesaplanır. Görülüyor ki iktisadî nakil takati  $U$  ve  $q$  ile doğru orantılı olarak artar. Ayrıca bu takatin hesapla bulunan  $U_w$  iktisadî nakil gerilimi ve  $q_w$  iktisadî kesiti ile nakledilmesi halinde senelik masrafın daha da küçük olacağı aşikâr bir hakikattir.

İktisadî tâkata bağlı olarak bulunan; (35) denklemleri akım yoğunluğunun (31) denklemi ile verilen akım yoğunluğuna nazaran daha büyük olduğuna dikkat etmek gerekir. "

Bu durumda  $N_h$  opt. nakil takatinin en iktisadî takat olduğuna hükmetmek yanlış olur. Bu sebeple evvelden verilen ve  $J_{hw}$  iktisadî akım yoğunluğundan farklı bir akım yoğunluğuna göre nakledilebilecek iktisadî takati hesaplamak gerekir. Bütün nakil tâkatları için  $J_h = Sabit$ . akım yoğunluğu alınmak suretiyle aşağıdaki neticelere vasıl olunur.

(36) ifadesini (9) eşitliğine ithal etmek ve (37) ve (38) şekline konmak suretiyle (39) bulunur. (39) denklemi ( $U$ ) parametresine bağlı olarak Şekil: 3 teki eğri ailesini verir.



Şekü 3 ten görülüyor ki, küçük takatlar için küçük gerilimler iktisadî olmakta, takat arttıkça gerilimin de büyük seçilmesi icap etmektedir.

Şekilde görülen eğri ailesinin bir zarfı mevcuttur. Bunun denklemi de malûm usulle ( $U$ ) parametresi yok edilerek bulunur. Şöyle ki: (40) ve (41) şartından (42) ve (43) denklem sistemi elde edilir. Buradan  $U$  parametresi ifna edilerek: (44) yahut (45) zarf denklemi elde edilir.

Zarf şekil 3 te kesik çizgilerle gösterilmiştir. Bu eğri verilen bir akım yoğunluğu ile taşınabilecek iktisadî takati verir. Ancak eğri üzerinde beher nokta için  $U$  gerilimi ve  $q$  kesiti sabittir.

Şekil: 3 te  $U$  parametresine bağlı eğrilerin zarf eğrisine değme noktalarında  $U$  ve  $q$  değerleri : (46) şartından (47) denklemi yazılır ve buradan (48) ve (38) yardımı ile (49) elde edilir.

$$J_h = \frac{I b}{q} \quad (42) \quad \frac{K}{N_h} = \frac{L}{N_h} (a_1 + a_2 u) + \frac{L}{\sqrt{a_3 \rho (b_1 + b_2 h_v)}} (k_2 + \frac{L}{k_1}) \quad (43)$$

$$J_h = \frac{N_h}{\sqrt{3} u} \quad (44) \quad F(K/N_h, N_h, u) = 0 \quad (45)$$

$$J_h = \frac{N_h}{k_1 u w \sqrt{3}} \frac{1}{k_2 q_w} \quad (46) \quad \frac{\partial F}{\partial u} = 0 \quad (47)$$

$$J_h = \frac{1}{k_1 k_2} \sqrt{\frac{a_3}{3 \rho (b_1 + b_2 h_v)}} \quad (48) \quad \frac{K}{N_h} - \frac{L}{N_h} (a_1 + a_2 u) - \frac{L}{u} \left[ \frac{a_3}{3 \rho} + \rho (b_1 + b_2 h_v) \right] \sqrt{3} = 0 \quad (49)$$

$$J_{hw} = \sqrt{\frac{a_3}{3 \rho (b_1 + b_2 h_v)}} \quad (50) \quad \frac{\partial F}{\partial u} = -\frac{L}{N_h} a_2 + \frac{L}{u^2} \left[ \frac{a_3}{3 \rho} + \rho (b_1 + b_2 h_v) \right] \sqrt{3} = 0 \quad (51)$$

