

# Yüksek Gerilim Hava Hatlarında Takat ve Enerji Kayıpları Hesaplanması ve Kıymetlendirilmesi

Turgut ÖZAL  
E.I.E. İdaresi Y. Müh.

## MEVZU

Enerji Nakil ve Dağıtım Sistemlerinin Ekonomik Planlanmasında Hava Hatları kayıplarının hesaplanması ve değerlendirilmesi oldukça önemli bir faktördür.

Sistemi plânlıyan, teknik etütlerini tamamladıktan sonra elde ettiği muhtelif halleri ekonomik olarak mukayese ederek en uygununu seçebilir.

Bu mukayeseler muayyen bir zaman süresinde;

- a) Tesis maliyetleri,
- b) İşletme masrafları
- c) Kayıplar

üzerinde yapılarak neticelendirilir.

Bu makalede sadece hava hatları kayıplarının hesap ve değerlendirilmesi izah edilmiştir.

Puant Takat Kayıplarının Hesaplanması :

3 fazlı bir enerji nakil sisteminde

$U$  = Faz arası voltajı (kV)

$N$  = Nakledilen maximum takat (kW)

$\cos\theta$  = Takat faktörü

$R$  s =  $B$ 'r faz nakilinin direnci ohm/Km ise  $N^2.R$

$dN = \frac{N^2 \cdot R}{U^2 \cdot \cos^2\theta} \cdot 10^3$  kW/Km. dir ...d)

$dN$  takat kaybı bu suretle ( $K \cdot N^2$ ) şeklinde ifade edilebilir.

Hava hatlarında senelere göre puant takatlar umumiyetle değiştiğine göre muayyen bir süre içinde kayıpların hesaplanması ve değerler dirilmemi müşkülât arzdecektir. Diğer taraftan kayıpların senelere göre değişken olması mukayesesinin senelik masraflar metoduna göre yapılmasını zorlaştırır. Bu etütle şan *homojen reaktör*. Bu reaktörün buhar devridaimi şekil : 1 dekine benzer. Erimiş yakıtın kimyevî olarak hazırlanması katısmmkinden çok daha basittir ve ayrıca bu, reaktör termik olarak stabüdir ve binnetice diğerlerinden daha emindir. Biricik tehlike boylerdeki korozyon ihtimali ve yakıt mahlülünün yüksek radyoaktifesidir.

E. RUPRECHT

halihazır kıymet (ilk tesise irca) metodu kullanılmıştır.

Bu metodun esas prensipleri aşalıdaki formüllerle izah edilebilir:

(p) mukayesede baz olarak kullanılan faiz yüzdesi, ve itibarî olarak tesislerin kurulduğu bir başlangıç senesi alındığı takdirde:

1 -- Bu başlangıç senesinden (n) sene sonra yapılmış (A) miktarında bir yatırımın, veya masrafın ilk seneye irca edilmiş kıymeti:

$$A_1 = A \cdot k_1 \quad k_1 = \left( \frac{1}{1+p} \right)^n \dots \dots (2)$$

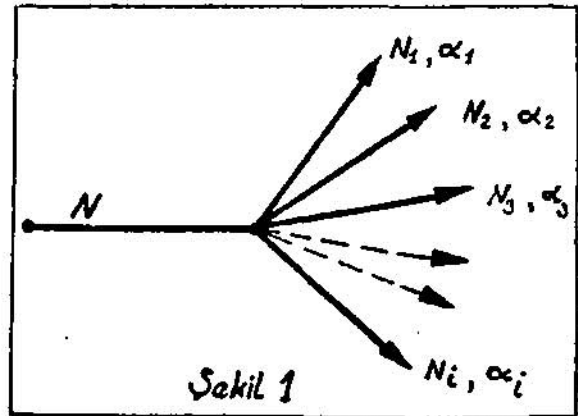
2 -- Başlangıç senesinden itibaren her sene a miktarında yapılan ve (n) sene devam eden yatırım veya masrafların ilk seneye irca edilmiş kıymeti :

