

Yüksek Gerilimle Enerji Naklinde Ekonomik Gerilim ve Kesit Tayini

Yazan:

Hüsamettin ATEŞ

Elek. Y. Müh.

DSt

ÖZET

Gelişme safhasında bulunan yurdumuzda elektrik enerfi tüketiminin hızlı bir tempo ile arttığı bilinen bir gerçektir. Buna bağlı olarak inşa edilmekte olan Bölge Santral- larında üretilen enerjinin tüketim bölgelerine nakli de bilhassa yatırım ve iletme masıfları n yönünden büyük bir önem kazanmaktadır. Bu husus milli ekonomimizin ve kalkınma hızının henüz istikrarlı bir seviyeye ulaşma çabası içinde bulunduğu yurdumuzda, Enerji Sektörüne yapılan yatırımların en faideli bir yola yöneltilmesinde elektrik mühendisli- ği topluluğunun rolü büyüktür. Çeşitli ku- ruluşlar tarafından kanalize edilmekte olan Enerji Sektörü yatırımlarının yurdumuz ger- çeklerine uygun kriterlere göre kanalize edil- mesi ve bu konuda faaliyet gösteren çeşitli kuruluşlar arasında asgari bir koordinasyon sağlanması kaçınılmaz bir gerçektir.

Enerji tesislerinde kullanılan malzemenin standardizasyonu, nakil gerilimlerinin ve se- çilecek üetgen kesitlerinin normlaştırılması halen üzerinde çalışmakta olan konular ara- sında olup yakın bir gelecekte yurt imkanla- rına ve gerçeklerine uygun ölçü ve esasların teais edileceğinden emin bulunmaktayız.

Biz bu j/azımızda 15 KV. ve daha yukarı gerilimli enerji iletim hatlarında belli bir gü- öün istenilen bir -uzaklığa nakli için seçile- cek gerilim ve kesitin yalnızca tesis ve işlet- me masrafları bakımından eleştirmesini ya- pacağız - Bu suretle bulunacak değerlerin di- ğer elektrik ve mekanik üzdükleri yönünden de incelenmesi ve nihai kararın ona göre ve- rilmesi tabiatı ile en normal yoldur. Ayrıca bu incelemede akımın hat boyunca homojen dağıldığı kabul edilecek, dolayısı ile işletme kapasitesi korona kayıpları ve yan kaçaklar nazarı dikatta alınmayacaktır.

Bu suretle yapılacak inceleme çok "yüksek gerilimler için kıfayetli olmamakla beraber 220 KV.a kadar olan enerji nakil gerilmeleri için oldukça yeterli sonuçlar vermektedir.

Summary :

it is a reality that the Consumption and demand of the electrical energy ali lover our newly developing country is increasing every follaunng year. And parallel to this fact, natu- rally, the initial cost and economy on the power Lines, their operation jand upkeep, too, is becoming one of the main problems. As our national economy together uHth the zeal and speed of development in every. branch of in- dustrialization needs endeavouring to explore a stable and more advantageous ways, the duty of the whole groupe of electrical en- gineers, too in their own line, is highly impor- tant, therefore, the cooperation and coordina- tion between this groupe of engineers wor- klng for different establishments connected to the Electrical <Energy Sector of) this co- untry is also highly important and unavo- idable.

The standardization of ali the electrical material and devlces used "in ali installation norming of the cross - section of power lines and their efficient voltage, are the main sub- jects under Swere study today and we hope and believe that ün a 'very near future, at least the most urgently needed rules and for- mulas, at last, wül be fixed, rregulated and stat application throughout the country.

The subect of this article is a study. on power lines of 15 KV. and över, in vieio of Us total cost and operationalafacilities, ı the minimum cross - section and \specific voltage for a certain energy to be transmitted to a certain distance. tn a 'aiormat' way, the Ve- sult of this study icill naturally dedde auto- matically the specification of other electrical or mechanical 'devices to be used on the sa- me installation. But in this study it %üül be accepted that the electrical current floitoing thru the wire Hs homogeneous, therefore, corona losses, operational capady and the other leakeages tvll be disregarded.

Because of these assumptions our studies will only be applicable up to 220 İKV. power transmission Hnes, bu* rwiü not be able to give <exact and rrellable result över it.

1 — Bir Enerji Nakil Hattında, **toplam masraflar** :

Bir enerji nakil hattında senelik masraflar iki ana gruba ayrılır :

- a : Tesis ve İşletme masrafları
b : Enerji kaybına tekabül eden masraflar.

Bu iki grup masrafa KVA iletim gücü başına İrca edilmiş senelik masraf olarak şöyle ifade edebiliriz.

$$(1) Me = \text{£} (a_1 + a_2 + a_3 + \frac{N_2}{U^2} \cdot 9$$

$$\cdot \frac{1}{q} \cdot (b_j + b_2 h)$$

Bu formülde;

Me = KVA başına senelik **toplam masrafları**,

N = İletilen en büyük gücü,

D != İletim hattı uzunluğunu,

U = Nakil Gerilimini

a₁ = Sabit tesis masraflarını

a₂ = Gerilimin büyüklüğüne bağlı olarak değişen masrafları

a₃ = Kesitin büyüklüğüne bağlı olarak değişen masrafları

q = İletken kesitini

p = özgül direnci

b_x = Güç kaybına bağlı olarak değişen masrafları,

b₂ = KVAh enerji maliyetini

h = Enerji iletim hattının senelik çalışma süresini göstermektedir.