$$J_h = \frac{1}{k_1 k_2} J_{hw} \quad (52) \quad \left( \frac{K}{N_h} \right)_c = L \left\{ \frac{a_1}{N_h} + \sqrt{\frac{2 a_2}{\rho a_3} \sqrt{\rho a_3 (b_1 + b_2 h_v)}} \right\} \quad (53)$$

$$\frac{d}{d N_h} \left( \frac{K}{N_h} \right) = \frac{L}{N_h^2} (a_1 + a_2 u + a_3 q) \quad (54) \quad \frac{K}{N_h} = \frac{L}{N_h} + L \left\{ \frac{a_1}{N_h} + \sqrt{\frac{2 a_2}{\rho a_3} \sqrt{\rho a_3 (b_1 + b_2 h_v)}} \right\} \quad (55)$$

$$N_h \text{ opt} = u \sqrt{\frac{(a_1 + a_2 u + a_3 q) q}{\rho (b_1 + b_2 h_v)}} \quad (56) \quad \left( \frac{K}{N_h} \right)_c = L \left\{ \frac{a_1}{N_h} + \sqrt{\frac{2 a_2}{\rho a_3} \sqrt{\rho a_3 (b_1 + b_2 h_v)}} \right\} \quad (57)$$

$$J_h = \frac{N_h}{u \sqrt{3}} \frac{1}{q} \quad (58) \quad \left( \frac{K}{N_h} \right)_c = \frac{K}{N_h} \quad (59)$$

$$J_h \text{ opt} = \sqrt{\frac{a_1 q + a_2 q + a_3}{3 \rho (b_1 + b_2 h_v)}} \quad (60) \quad \frac{a_2}{N_h} u = \sqrt{\frac{2 a_2}{\rho a_3} \sqrt{\rho a_3 (b_1 + b_2 h_v)}} \quad (61)$$

$$\frac{K}{N_h} = \frac{L}{N_h} (a_1 + a_2 u) + \frac{L}{u} \left[ \frac{a_3}{3 \rho} + \rho (b_1 + b_2 h_v) \right] \sqrt{3} \quad (62) \quad (k_2 + \frac{L}{k_1}) = 0 \quad (63)$$

$$U_w = k_3 J_{hw} = k_3 \sqrt{\frac{a_3}{3 \rho (b_1 + b_2 h_v)}} \quad (64) \quad U_w = \sqrt{\frac{N_h}{a_3} \sqrt{\rho a_3 (b_1 + b_2 h_v)}} \quad (65)$$

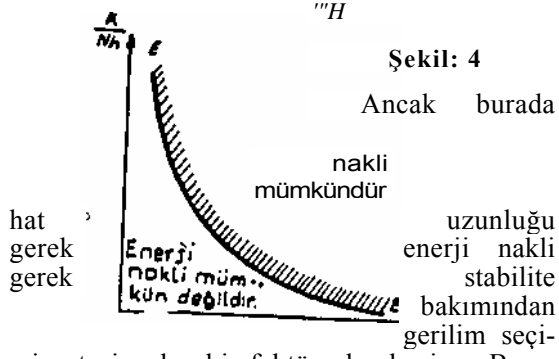
$J_h$ . akım yoğunluğu ekonomik akım yoğunluğu olan  $J_{hw}$  ye eşit seçildiği takdirde  $k_3 = 1$  olur. Bu durumda (51) bulunur. Görülüyor ki bu ifade (19) ifadesinin aynı olup aranan minimum spesifik masrafa tekabül eder.

$J$   
(48) ve (50) denklemleri ile bulunan  $U_w^*$  ve  $q_w^*$ , ekonomik değerlerinin (12) ve (13)

denklemleri ile bulunan değerlerin ayna olduğu dikkate değer.

Şekil: 3te çıkarılan zarf eğrisi (K/Nh, Nh) yüzeyi üzerinde (Nh) takatının iktisadi olarak taşınabileceği bir yüzey tâyin eder. Bu eğri minimum masraf sınır eğrisi olarak tarif edilebilir.

Enerji naklinin mümkün olduğu sahada (E) sınır eğrisinden uzaklaşdığı nispette masraflar artar.



Buradan bulunacak ekonomik nakil gerilimi ile yukardaki şartları da gerçekleştirmek gerekirse de bu husus yazımızın mevzuuna girmemektedir.