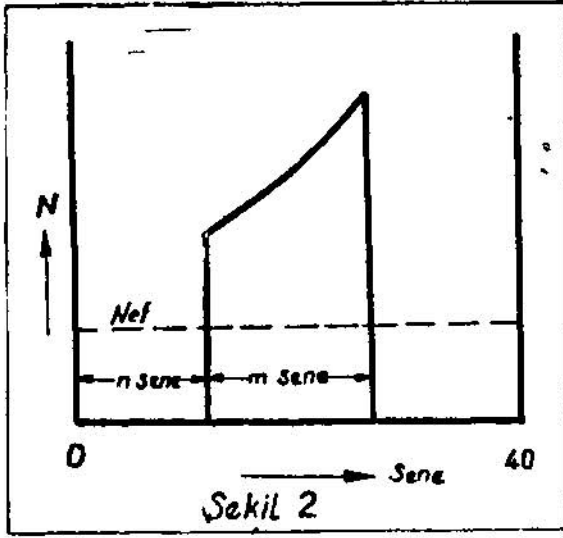
$$B = a \cdot d \quad d = r \frac{(1+p)^n - 1}{P \cdot (1+p)^n} \dots (3)$$

Hattın geçen puant takat hattın ömrü boyunca sabit olduğu takdirde bütün takat kayıplarının, ilk seneye irca edilmiş kıymeti  $dN \cdot d = K \cdot N^2 \cdot d$  olacaktır ... (4)

Hava hatlarında ömür umumiyetle 40 sene kabul edildiğine göre :

% 5 faiz için  $d = 17,159$   
%1 " "  $d = 13,332$  dir;





Hava hatlarından geçen takatlar değişken olduğu takdirde bunlar aynı kıymette kaybı meydana getirecek ve hattın ömrü boyunca sabit olarak devam edecek eşdeğer bir (Nef) takata irca edilebilirler. Bunun genel olarak çıkarılışı aşağıdaki gibidir.

Şekil (1) de gösterilen hattın uç noktasından  $N_1, N_2, \dots, N_i$  gibi takatlar çekilsin bu takatlar senelere göre artar veya azalır. Bunların senelik artış veya azalış yüzdeleri  $a_1, a_2, \dots, a_i$  olsun.

Şekil (2) de gösterildiği gibi takat kayıplarının başlangıçtan (n) sene sonra (m) senelik bir süre için hesaplanması istenirse:

$N_j, N_0, \dots, N_i$  (n sene sonra çekilen takatlar olduğuna göre) bu seneden sonra çekilen takatlar :

$$N_i(t) = N_i(1+a_i)^t \quad n < t < n+m \dots (5)$$

$N_i(t) = N_i(1+a_i)^t$   
n inci seneden itibaren sırası ile n+m inci seneye kadar olan kayıplar başlangıca irca edilir:

Ve

$$\frac{(1+a_x)^n + (1+a_y)^n}{1+P} + \dots$$

$$\left[ \frac{(1+a_x)^{m-i} + (1+a_y)^{m-i}}{1+P} \right] = B_{xy}$$

ve 2 No.lu formülden  $\left( \frac{1}{1+p} \right)^n$  denirse

Nirca =  $K \cdot \frac{1}{1+p} \cdot \text{Toplam} \cdot (N_x \cdot N_y) \cdot B_{xy}$  olur. (6)

$$\frac{(1+a_x)^n (1+a_y)^n}{1+p} = b_{xy} \quad \text{denirse}$$

$$B_{xy} = (1+b_{xy} + \dots + b_{xy}^m) = \frac{1 - b_{xy}^{m+1}}{b_{xy} - 1}$$

dir. (7)

4 No. lu formülden faydalanılarak.

$$N_{ef} = \frac{1}{d(1+p)} \cdot \text{Toplam} \cdot (N_x \cdot N_y) \cdot B_{xy} \dots (8)$$

$B_{xy} = f(b_{xy})$  muhtelif sene fasılları için 3 No.lu şekilde verilmiştir.