Burada bütün masraf büyüklüklerinin bir yılla İrca edilmiş olduğunun ve (h) senelik çalışma süresinin;

$$h = \frac{\text{Senelik enerji kaybı}}{\text{En büyük akımın karesi}}$$

şeklinde tarif edildiğinin göz önünde tutulması gerekir.

n — Ekonomik Gerilim ve Ekonomik Kesitin tayini j ;

Yukarda tesis edilen (1) No.lu denklemin (U) ve (q) değişkenlerine göre kısmî türevleri alınmak sureti ile (yani bir defasında (q) sabit (U) değişken, ikinci defa (U) sabit (q) değişken kabul edilerek) ekstremum değerler olarak,

$$(2) U_e = \left[\frac{2}{a_2} \cdot N (a_3 \cdot B)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$(3) q_e = \left[\frac{2}{2^{\wedge}} \cdot N \left(\frac{p}{a_3} \cdot B \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{2}}$$

bulunur.

Burada ifadeleri sadeleştirmek bakımından

$$B = b_j + h g \text{ h konulmuştur.}$$

U_o = Şimdiye kadar yapılan kabullere göre ekonomik gerilimi,

q_o = Ekonomik kesiti göstermektedir.

Derhal tahmin edileceği gibi (2) ve (3) No.lu formüller yardımı ile bulunacak gerilim ve kesit değerleri norm olmayacaktır. Bu değerleri norm kıymetlere irca etmek üzere (K₁) ve (K₂) gibi iki kat sayı dikkate alınarak

$$U = K_2 U_e, \quad K_2 \approx 1$$

$$(H). \quad q = K_2 \cdot q_e, \quad K_2 \approx 1 \text{ yazılabilir.}$$

(U_e) ve (q_e) gerilim ve kesitin norm değerlerini gösterir.

Bu defa (2) ve (3) No.lu formüllerdeki (İM ve (q_o) ifadeleri (4) formülüne göre norm değerlere irca edilerek (1) formülünde yerine konulduğunda KVA basma senelik toplam masraf formülü;

$$(5) M = L \int \frac{a_1}{N} + \left[\frac{2a_2}{N} (a_3 B)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{2}} \left\{ \frac{k_2}{2} + \frac{1}{21S} \right\}$$

Şekline girer-Son terimi (©) harfi ile gösterelim.

(5) No.lu formüle giren

$$O = (k_1 H \frac{N^2}{2} - 1 \cdot \frac{1}{2k_2 k_3}) \text{ ifadesini mi-}$$

nimum yapan k_j ve k₃ değerleri araştırıldığında k₃ = 1,

$$k_2 = 1, \text{ bulunur.}$$

Bu (2) ve (3) formülleri U_e bulunan (U_B) ve (q[^]) değerlerinin norm değerler olması haline tekabül eder. Böylece (KVA) başına senelik toplam masraf ifadesi;

$$(6) Me = L \left\{ \frac{a_1}{N} + \left[\frac{2a_2}{N} (a_3 B)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

Şekline girer ve en az masrafla enerji nakli imkânı elde edilmiş olur. Ancak önceden tesbit edilen büyüklüklere göre bulunacak (U_o) ve (q_o) değerleri hiç bir zaman norm olmayacağı

cihitle gerilime alt (k_1) faktörü ile kesite alt (k_2) faktörünün senelik masraflara ayrı ayrı ne şekilde tesir ettiği incelenebilir.

Hesaplanan ekonomik kesitin norm değerde, ekonomik geriliminin norm değerden (k_1) oranında farklı olması halinde senelik masraf ifadesindeki son ifade,

$$\left(k_1 + \frac{1}{k_1}\right),$$

gerilimin norm değerde, kesitin norm değerden (k_2) kadar saptaması halinde ise;

$$\left(\frac{k^2}{2} - 1 - \frac{3}{2k_2 V^3}\right) \text{ gellne girer.}$$

Buradan görülmüştür ki gerilimin norm değerden farklı olması hali senelik masrafı daha çok etkilemektedir.

Ayrıca k_1 ve k_2 kat sayıları arasında $K?$
 $= \frac{1}{k}$ ve $k_1 = \frac{1}{k_2^{1/3}}$ bağlantıları vardır.

III — Ekonomik Akım yoğunluğu

Tarif gereğince akım. yoğunluğu

$$i = \frac{I}{q} = \frac{N}{3.U.} \text{ şeklinde yazılır.}$$

(U) ve (q) yerine ekonomik değer ifadeleri konulduğunda

$$i_0 = \frac{N}{k_1 \sqrt[3]{3 U_0 e}} \cdot \frac{1}{k_2 q_0} \text{ veya,}$$

$$(7) i_a = k_j \frac{1}{k_1} \left(\frac{a_3}{3_p B}\right)^{1/2} \text{ ifadesi}$$

bulunur.

$k_1 = k_2 = 1$ halinde

$$i_0 = \left(\frac{a_3}{3_p B}\right)^{1/2} V_0 \text{ olur}$$

Şu halde hesaplanan her hangi bir akım yoğunluğu ile ekonomik akım yoğunluğu arasında

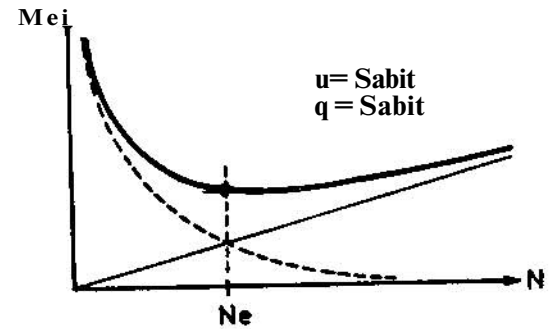
$$i = \frac{1}{k_1 \cdot k_2} i_0 = k_3 i_0 \text{ bağlantısı vardır.}$$

IV — Senelik Toplum özgül Masraf ile Ekonomik olarak Taşınabilir Güç arasındaki Bağını

Senelik toplam masrafları gösteren (1) No.lu temel formül (Me) (U) (q) ve (N) terimlerini ihtiva etmektedir. Bu formül yardımı ile ve (U) ve (q) sabit kalmak kaydı ile $Me = f(N)$ grafiği çizilebilir.