#### 5 — Çift Nakilli Hava Hatları :

Yazımız esasen tek nakilli hava hatlarının incelenmesine hasredilmiştir. Ancak çift nakilli hava hatlarının incelenmesi gerektiği takdirde, evvelce tesis edilen formüllerde (q) bir nakilin kesiti, nakledilen takat Nh, olmak şartı ile (p) yerime p/2, a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub> yerine a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub> gibi farklı katsayılar alınacaktır.

#### 6 — Sabit Faktörlere Alt Bazı Nümerik Değerler:

Herşeyden önce şunu zikrelelim ki, elde yüksek gerilimli hava hatlarının kat'î maliyetlerine ait mevzuat değerler yoktur. Ancak çıkarılan formüller için tatbikat mahiyetinde bir ameliye yapmak üzere hakikate mümkün merbete yakın değerler seçilmiştir.

- a) Tek nakilli çelik - alüminyum hatlarda:  
a<sub>1</sub> = 400 TL/Km, sene a<sub>2</sub> = 4,6 TL/KV. Km. sene a<sub>3</sub> = 5,7 TL/mm\* Km. sene. Faiz, amortisman ve bakım masrafları % itibarıyla şöyledir :  
Nakiller için % 8 Direkler »  
% 10 İzolatörler » % 12 Montaj  
» % 6

#### b) Çift nakilli çelik - alüminyum hatlarda :

a<sub>1</sub>' = 600 TL/Km, sene a<sub>2</sub>' = 6,9 TL/KV. Km. sene a<sub>3</sub>' = 8,4 TL/mm<sup>2</sup>. Km. sene Ancak bu değerlere transformatör postası, koruma cihazları gibi tesislerin bedelleri dahil değildir. Bu tesislere ait bedeller bir sabit kısım, bir de gerilime bağlı olarak değişen kısım olmak üzere iki terim halinde nazarı itibare alınabilir.

a<sub>1s</sub> = 450 TL/Km, sene  
a<sub>2s</sub> = 10 TL/KV. Km. sene

Burada hat kesitinin maliyete tesiri çok cüz'î olduğundan ihmal edilmiştir. Bu değerler formüllere a<sub>1</sub> ve a<sub>1</sub>' değerlerine ilâve edilmek sureti ile ithal edilerek daha sıhhatli neticelere vasıl olunur. Bilâhare verilecek olan nümerik misalde bu husus gösterilecektir.

Takat kaybı' ile alâkalı ifadeye ait katsayılar yaklaşık olarak şöyledir:

b<sub>1</sub> = 35,0 TL/KW sene  
b<sub>2</sub> = 0,015 TL/KW . h.

Şimdiye kadar zikredilen değerlerle artık iktisadî akım yoğunluğunun nümerik olarak tâyini imkân dahiline girmektedir.

Kayıp faktörü v = 0,236, p = 1/35 (Çelik - Alüminyum için) alınmak suretiyle, (52), (53) ve (54) bulunur.

Bu değerlerin çelik - alüminyum hatlar için en müsait ve uygun olduğu esasen bilinmektedir.

#### 7 — Muhtelif Gerilimlerde İktisadî Olarak Nakledilebilen Takat Değerleri :

Şimdiye kadar elde edilen formül ve neticelerle istenen bir Jh. akım yoğunluğu ile taşınacak Nh. takati için asgarî işletme ve kayıp masraflarının husule geleceği Uw\* ve qw\* ekonomik değerlerini (48) ve (50) denklemleri yardımı ile tâyin etmek mümkündür. Esasen daha evvel (K/Nh) e ekonomik nakil eğrisi (Şekil: 3), (Şekil: 4) tâyin edilmişti.

Bu durumda Jh. akım yoğunluğu için Jhw. ekonomik değeri seçilerek (12) ve (13) denklemleri ile bulunan Uw, qw değerleri Uw\*. qw\* değerlerine tebdil edilerek (K/Nh)e min. eğrisi de belli iken bir Nh takatının, -azamî değeri arzu edilen haddi aşmayan bir masrafla taşınabileceği alt ve üst gerilim sınırları aranır.