Hattın ucundan, tek takat çekilirse 8 No. lu formül  $N_e P = \frac{k^N N_s}{d(1+P)}$ .  $B_{xy}$  olur.  $k_x, P$  faiz yüzdesi ve senelere tebi olarak 1 No.lu tabloda verilmiştir.

TABLO (1)

n	3	5	8	10	15	20	25	30	35
P = % 5	0,8638	0,7835	0,6768	0,6130	0,4810	0,3769	0,2953	0,2314	0,3420
P = ^ 7	0,8163	0,7130	0,5820	0,5083	0,3624	0,2584	0,1842	0,1314	0,0668

**Puant Takat Kayıplarının Pratik Olarak Hesaplanması ;**

Yukarda genel olarak çıkarılmış fcim'ül-lerle (Nef) takati hesaplanabilirce de, pratik olarak Şu şekilde hareket etmek daha uygun olur.

Hattan, geçen puant takatlar senelere göre çizilir. (Çekil 4) elde edilen grarıKte vaziyete göre 5 er veya 10 ar senelik fasıllar alınır.

Her bir kısım için a artış veya azalış yüzdeleri ve sırası ile  $b_{xy}$  ve  $B_{xy}$  tayin ve

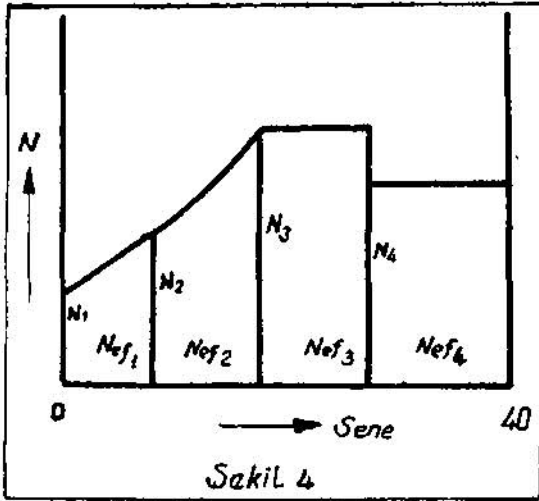
$$N_{ef} = \frac{1}{V} \cdot \frac{k_1 \cdot B_{xy}}{d(1+p)} \dots (9)$$

Formülü ile her parça için (Nef) takat- lan hesap edilir. Toplam ömür için

$$N_{ef} = V \cdot N_{ef_1}^2 + N_{ef_2}^2 + N_{ef_3}^2 + \dots (10)$$

formülü ile elde edilir.

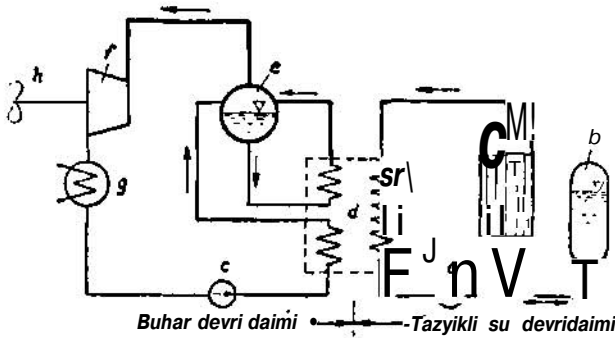
Yukardaki hesapta her bir parça için



(Cos 0) nin değişmediği farzedilmiştir. Cos 0 değiştiği takdirde Nef aktif takatlar yerine efektif zahiri takatlar kullanılır.

#### E7icrji Kayıplarının Hesaplanması

Bundan evvelki kısımda maximum yükte takat kayıplarının ne şekilde hesaplanacağı gösterilmiştir. Bütün bir sene içinde o3n enerji kayıplarının, hesabı ise aşağıdaki gibi yapılır.