Filhakika (1) No.lu denklemin birinci terimi (N) ile ters, ikinci terimi doğru orantılıdır.

Bu suretle Şekil (1) de görülen $M_e = f(N)$ eğrisi çizilir. Görülmüştür ki esas eğri bir minimumdan geçmektedir. Yani minimum senelik masrafı tekabül eden bir (N_0) gücü vardır.



Şekil: 1

Şekilde işaret edilen (N_0) değeri $M_e = f(N)$ ifadesinin ekstremumu araştırılmak sureti ile hesaplandığında

$$(8) N_0 = U \left[\frac{(a_1 + a_2 U + a_3 q) q}{B} \right]^{1/2}$$

olarak bulunur. Böylece önceden bilinen (U) iletim gerilimi ise (q) iletim kesitine bağlı olarak en ekonomik olarak iletilebilecek gücün hesabı imkân dahilinde girmiş olmaktadır. Formülde görüldüğü üzere ekonomik güç gerilim ve kesitle aynı yönde artmaktadır.

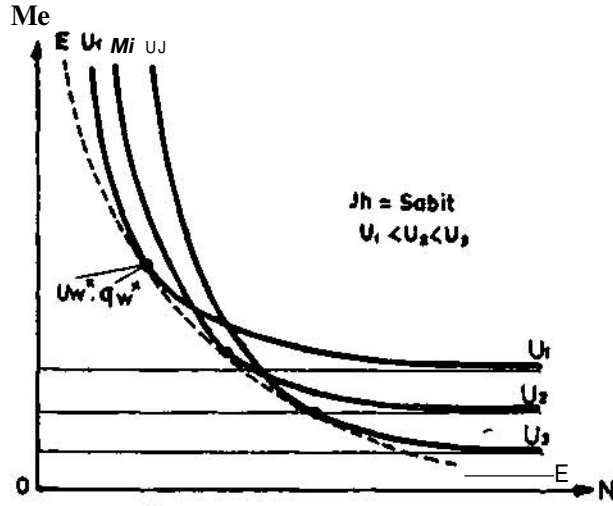
Buradan şu sonuca varmakta bir sakınca yoktur. Eğer (U) ve (q) değerleri (U_0) ve (q_0) olarak seçilirse senelik masrafı minimum değerde tutmak kabil olacaktır. Yani $M_0 = f(N)$ eğrisi bir minimumdan geçmektedir.

Bu defa yine (1) denklemini göz önüne alarak $q = \text{Sabit}$, $U = \text{değişken parametre}$ olmak üzere $f(M_e, N, U) = 0$ eğri ailesini (Me) ve (N) eksenleri üzerine çizdiğimizde Şekil: 2 de görülen eğri ailesi elde edilir.

Şekil (2) den açıkça görüleceği üzere gerilim ve iletilecek güç büyüdükçe senelik Spesifik masraf azalmaktadır. Bahis konusu eğri ailesinin (U) parametresi yok edilerek zarf eğrisi çizilebilir.

Her gerilimin zarf eğrisine teğet olduğu nokta o gerilimle iletilebilecek en ekonomik (N_0)

gücüne tekabül eder. Bu şarta uygun olarak hesaplanacak (U), (q) ve (Me) ifadeleri evvelce bulunan 2,3 ve 6 No. lu ekonomik gerilim, ekonomik kesit ve minimum senelik masraf ifadelerinin aynı ilacaktır.



Şekil 2

Yine Şekli (2) yardımı ile gu neticeye varılabilir. (U) değişken parametresine bağlı olarak çizilen eğri ailesinin zarf eğrisi (Me, N) düzlemini ikiye ayırmaktadır. Zarf eğrisinin altında kalan bölgede enerji naklinin mümkün olmadığı, eğrinin üstünde minimum masraf ile çalışılacağı, üzerindeki bölgede seçilecek değerlerle enerji nakli halinde senelik masrafların yüksek olacağı anlaşılmaktadır.

Buraya kadar yürütülen mülâhaza ve tesis edilen formüllerde hat uzunluğu nazarı itibara alınmamıştır.

Bu itibarla bu suretle bulunacak gerilim ve kesit değerlerinin gerilimi düğümü, güç kaybı ve stabilite bakımından ayrıca kontrol edilmesi gerekmektedir. Bununla beraber ekonomik senelik masraf hesabında hat uzunluğunun ve hat kayıplarının ne şekilde etkili olduğu bilâhare gösterilecektir.

V — Çift Hatla Enerji Nakil Hali :

Şimdiye kadar yapılan kabullerde ve tesis edilen formüller de tek trifaze hatla enerji iletildiği nazarı itibara alınmıştır.

Enerjinin çift hat ile iletilmesi nazarı itibara alındığında aşağıdaki esasların gözönünde tutulması gerekir.

Bir iletgenin kesiti (q) ile gösterildiği takdirde;

N = Her iki hattın taşıyacağı toplam güç,

ρ = özgül dirence değeri (1/2) faktörü ile dikkata alınır.

Diğer taraftan a^* , a_2 , a_3 sabitlerinin tek hatlı iletimdeki değerleri yerine Çift hatlı devreye ait sabitler göz önünde tutulur. Bu suretle bulunacak (q) değeri bir hatta ait kesiti (U) değeri de hattın gerilimini gösterecektir.