Bu maksatla aşağıdaki mütalâa yürütülür:

Evveldenberi kullanılmakta olan Norm gerilimlerin (15, 30, 60, 110, 220 kV. gibi) hesaplanacak Uw. iktisadî nakil geriliminden az çok farkU olacağı bedihidir.

Bu durumda iktisadî gerilim civarında masraf bakımından kabul edilecek bir tolerans dahilinde kalınmak şartı ile muayyen bir



$$\begin{aligned}
& - \quad N_{h,,,} = 2,4 \text{ MVA}; 21,85 \text{ MVA.} \\
U = 110 \text{ KV.} \quad g_{,,,} &= 1,703; 0,62 \\
& N_{h,,,}' = 9,3 \text{ MVA}; 70,2 \text{ MVA.} \\
= 220 \text{ KV.} \quad g_{,,2} &= 1,63; 0,621 \\
& N_{h,,,} = 40,6 \text{ MVA.}, 272 \text{ MVA.}
\end{aligned}$$

Görülüyor ki, beher gerilime ait sınır lâka-t değerleri diğer gerilime ait sahada kalabilmektedir. Bu durum gerilim seçimi bakımından ayrı bir imkân sağlar. •

$g_{,,2}$  değerinin sınır takat değerlerinde Nakil gerilimi ile  $U_w$  ekonomik gerilim arasındaki nisbete tekabül ettiği aşıkârdır. Meselâ : 220 KV. la 40,6 MVA nakledilmesi halinde  $P = O$  olması için  $U$  gerilimi % 63 azaltılmalıdır. Yani 40,6 MVA tâkata tekabül eden ekonomik nakil gerilimi  $U_w$  % 0,63  $U$  dur.

Daha büyük tâkatların nakledilmesi halinde çift devre yapılması zarureti vardır.

8 — Nümerik Misal •

Tek trifaze çelik - alüminyum hat.

Nakil takati = 15 MVA.

Kayıp faktörü =  $V = 0,236$

Sabiteler Paragraf - 7 de verilenlerin aynı olup trafo v.s. tesislere ait masraflar da nazarı itibare alındığına göre ekonomik nakil gerilimi ile, ekonomik kesitin tâyini istenmektedir.

$J_{hw} = 1 \text{ A /ram}^2$  ve dolayısıyla  $k_1 = 1$  alınacaktır. (12) ve (13) ifadelerinden (71) ve (72) bulunur.

Bahis mevzuu takat yukarıda hesaplanan gerilim ve kesit değerleri ile nakledildiği takdirde Km. başına senelik spesifik masraf: (19) denkleminde (72) yani.  $0,0567 + 0,0798 \times 2 = 0,2163 \text{ TL/KVA. Km.}$  bulunur.

$U = 60 \text{ KV.} \quad q = 120 (122,6) \text{ mm}^2$  gibi norm değerler seçildiği takdirde.  $60 \text{ — } = 0,73$

$$k_1 =$$

$$82,1$$

$$122,6$$

$$1,15 \quad (16) \text{ eşitliğinden:}$$

$$106,3$$

$$1,15$$

$$\text{teta} = 0,73 +$$

$$\frac{2}{2} \quad \frac{2 \times 0,73^2 \times 1,15}{2} = 2,12 \quad (15) \text{ eşitliğinden}$$

spesifik masraf: K

$$\frac{K}{N_{h.L}} = 0,0567 + 0,0798 \times 2,12 = 0,2259$$

$$N_{h.L}$$

TL/KVA.Km.

$U = 60 \text{ KV.}, \quad q = 95 (90) \text{ mm}^2$  seçildiği tak-

dirde :

$$90$$

$$k_1 = \frac{0,846}{106,3}$$

$$106,3$$

$$0,846$$

$$\text{Teta} = 0,73 + \frac{0,846}{2} +$$

$$= 2,263$$

$$2 \quad 2 \times 0,73^2 \times 0,846$$

K

$$N_{h.L} = 0,0567 + 0,0798 \times 2,263 = 0,2377$$

TL/KVA.Km. bulunur.