**Sekil-S Tazyikli su rtakiörlü buhar santrali**

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| a Reo*ör         | • Buhar toplayla |
| i Tazyik tamponu | f Türbin         |
| C Pompalar       | g Kondansatör    |
| d Boyler         | h Gemi pervanesi |

Şekil 5 de hattan geçen takatların senelik terfplenmig yük grafiği verilmiştir.

Takat kaybı :

$$N^2 \cdot R \quad -3$$

$dN = \frac{N^2 \cdot R}{U^2 \cdot \text{Cos}^2 \theta} \cdot 10 \text{ kW/Km.}$  şeklinde verilip.

dlğ'nc göre

$$| \text{Toplam} | dN \cdot dt = \int_0^{8760} \frac{N^2 \cdot R}{U^2 \cdot \text{Cos}^2 \theta} \cdot 10 \cdot dt = A$$

Cos <t> yi sabit farzederek

$$8760$$

$$A = K_j / N^2 \cdot dt \text{ (kWh)}$$

$$0$$

$$N \cdot dt = dS \text{ dersek}$$

$$A = 2 K_1 \int_0^{N_{\max}} \frac{N}{2} dS = 2 K_1 N_g \cdot S ; S = N_{\max} \cdot T$$

$N_g$  şeklin ağırlık merkezinin eksene mesafesidL\*.

$$A = 2 K_1 N_g \cdot N_{\max} \cdot T, \quad 2 N_g = k \cdot N_{\max} \text{ dersek}$$

$$A = (k \cdot T) (K_{\pm} N_{\max}^2) = T_x \cdot dN_{\max}$$

$$T_1 = \frac{2 N_g}{N_{\max}} \cdot T \quad (11)$$

$T_x$  kayıpların maximum kayba göre çalışma saatidir. Formülden de anlaşılacağı üzere  $T_x$ , T çalışma sati ile tertiplenmiş yük eğrisinin şekline tabidir. Cos\* sabit olmadığı takdirde ona da tabi olacaktır. Fakat  $T_1$  üzerinde en çok tesir eden unsur T çalışma saatidir. Muhtelif yük eğrileri için hesap edilmiş ortalama değerleri 6 No.lu şekilde verilmiştir. Yük eğrisinin şekline tabi olarak bu eğri hakikatte bir bant şeklindedir. Aynı şekil üzerinde noktali olarak İngiltere enterkonnekte

$$\text{sistemi için tecrübi olarak } T_x = 0.2T + 0.8 \cdot \frac{T^2}{8760}$$

formülü ile verilen eğri çizilmiştir.

#### Enerji ve Takat Kayıplarının Değerlendirilmesi.

Enerji sistemlerinde gerek satış gerekse maliyetler takat ve enerji bedeli olmak üzere iki terimli olarak hesaplanmaktadır. Kayıpların değerlendirilmesi de bu şekilde yapılacaktır. Yalnız kayıplar satış bedeli yerine maliyet bedeli üzerinden değerlendirilmelidir. Kayıpların değerlendirilmesinde enerji sisteminin teşekkül tarzı da önemlidir.

#### 1 — İzole Termik Santral Hali :

Bu halde umumiyetle yedek nisbeti büyük olduğundan sadece enerji kayıpları enerji bedeli üzerinden değerlendirilmelidir. Ta-

kat kayıplarının değerlendirilmesi izole sistemin büyük bir Enterkonnekte sisteme bağlanması anına kadar geciktirilir.

### 2 — İzole Hidrolik Santral Hali :

Takat ve enerji kayıpları suyun müsait olduğu zamana kadar değerlendirilmez. Değerlendirilme sistemin Eüterkonnekte bir şebekeye bağlanması anına veya bir termik santralla takviyesi anına kadar geciktirilir.'