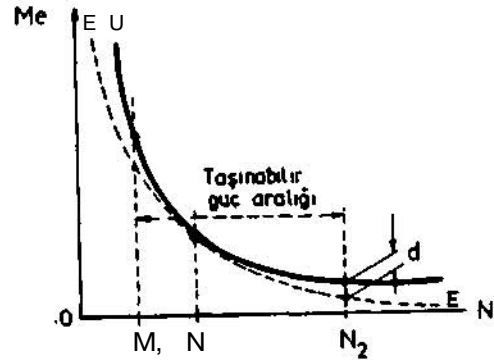
VI — Çeşitli Gerilimlerle Ekonomik olarak İletilebilecek Güçlerin alt ve üst Smurlan :

Şekil (2) de görüldüğü üzere her gerilim eğrisi zarf ergisine bir noktada teğet olmaktadır.

Bu noktaya tekabül eden (N) günü minimum senelik masraf ile taşınmaktadır. Şekil (3) ten görüleceği üzere (N) gücü (N_1) ve (N_2) değerleri arasında değiştiği takdirde senelik masraf (U) nakil gerilimi ile (E) zarf eğrisi arasındaki düşey farklar kadar değişir. Bu farkların mutlak değerini (d) yüzde değerini (P) İle gösterelim.

Seçilen (U) nakil gerilimi ile (N) teğet noktasındaki (Ue) ekonomik gerilim arasında (9)

$U = g \cdot U_0$ bağlantısı var sayıldığı takdirde aşağıdaki formüllerin tesis edilmesi mümkündür.



Şekil 3

a) Senelik İşletme masrafının değişme faktörü (P) için;

$$(10) P = \frac{U(g-1)^2}{a_2 \cdot g + 2u} \cdot \frac{1}{S}$$

b) (U) hat gerilimi ile (U_0) ekonomik gerilim arasındaki (g) faktörü için;

$$d) g_{1,2} = \frac{U(1+P)}{U - \frac{a_1}{a_2} - U - \frac{a_1}{a_2}}$$

$$\left[P \cdot U^* (P+2) + P^2 \frac{a_1}{a_2} \right]^{1/2}$$

formülü ile tesis edilebilir.

(k₃) seçilen akım yoğunluğu ile ekonomik akım yoğunluğu arasında ki faktör olup i = i_e olduğu takdirde k₃' = 1 ve (12) No. lu ifadenin son terimi 1/2) olur.

VIII — Sayısal Örnekler :

Buraya kadar yapılan kabuller ile tesis edilen formüllerin pratik bir faydası olup olmadığını anlamak bakımından birkaç sayısal tatbikat yapmakta falde görülmektedir.

Filhakika bu tatbikatın yurdumuzdan alınacak örneklerle yapılması düşünülmüşse de a[^], a[^], a₃, b₁, b₂ harfleri ile ifade edilen büyüklüklerin tesbiti için daha bir süre çalışma yapmaya ihtiyaç olduğu aşikârdır. Bu itibarla sayısal örnekleri literatürden aynen alınacaktır.

a) St- AL Üretgenli Tek Hat Hali :

Mahiyetleri daha önce açıklanmış olan kat-sayılar için aşağıdaki değerler tesbit edilmiştir.

$$a_x = 400,00 \text{ TL/Km.yıl}$$

$$a^{\wedge} = 4,60 \text{ TL/kV. Km.yıl}$$

$$a_3 = 5,70 \text{ TL/mm}^2 \cdot \text{km.yü}$$

b) St-Al. İletgenli Çift Hat HaU :

$$V = 600,00 \text{ TL/Km.yıl}$$

$$a_{2,1} = 6,90 \text{ TL/KV. Km.yıl}$$

$$a_{3,1} = 8,4 \text{ TL/mm}^2 \text{ Km. yıl}$$

c) Transformatör istasyonları:

Eneji Nakil Hattına alt senelik masraflar meyanında Transformatör istasyonlarına ait tesis masraflarının da dikkate alınması gerekir. Güç transformatörleri, koruma ve ölçme cihazları için sabit ve gerilime bağlı masraflar birleştirilerek kilometrik hat masrafına indirgenmek sureti ile;

$$a_{,,} = 450,00 \text{ TL/Km. yıl}$$

$$a_{21} = 10,00 \text{ TL/kV. Km. yıl}$$

olarak nazarı itibara alınacaktır. Burada kesitle ilgili terim, ihmal edilmiştir.

Bu değerler (a_{.,}) (a₂) değerlerine ilâve edilmek sureti ile dikkate alınacaktır.

d) Diğer Büyüklükler

$$b_1 = 35,00 \text{ TL/kW. yıl}$$

$$b_2 = 0,015 \text{ TL/kWh.}$$

$$p = 1/35$$

$$h = V \cdot T = 0,236 \cdot 8760 = 2070 \text{ saat}$$

(V) Hatun maksimum kayıp ile senelik çalışma süresi faktörü olup V = 0,236 olarak kabul edilmiştir.

$$B = b_x + b_2 \cdot h = 66 \text{ TL/kW. yıl}$$

$$P = \% 10$$

Bu verilere göre, ekonomik akım yoğunluğu, (g 1,2) faktörünü ve buna bağlı olarak muhtelif norm gerilimlerle ve P = % 10 tolerans ile taşınabilecek (N₁), (N₂) güçlerini; 15 MVA. lık bir gücün nakli için seçilmesi gerekli ekonomik gerilim ve kesit ile minimum senelik masrafı hesaplayalım.