$U = 110 \text{ KV.}, \quad q = 120 (122,8) \text{ mm}^2$  seçelim :

$$110$$

$$k_1 = \frac{0,846}{82,1} = 1,34$$

$$82,1$$

$$122,6$$

$$1,15$$

$$106,3$$

$$1,15$$

$$\text{Teta} = 1,34 + \frac{1,15}{2} +$$

$$= 2,157$$

$$2 \times 1,34^2 \times 1,15$$

K

$$\frac{K}{N_{h.L}} = 0,0567 + 0,0798 \times 2,157 = 0,2289$$

$$N_{h.L}$$

TL/KVA.Km.

$U = 110 \text{ KV.}, \quad q = 95 (90) \text{ mm}^2$  seçelim :

$$k_1 = 1,34 \quad k_2 = 0,846$$

$$0,846$$

$$1$$

$$\text{Teta} = 1,34 + \frac{0,846}{2} + \frac{1}{2 \times 1,34^2 \times 0,846} = 2,092$$

K

$$= 0,0567 + 0,0798 \times 2,092 = 0,2237$$

$$N_{h.L}$$

TL/KVA.Km.

bulunur. Görülüyor ki, mukayese edilen dört halden sonuncusu ( $U = 110 \text{ kV.} \quad q = 95 \text{ mm}^2$ ) en ekonomik haldir.

Ancak şimdiye kadar yapılan hesaplarda daha evvel (20) denkleminde verilen ve masrafların asgarî olması haline tekabül eden  $k_2 = 1/K$ , oranını nazarı itibare almadık. Bu oran,  $U$  gerilimi ile  $q$  kesitinden biri seçildiği takdirde masrafın asgarî olması halinde diğerinin belli olmasını intaç eder.

Binaenaleyh  $U = 60 \text{ kV.}$  seçildiği takdirde

$\hat{=} = 0,73$  ve buna bağlı olarak:

$$\frac{1}{k_2} = \frac{1}{0,73} = 1,37 \text{ ve}$$

$$q = k_2 \times q_w = 1,37 \times 106,3 = 145,8 \text{ mm}^2 \text{ bulunur.}$$

$$q = 150 (148,8) \text{ mm}^2 \text{ alınması halinde } k_2 =$$

$$148,4/106,3 = 1,4 \text{ bulunur. Buradan}$$

$$\text{Teta} = 0,73 + \frac{1,4}{2 \times 0,73^2 \times 1,4} = 2,101$$

$$= 0,567 + 0,0798 \times 2,101 = 0,2247$$

Nh.L

TL/KVA.Km.

U = 110 kV. için k<sub>2</sub> = 1,34 ve

$$k_2 = \frac{1}{k_1} = \frac{1}{1,34} = 0,746$$

q = 0,746 x 106,3 = 79,4 mm<sup>2</sup> q = 95 (90) mm<sup>2</sup> seçilmesi halinde

K

= 0,2237 TL/KVA.Km. bulunmuş idi.

Nh.L

Görülüyor ki U = 110 KV., q = 95 (90) mm<sup>2</sup>, istenilen takatin nakli için en ekonomik değerlerdir.

Bu halde akım yoğunluğu :

$$j_n = \frac{1}{k_2 \cdot k_1} \cdot j_{hw} = \frac{1}{1,34 \times 0,846} \cdot 1 = 0,882 \text{ A/mm}^2 \text{ bulunur.}$$

Ayrıca iktisadî olarak taşınabilecek azamî takatin bulunmasına ait bir misal verelim :

U = 60 KV., q = 150 (148,8) mm<sup>2</sup> olduğuna göre (34) formülünden (73) yani

$$\frac{60 \text{ V}}{850 + 14,6 \times 60 + 5,7 \times 148,8} = 27 \text{ MVA. bulur.}$$

Bu takat için spesifik masraf = (9) formülünden, (74) olarak = 0,1903 TL/KVA. Km. bulunur.

Bu tâkata tekabül eden akım yoğunluğu (35) formülünden : (75) yani 1,74 A/mm<sup>2</sup> bulunur ki, değer ekonomik akım yoğunluğundan çok yüksektir.