### 3 — Büyük Enterkonnekte Sistem Hali :

Bugün büyük şebekeler hem hidrolik hem de termik santralları ihtiva etmektedir. Bu halde kayıplar sistemde mevcut modern bir termik santralin enerji ve akat terimli maliyet bedeli üzerinden değerlendirilmelidir. Bütün bunlardan sonra genel olarak

$a_1$ , Maliyetin sene başına kW bedeli TL/kW  
 $a_2$ , Maliyetin enerji bedeli TL/kWh  
 olduğunu kabul edersek

$$A = \left( \frac{Nef}{1000} \right) \cdot (a_1 + T_1 a_2) \cdot R \cdot a \cdot c \cdot d \dots \quad (12)$$

yazılabilir. Burada :

A = Km. hat başına irca edilmiş kıyıp bedeli TL/Km.

Nef : Efektif takat (kW)

TI : Kayıpların çalışma saati (Saat)

R : Hattın bir fazının direnci ohm/Km.

$a$  : Tablo (2) de verilen Cos  $\langle t \rangle$  e tabi bir faktör

$c$  : Tablo (3) verilen voltaja tabi bir faktör

$d$  : İrca katsayısı (%5 faiz için 17,159)  
 (%7 " " 13,332)

Tablo (4)  
33 kV.

Ke^it No.	Al Kesit mm <sup>2</sup>	Tesis Bedeli TL/Km.	R
2/0	67,43	18.100	0,455
3/0	85,03	18.100	0 360
4/0	107,2	20,800	0.286
266,800	135,2	23,500	0,229

Tablo (2)

Tablo (3)

Cos0	$a$	U	$c$
0,70	1,3	6	43,41
0,80	1	10	15,63
0,85	0,886	15	6,94
0,90	0,79	33	1,44
0,95	0,71	GG	3 59X10 <sup>-1</sup>
1,0	0,64	110	12DX10 <sup>-1</sup>
		154	G 53X10=
		220	3,23X10 <sup>-2</sup>

Yukarıdaki formülde puant takata göre T çalışma saatinin senelere göre değıştiği veya az değışmesi sebebiyle T! hattın ömiä boyunca tek değar olarak alınmıştır. Umumiyetle problemlerin büyük b'x kısmı bu şekildedir. T çalışma saatinin muayyen sene fasıllarında farklı olduğu kabul edildiği t.-kldrde hesap her fasıla için ayrı ayrı yapılmalıdır.

$a_1$  ve  $a_2$  değeri için bir fikir vermek üzere bunları Kuzsy Batı Anadolu sistemi için

$$a_1 = 80 r - 100 \text{ TL/kW/sene}$$

$$a_2 = 0,017 - 0,02 \text{ TL/kWh}$$

almabileceđini söyleyebiliriz.

Bununla beraber bu rakamlar üzerinde Etibank'ın dađa iyi malümat vereceđi tabiidir.

#### Misâl :

A şehrine 40 Km. mesafeden enerji nakledilecektir. Yapılan etütlerde hattın semlere göre çekeceği takatlar (Şekil 7 ) de görüldüğü gibi tahmin edilmiştir. Enerjinin ilk yaklaşıklıkla 33 veya 66 kV.luk tek devreli Al-St iletkenli bir hava hattı ile nakledileceği kabul edilebilir.

Muhtelif kesitlerde 33 ve 66 kV'luk Al-St hava hatlarının tesis bedelleri Tablo 4 ve Tablo 5 de verilmiştir.

Tablo (5)  
66 kV.

Kesit No.	Al Kesit mm <sup>2</sup>	Tesis Bedeli TL/Km.	R
1/0	53,48	20.400	0 573
2/0	67,43	21.000	0,455
3/0	85,03	21,900	0,300
4/0	107,2	23,600	0,286

Kayıplar  $a_1 = 90$  TL/kW ve  $\alpha = 0.018$  TL/kWh fiyatlarına göre değerlendirilecektir.

Çalışma saati  $T = 4000$  saat

Faiz yüzdesi  $P = \% 7$

Takat faktörü  $Coa^* = 0,8$

kabul edilmiştir.