1) Ekonomik Akım Yoğunluğunun Hesabı :
Ekonomik akım yoğunluğunun hesabı için (7) No.lu formül tesis edilmiş idi.

$$i_e = \frac{1}{k_1 k_2} \left[\frac{a^3}{3_p \cdot B} \right]^{1/2}$$

Seçilen gerilim ve kesit U = U[^], q = q[^] olduğu takdirde K₁ = k₂ = 1 olur. St - Al. tek hat haline ait değerler yerine konulduğunda;

$$i_e = 1 \text{ A/mm}^2 \text{ bulunur.}$$

Literatürde de belirtildiği üzere (1 A/mm²) st-Al. hat için en uygun ve ekonomik değerdir.

2) Minimum Senelik Masrafların P = % 10 fazla olması kabul edildiği takdirde muhtelif norm gerilimlerle taşınabilecek (N₁) ve (N₂) güçlerinin hesabı.

St-Al. iletgenli tek devreli hat için verileri şöylece sıralayalım.

$$a_j = 400 + 450 = 850 \text{ TL/Km. yıl}$$

$$a_j = 4,60 + 10 = 14,60 \text{ TL/kV. Km. yıl}$$

$$a_{3,1} = 5,70 \text{ TL/mm}^2 \cdot \text{Km. yıl}$$

$$b_j = 35 \text{ TL/kW. yıl}$$

$$b_2 = 0,015 \text{ TL/kWh.}$$

$$g = 1/35$$

$$B = 66 \text{ TL/kW. yıl}$$

(g 1,2) faktörlü için (11), (N₁), (N₂) değerleri için (12) No. lu formüllerde verilir yerine konulduğunda

$$g_{1,2} = \frac{1,1 U}{U - 5,82} \frac{1}{U - 5,82}$$

$$\left[(0,1 U (2,1 U + 58,2)) \right]^{1/2}$$

$$N_{j,2} = 2,23 \frac{U^2}{2g_{1,2}} \text{ ifadeleri bulunur.}$$

(U) parametresine norm gerilim değerleri ve rilmek sureti ile önce (g₁), (g₂) ve bilâhare (N_j) (N²) değerleri hesaplandığında aşağıdaki netice- lere varılır :

- a) $U = 15$ kV $g_1 = 3,06$, $g_2 = 0,534$
 $N_j = 53,6$ KVA, $N_8 = 1,76$ MVA
- b) $U = 30$ kV $g_1 = 2,155$, $g_2 = 0,576$
 $N_a = 0,432$ MVA, $N_2 = 6,05$ MVA
- c) $U = 60$ kV $S_1 = 1,83$, $g_3 = 0,606$
 $N_x = 2,4$ MVA, $N_a = 21,85$ MVA
- d) $U = 110$ kV $g_1 = 1,703$, $g_2 = 0,62$
 $N_a = 3$ MVA, $N_2 = 70,2$ MVA
- e) $U = 220$ kV $g_x = 1,63$, $g_3 = 0,621$
 $N_a = 40,6$ MVA, $N_2 = 272$ MVA

Elde edilen (g_j), (g_2) değerleri (N_j ve (N_2) güçlerinin naklinde (N_j e tekabül eden (U_a), (N_2) ye tekabül eden ($U^$) ekonomik gerilimlerinden ne kadar İnhiraf edildiğini göstermektedir. Muh-telif (U) norm gerilimleri için bulunan (N_x), (N_2) sınırlar değerleri diğer yollarla tesbit edilen değerlere aykırı düşmemektedir.

Bu itibarla takip edilen yolun enerji nakli pro-jelerinde gerilim ve kesit tayini yapılırken göz önünde tutulmasının faydeli olacağını söyleyebil-riiz.

Burada akım yoğunluğu

$i = 1$ A/mm² kabul edilmigtir.

önemli olan diğer bir husus bir (U) gerilimi için bulunan (N_a) üst sınır değeri mü-teakip (U) gerilimine ait (N_j) alt sınır değeri-ni aşmaktadır. Bunun bir (U) gerilimi için inşa edilen hattın gücün az olması halinde bir aşağı norm gerilimde de ekonomik olarak işletilebile-ceğini göstermesi bakımından önemi büyüktür.

Gerçekten, meselâ 60 kV. için İnşa edilen bir hattın nakledilecek gücün muayyen değerleri için bir süre 30 kV. ile çalıştırılması ekonomik ola-bilmektedir. Bu hususun yurdumuzun hızla geli-şen İhtiyaçları muvacehesinde önemle göz önün-de tutulması uygun olur kanaatındayız.

- 3) 15 MVA. İlk bir gücün St-AL iletgenli Tek devreli bir hatla nakli halinde Ekonomik Gerilim ye kesit ile senelik minimum mas-rafın hesabı

Tesisi düşünüleñ hat St - Al. iletgenli ve tek devre olacaktır. Veriler bundan evvelki (2) no.lu paragrafların aynıdır. Ekonomik Akım yo-ğunluğu $i_c = 1$ A/mm² dir. Dolayısı ile $k_1 = 1$ alınacaktır. Böyle bir problemin ortaya konulma-sı halinde seçilmesi mümkün olan gerilimlerin 60 veya 110 kV. olması düşünülebilir. Ancak ya-pacağımız irdilemede daha açık ve belirli mu-kayese yapmak imkânını bulacağız (2). No.lu ekonomik gerilim, (3) No.lu ekonomik kesit tay-ini formülünde problemin verileri yerlerine ko-nulduğunda;

$$U_o = 82,1 \text{ kV}$$

$$q_c = 106,3 \text{ mm}^2 \text{ bulunur.}$$

(6) No.lu formülde veriler yerlerine konul-duğunda; Senelik minimum masrafı;

$$M_o = 0,2163 \text{ TL/KVA. km bulunur.}$$

Bu defa (U_c) ve (q_j) değerlerini norm değer-lere indirgeyerek

- a) $U = 60$ kV. $q = 120$ (122,6) mm² seçi-lim.