Aynı takatin U<sub>w</sub> = 110 KV., q<sub>w</sub> = 142,7 ile taşınması halinde

$$110$$

\* , =

$$110$$

$$g^2 = \frac{2u(1+p)}{u-p} \frac{1}{a_1} \left[ \frac{1}{u-p} \frac{1}{a_1} \right] + \frac{1}{u-p} \frac{1}{a_1} \left[ \frac{1}{u-p} \frac{1}{a_1} \right] + \frac{1}{u-p} \frac{1}{a_1} \left[ \frac{1}{u-p} \frac{1}{a_1} \right]$$

$$g_{1,2} = \frac{u(1+p)}{u-p} \frac{1}{a_1} + \frac{1}{u-p} \frac{1}{a_1} \left[ \frac{1}{u-p} \frac{1}{a_1} \right] + \frac{1}{u-p} \frac{1}{a_1} \left[ \frac{1}{u-p} \frac{1}{a_1} \right]$$

$$\sqrt{p u \left[ u(2+p) + \frac{a_1}{a_2} \right]} \quad (61) \quad \frac{5,7 + 14,8}{27000} + \frac{27000}{60^2} + \frac{66}{35 \times 148,8}$$

$$N_{h,2} = \frac{u^2}{\sqrt{p a_2 (b_1 + b_2 h_1)}} \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_2} \frac{1}{k_2} = 0,1903 \text{ TL/KVA. Km} \quad (74)$$

$$g_{1,2} = \frac{1,4 u}{u - 0,1903} + \frac{1}{u - 0,1903} \frac{1}{0,746} \frac{1}{\sqrt{(850 + 14,6 \times 60 + 5,7 \times 148,8) 35}}$$

$$\sqrt{0,1903 (2,1 + 0,1903)} = 0,1903 \frac{1}{0,746} \frac{1}{\sqrt{(850 + 14,6 \times 60 + 5,7 \times 148,8) 35}}$$

$$\frac{1,4 u}{u - 0,1903} + \frac{1}{u - 0,1903} \frac{1}{0,746} \frac{1}{\sqrt{(850 + 14,6 \times 60 + 5,7 \times 148,8) 35}} = 2,008$$

$$\frac{1,4 u}{u - 0,1903} + \frac{1}{u - 0,1903} \frac{1}{0,746} \frac{1}{\sqrt{(850 + 14,6 \times 60 + 5,7 \times 148,8) 35}} = 2,008$$

$$M.L. / \dots \quad T \ll r, / \dots \quad y.a.^{LL} \quad (\wedge)$$

$$U_w = \dots \quad q_w = \sqrt{\frac{14,6}{2 \times 5,7} \frac{15000}{35} \frac{1}{5,7}} = 106,3 \text{ mm}^2$$

$$\left( \frac{k}{N_{h,L}} \right)_{\text{mm}^2} = \frac{850}{15000} \sqrt{\frac{14,6}{2 \times 5,7} \frac{1}{35}} = 1,74$$

$$N_{h, \text{opt}} = \frac{142,7 + 66}{35} \frac{1}{\sqrt{(850 + 14,6 \times 60 + 5,7 \times 148,8) 35}}$$

$$A \gg \dots \quad 148,8 \quad k_2 = \frac{148,8}{142,7} = 1,041$$

ve buradan (76) ifadesi, yani 0,1505 TL/KVA. Km. bulunur.

Bu değer bir evvelki hale nazaran daha küçüktür.

Binaenaleyh evvelden verilen gerilim ve kesit değerleri ile hesaplanacak bir azamî nakil takatinin en ekonomik şekilde nakli mümkün olmayabilir. Bu gibi durumlarda istenilen takati matluba muvafık bir şekilde taşıyabilecek U<sub>w</sub> ve q<sub>w</sub> değerlerinin tâyini lâzım gelmektedir. Esasen bu husus -Paragraf 4. te daha etraflı olarak izah edilmiş ve (34) formülü ile bulunan takatin verilen U ve q değerleri ile en iktisadî şekilde nakledilemeyeceği bilhassa belirtilmişti.