Beşer senelik ara ile senelik artışlar :

1960 — 1965  $n = 5$   $(1 + \alpha) = 1,120$

1965 — 1970  $n = 5$   $(1 + \alpha) = 1,067$

1970 — 1975  $n = 5$   $(1 + \alpha) = 1,000$

1975 — 2000  $n = 25$   $(1 + \alpha) = 1,000$

$b_{xy} = 1,173$   $B_{xy} = 6,60$

$b_{xy} = 1,065$   $B_{xy} = 5,35$

$b_{xy} = 0,935$   $B_{xy} = 4,10$

$b_{xy} = 0,935$   $B_{xy} = 11,60$

$K_x$  değerleri Tablo 1 den alınarak her bir parça için :

$$Nef_1 = N^2 \frac{k_1 \cdot B_{xy}}{d(1+p)} = (1600)^2 \cdot \frac{1,7,10}{13,332 \times 1,07} = 1,27.108$$

$$Nef_2 = (2600)^2 \cdot \frac{0,713 \cdot 5,70}{13,332 \times 1,07} = 1,94.106$$

$$Nef_3 = (3600)^2 \cdot \frac{0,6139 \cdot 4,4}{13,332 \times 1,07} = 2,50.106$$

$$Nef_4 = (2500)^2 \cdot \frac{0,4810 \cdot 12,4}{13,332 \times 1,07} = 2,61.106$$

vo buradan

$Nef = 2885$  kW.

Km. başında kayıplar

Nef 2

$$A = \left( \frac{2885}{1000} \right) \cdot (a_1 + T, a_2) \cdot R.a.c.d.$$

formülden bulunur.

$T_x$  6 No.lu şekilden 2450 saat

$$A_{3,3} = \left( \frac{2885}{1000} \right) \cdot (90 + 2450 \times 0,018)$$

XR. IX 1,44X13,332 TL/Km.

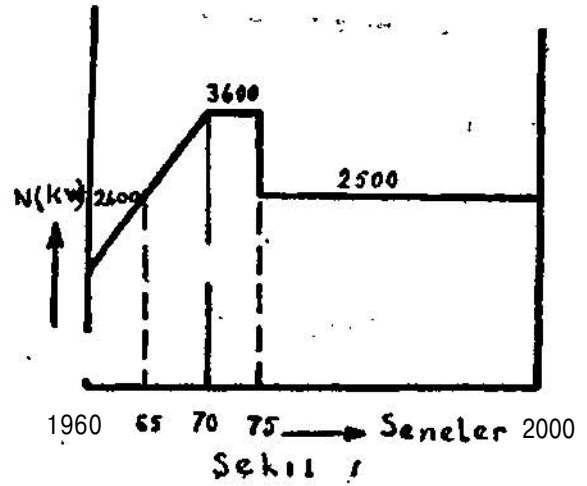
$$A_{o,a} = \left( \frac{2885}{1000} \right) \cdot (90 + 2450 \times 0,018)$$

.R.1X3,59X10-1X13,332

$A_{ij} = 21,420$  R TL/Km.

$A_{IG} = 5340$  R TL/Km.

Tablo (6) da 33 ve 66 kV. muhtelif kesitlerin mukayeseli fiyatları görülmektedir.



Tablo (6)

66 kV.			33 kV.		
Kesit	Kayıp	Kayıpla Beraber	Kesit	Kayıp	Kayıpla Beraber
mm <sup>2</sup>	TL/Km.	Maliyet TL/Km.	mm <sup>2</sup>	TL/Km.	Maliyet TL/Km.
67,43	9746	27846	53,48	3060	43460
85,03	7711	26811	67,43	2430	23430
107,20	6126	26926	85,03	1922	23822
135,20	4905	28405	107,20	1527	25127

Tablo 6 dan anlaşılacağı üzere 33 kV. da en uygun kesit 85.03 ile 107,20 mm<sup>2</sup> arasındadır. 66 kV. ke 53,48 ile 67,43 mm<sup>2</sup> arasındadır. 40 Km. hat için 66 kV. lebine hava hatla-

rında kayıplarla beraber takriben 140.000 TL. fark mevcuttur. Bu fark postaların mukayesesinde nazarı itibara alınmalıdır.