Buna göre (k_j), (k_j) katsayıları,

$$k_1 = \frac{60}{82,1} = 0,73$$

$$k_2 = \frac{122,6}{106,3} = 1,15 \text{ olur.}$$

(5) No.lu formüldeki son terim yani

$$@ = k_a + \frac{k_2}{2} \cdot h \cdot \frac{1}{2k_1 k_2} \text{ ifadesi}$$

$Q = 2,12$ bulunur.

Bu değer (5) No.lu formülde yerine konuldu-ğunda

$$M_c = 0,2259 \text{ TL/KVA. Km.}$$

bulunul.

- b) $U = 60$ KV, $q = 95$ (90) mm² seçelim- Buna göre,

$k_x = 0,73$, $k_a = 0,846$, $\theta = 2,263$ ve senelik masraf;

$$M. = 0,2377 \text{ TL/KVA. b Km. olur.}$$

- c) $U = 110$ kV. $q_1 = 120$ (122,6) mm² seçim Buna göre $k_j = 1,34$, $k_c = 1,15$, $\theta = 2,157$ ve senelik masraf,

$$M_c = 0,2289 \text{ TL/KVA. km. bulunur.}$$

- d) $U = 110$ kV. $q = 95$ (90) mm² seçelim Buna göre $k_x = 1,34$,

$$k_2 = 0,846$$
, $\theta = 2,092$ ve senelik masraf;

$$M = 0,2237 \text{ TL/KVA km.}$$

bulunur. Görüldüğü gibi senelik minimum mas-rafa en yakın değer (d) şıkkında bulunmuştur. Şu halde 15 MVA, İlk güç $U F = 110$ kV, $q = 95$ mm² İlk St - Al. tek devreli bir hat İle en ekono-mik bir tarzda nakledilebilecektir.

Burada bir hususun daha irdelenmesi faldeli olacaktır. Bazı ahvalde, meselâ enterkonnekte sisteme bağlanacak tesislerde nakil gerilimi önceden verilmiş, olabilir. Bu durumda gerilime bağlı olarak ekonomik kesitin tayini gerekir.

a) Bahis konusu gücün nakli ile ilgili gerilim $U = 60$ KV. olarak verilmiş olsun. Bu durumda $k_1 = \frac{60}{82,1} = 0,73$ olarak bilinmektedir. Evvelce bilinen $k_2 = 1/k_1$, bağlantısından $k_2 = 1,37$ ve

$q = k_2 \cdot q_c = 106, 3 \times 1,37 = 145,8$ mitf bulunur.

Şu halde $U = 60$ KV. için seçilecek ekonomik kesit $q = 150$ (148,8) mm^2 , olacaktır. Buna göre $\rho = 2,101$

$M_0 = 0,2247$ TL/KVA. km. bulunur.

b) $U = 110$ KV. olarak tesbit edilmiş olsun. Bu durumda

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

$q = k_2 \cdot \hat{q} = 0,746 \cdot 106,3 = 79,4$ mm^2 bulunur - Buna göre

$q = 95$ (90) mm^2 , kesit seçilerek (d) sıklıkındaki netice elde edilir. - Yani,

$M_a = 0,2237$ TL/KVA. km. bulunur

Netice itibari ile görülüyorki 15 MVA. Uk bir gücün en uygun nakil gerilimi $U = 110$ KV, ve iletgen ketlsi $q = 95$ mm^2 olmaktadır.

VIII — Hat kayıpları da göz önünde tutularak,

- Ekonomik iletim Uzaklığının
- Ekonomik Gerilini ve Ekonomik kesitin
- özgül Toplam masrafların ve nakil mümkün Maksimum gücün tayini**

- Ekonomik İletim uzaklığının Tayini**

Bir iletim hattında güç kaybı,

$$(13) \Delta N = 3l^2 \cdot \frac{1 \cdot \rho}{q} = \frac{N^2}{U^2}$$

$\frac{1 \cdot \rho}{q}$, şeklinde ifade edilebilir. Bu formüldeki

N, U, L, ρ ve q büyüklükleri daha önce tarif edilmişti - Bağlı güç kaybı,

$$(14) a = \frac{AN}{N}, \text{ şeklinde ve kilometrik ba-}$$

ğlı güç kaybı, (2) ve (3) No.lu formüllerle tesis edilen ekonomik gerilim ve kesit değerleri yerlerine konularak,

$$(15) \frac{a}{1} = \left[\frac{a_2}{2} \cdot \frac{1}{N} (\rho a_3 B)^{1/2} \right]^{1/2}$$

$$\frac{1}{B} \cdot \frac{L}{V - k_2^2}$$

bulunur.

$U = U_0, q = \%$ olduğu takdirde,

$k_1 = l_{tj} = 1$ ve ekonomik bağlı güç kaybı,

$$(16) \left(\frac{a}{1} \right) e = \left[\frac{a_2}{2} \cdot \frac{1}{N} (\rho a_3 B)^{1/2} \right]^{1/2}$$

$$\frac{1}{B} \text{ olur.}$$

Bu ifade senelik toplam masrafların minimum olması haline tekabül etmektedir. Binaenaleyh bir (a) izafi kayıp oranı verildiği takdirde (1.) ekonomik hat uzunluğunu tayin etmek kabul olmaktadır. Filhakika (15) denkleminde;

$$(17) 1 = \left[\frac{2}{a_2} \cdot N (1/\rho a_3 B)^{1/2} \cdot B \right]^{1/a_2}$$

k_1^2, k_2, a ifadesi elde edilir. Diğer taraftan

$$\left(\frac{2}{a_2} \cdot N \right)^{1/2} = U \cdot \left[(1/\rho a_3 B)^{1/2} \cdot B \right]^{1/2}$$

ve, $k_1 = k_2 = 1$ konulduğu takdirde ekonomik hat uzunluğu formülü

$$(18) 1 = U \cdot \frac{B}{(\rho a_3 B)^{1/2}} \cdot a \text{ olur.}$$

Şu halde hattın bağlı kayıp değeri verildiği takdirde (18) formülü ile ekonomik hat uzunluğunun tayini imkân dahiline girmektedir. Ancak pratikte Wathı güç kaybı verildiğinden (17) ifadesi en genel şekli ile;

$$(19) K = U \cdot \frac{B}{(\rho a_3 B)^{1/2}} k_1^2 k_2 \cdot a \cdot w \cdot \cos 0$$

olur.

Nümerik örnek :

Bundan evvelki örnekte verilen değerler esas alınmak ve $a = \% S$, $\cos \phi = 0,8$ verilmek kaydı ile muhtelif norm gerilimlerle taşınabilecek ekonomik güçlerin ekonomik nakil mesafeleri (18) ve (19) No. denklemler yardımı ile hesaplandığında aşağıdaki değerler bulunur.

U	N	l_c (18 No. Denklem)	l_e (19 No. Denklem)
15 KV	0,5 MVA	24 Km.	19 Km
80 KV.	2 MVA	48 km.	39 km.
60 KV	8 MVA	97 km	77 km.
110 KV.	27 MVA	177 km.	142 km.
220 KV	108 MVA	354 km.	283 km.

son sütunda (19) No.lu denkleme göre elde edilen' değerlerin göz önünde tutulması şayanı tavsiyedir.

Burada dikkati çeken bir hususta şudur. Ekonomik gerilim ve kesit iletim uzaklığına bağlı olmadan tayin edilebildiği halde ekonomik iletim mesafesi (18) denkleminde görüldüğü üzere gerilime bağlı bulunmaktadır.

b) Ekonomik Gerilim ve Kesitin Tayini.

Bundan önce bulunan ekonomik gerilim ve kesit ifadelerine hat uzunluğuna ve kayıplara bağlı değildir - Bu defa,

$$M = \frac{1}{N} (a_1 + a_2 U + a_3) + \frac{1}{N}$$

$$\frac{N^2}{U^2} \frac{\rho}{q} = f(U, q) \quad a'' = \frac{N}{U^2} \frac{1}{q}$$

$$= \rho(V, q) = 0$$

denkleminin (U) ve (q) değişkenlerine göre ekstremumları araştırıldığında,

$$(20) \quad U_{ea} = \left(2 \frac{a_3}{a_2} \cdot N \cdot \frac{1}{a} \right)^{1/3}$$

$$(21) \quad q_{ea} = \left(\frac{1}{4} \frac{a_2^2}{a_3^2} \cdot N \cdot q \cdot \frac{1}{a} \right)^{1/3}$$

ifadeleri bulunur.

Hat uzunluğuna ve kayıp miktarına da bağlı bulunan bu iki büyüklük arasındaki oranım,

$$(22) \quad \frac{U_{ea}}{q_{ea}} = 2 \frac{a_3}{a_2}$$

keza (2) ve (3) formülleri ile verilen ekonomik gerilim ve kesit arasındaki oranım,

$$(23) \quad \frac{U_{ea}}{q_{ea}} = 2 \frac{a_3}{a_2}$$

şeklinde ve aynı olduğu dikkata değer bir durumdur. Bu noktadan hareketle;

$$(24) \quad \frac{U_{ea}}{U_{ea}} = \left[\left(\frac{a_3}{1} \right) e^{-\frac{1}{a}} \right]^{1/3} = k_1$$

$$(25) \quad \frac{q_{ea}}{q_{ea}} = \left[\left(\frac{a}{1} \right) e^{-\frac{1}{a}} \right]^{1/3} = k_2$$

münasebetleri bulunur - Buna göre (U ea) ve (qea) ifadeleri en ekonomik değerler olan (U^e) ve (q_e) değerlerinden (k_1) kadar sapmaktadır. (20) ve (21) formülleri ile bulunan (U_ej) ve (q_ej) değerlerinin norm değerlere irca edilmesi bakımından,

$$U = k_1 U_{ea}$$

$$(26) \quad q = k_2 \cdot q_{ea} \text{ veya}$$

$$q = \frac{1}{k_1'^2} \cdot q_{ea} \text{ ifadeleri yazılabilir. Böylece}$$

hat uzunluğuna ve kayıp değerine bağlı olarak bulunacak ekonomik gerilim ve kesit değerleri en yakın norm değerlere irca edilmek sureti ile senelik masrafların minimuma çok yakın değerler civarında kalması sağlanır.

Diğer taraftan (22) ve (26) No.lu ifadeler yardımı ile,

$$q_{ea} = \frac{1}{2} \frac{a_2}{a_3} \cdot U_{ea}$$

$$(27) \quad q = \frac{1}{k_1'^2} \frac{1}{2} \frac{a_2}{a_3} U_{ea} \text{ bulunur.}$$

Burada bulunan (q) değeri, norm değerde olmadığı takdirde en yakın norm değer için

$$(28) \quad q' = \frac{n}{k_1'^2} \cdot \frac{1}{2} \frac{a_2}{a_3} \cdot U_{ea}$$

yazılır buna göre birim hat uzunluğuna alt (a/l) ifadesi,

$$(29) \quad (a/l) = \frac{1}{n} \frac{a}{k_1'^2} \text{ olur.}$$

Buna göre gerilim ve kesit İsin en ekonomik değerleri veren ifadeler

$$(30) \quad q'_{es} = \frac{(M)V^3}{2} \cdot \frac{U_M}{a_3} \cdot \dots \text{ olur.}$$

Bu defa bulunan (U'_M) ve (q'_M) değerleri norm olmadığı takdirde norm değerler için,

$$(31) \quad U = k''_r U'_M = k''_j (n)V^3 - V_n = k^{\wedge}$$

$$(32) \quad q'' = q' \text{ bulunur.}$$

(q') değeri (28) no.lu ifade ile belirtilmiştir.

Buraya kadar yapılan irdelemelerle verilen İfadeler minimum senelik masrafın hesabında tekrar göz önüne alınacaktır.

C) özgül Senelik toplam masrafların hesabı

(1) denklemleri ile verilen senelik toplam masraf İfadesinde (20) ve (21) ifadeleri ile bulunan ekonomik gerilim ve kesit değerleri yerlerine konulduğunda; ve norm değerlere İrca faktörleri İçin $k'_a = 1$, $l_c = 1$ değerleri nazarı itibara alındığında senelik toplam masraf formülü;

$$(33) \quad M = 1 \left[\frac{a_1}{N} + (2a_2^2 \cdot a_3 \cdot \frac{p}{N^2} \cdot \frac{1}{a}) V^3 \right]$$

şekline girer. Bu ifade norm değerlere İrca edilmiş (U) ve (q) değerleri için;

$$(34) \quad M'_{es} = 1 \left[\frac{a_1}{N} + (2a_2^2 \cdot a_3 \cdot \frac{P}{N} \cdot \frac{1}{a}) \right]$$

olur. Böylece formüller yardımı ile bulunan en ekonomik (U) ve (q) değerleri için senelik özgül masraf miktarının (33). norm değerlere İrca edilmiş (U) ve (q) değerleri için senelik özgül masrafın (34) formülü ile hesaplanması İmkân dahiline girmiş bulunmaktadır. Burada dahi (VI). bölümde ki irdelemelerin yapılması mümkündür. Ancak bu konuya girmeyeceğiz yalmz verilen bir güç kaybı ile taşınabilecek maksimum güğ İfadesinin;

$$(35) \quad N_{ms} = \frac{a_2}{2} (p a_3 B)^{1/3} \cdot \frac{1}{B} \cdot V^a /$$

şeklinde olduğunu belirlemekle yetineceğiz.

IV — Sayısal örnek :

VII. Bölümünde verilen problemi aynen ele alalım. 15 MVA.lık bir gücün tek trlfaze St-Al.

iletgenli bir hatla ve kayıp $a_w = \% 8$, $\cos \phi = 0,8$, $a = 6,4$ olmak üzere nakli maksadı İle ekonomik, hat uzunluğu gerilim, kesit ve senelik özgül masraf miktarlarının hesabı İstenmektedir.

(16) denkleminde, verilen değerler yerlerine konulduğunda

$$(a/1)_o = 0,000605 \text{ bulunur.}$$

$$\text{Buradan } l_o = \frac{0,064}{0,000605} = 106 \text{ km. bulunur.}$$

Şimdi 15 MVA.nın 150 km.ye nakli halinde gerilim ve kesit değerlerini araştıralım (VH). bölümde ekonomik gerilim ve kesit değerleri İçin

$$U_c = 82,1 \text{ kV.}$$

$$q_o = 106,3 \text{ mm}^2 \text{ bulunmuştur.}$$

Bu defa (20) No.lu formüle göre; $U_M = 92,3$ kV.

$$(22) \text{ No.lu formüle göre; } q_a = 118 \text{ mm}^2 \text{ bulunur.}$$

Bu defa bulunan (U_M) ve (q_o) değerleri İle 15 MVA.hk gücün $a = \% 6,4$ güç kaybı ile 150 km.ye taşınması halinde senelik özgül masraf,

$$(33) \text{ No.lu formüle göre;}$$

$$M = 0,2197 \text{ TL/KVA. km. olur.}$$

Bu defa (U) gerilimini norm, değerde olmak üzere (110) kV. seçelim. Buna göre sapma,

$$k_j = \frac{110}{92,3} = 1,192$$

(26) No.lu formül yardımı ile

$$q_{15} = 83,1 \text{ mm}^2 \text{ bulunur.}$$

Buna göre (29) nolu formül yardımı ile, $(a/1)^1 = 0,000393$ bulunur.

Watlı güç kaybı yüzdesi $\cos \phi = 0,8$ için

$$a_w = \frac{\hat{a}}{\cos \phi} = \frac{0,000393 \times 150}{0,8} = 0,0737$$

bulunur.

Bu suretle tashihi! değerlere göre senelik özgül masraf (34) nolu formüle göre

$$M_o'a = 0,2243 \text{ TL/KVA. km. bulunur.}$$

X — NETİCE :

Büyük ölçüde elektrik enerjisinin uzak mesafelere taşınması yurdumuzda da geniş çapta tabikat sahası bulmuştur. Bu itibarla gerek yatırım işletme masraflarının minimum seviyeye indirilebilmesi İçin elektrik enerji nakil tesislerinin karakteristiklerinin seçiminde ekonomik hesaplarında yapılması bir zaruret haline gelmiştir.

Burada yapılan kabullerin ve öne sürülen düşünce tarzının en İsabetli yol olduğu söylenemez.

Ancak bu konudaki çalışmalarda faldeli olaçağı tahmin edilebilir.