

# Demetlendirme İle Enerji Nakil Hatlarının Yük Taşıma Kapasitesinin Arttırılması

Mustafa N. FARLAR (\*)

Metanet ÇULTU (\*\*)

## Giriş

Kalkınan Ülkelerde, elektrik enerjisi tüketimi çok büyük bir hızla artmaktadır. Türkiye'de de elektrik enerjisi tüketimi her altı senede iki misli olmaktadır. Bu hızlı artış bir çok problemler ortaya çıkarmaktadır. Bu problemlerden ilki kullanılan enerji iletim hatlarının kapasitelerinin zaman zaman arttırılmasıdır. Gelecekteki enerji ihtiyacını karşılayacak şekilde iletim şebekesi kurmak yüksek maliyet sebebiyle çok ender olarak mümkün olmaktadır.

İletken bir hattın taşıma kapasitesinin zamanla yetersiz olması aşağıdaki sebeplerden dolayı olabilir.

a. Termik Sınır : İletkende akımın yoğunluğu çok artacak olursa, malzemenin bozulması tehlikesi olduğu gibi hattın senimi normal sınırlar dışına çıkacak şekilde artar.

b. Stabilité : Buna tesir eden diğer faktörler varsada en önemlisi hattın seri empedansdır.

Eğer bir hattın termik sınırına erişilmişse aşağıdaki şıklar çözüm olarak kullanılabilirler.

1. Kurulu hatta paralel yeni bir hat kurmak.
2. İletken olarak kullanılan bakırın miktarını arttırmak

Bakırın miktarını arttırmak iki yolla mümkündür :

- a) Daha büyük iletken kullanmak.
- b) Kullanılan iletkeni demet iletken haline getirmek.

Demet iletkenler genel olarak çok yüksek gerilimlerde kullanılırlar. Bunların kullanılmasındaki gaye hattın endüktansını azaltmak, kapasitansını arttırmak ve korona kayıplarını azaltmaktır.

Türkiye'de şimdilik kullanılan en yüksek iletken gerilimi 154 kV'dur ve Türkiye daha önce bahsedilen, hatların artan enerji ihtiyacını taşıyamaması problemi ile karşı karşıyadır. Bu çalışmada, bahsi geçen problemin çözümü için demet iletkenlerin kullanılması etüd edilmiştir.

Teori : Çalışmada önce demet iletkenlerin resistans ve kapasitanslarının teorik hesapları incelenmiştir.

Resistans, Endüktans ve Kapasitans ifadeleri aşağıda gösterilmiştir, 1, 2, 3.

$$R = \text{Ohm} \dots\dots\dots (1)$$

$$C = \frac{10^{-11}}{9 \times 10^9} \frac{\text{farad/m}}{\text{m}} \dots\dots\dots (2)$$

$$L = 2 \cdot 10^{-7} \ln \frac{2h}{r} \dots\dots\dots \text{Henry/m} \quad (3)$$

Bu ifadelerde :

- R, = demet iletkeni meydana getiren elemanların tek başına sahip oldukları direnç,  
n = demet iletkenindeki iletken sayısı,  
d = fazlar arasındaki eşdeğer açıklık (equivalent spacing)  
s = demet iletkenindeki bir elemanın diğerine olan geometrik ortalama uzaklığı,  
r = demet iletkenimeydana getiren elemanlardan birinin yarıçapı,  
r' = demet iletkeni meydana getiren elemanlardan birinin kendi geometrik ortalama yarıçapıdır, (geometrik mean radius)

## UYGULAMA :

Demet iletken teorisinin tatbikatı için Ankara - Kırıkkale arasındaki hat seçilmiştir. Hattın uzunluğu 64,2 km olup hatta tam çaprazlama (transposition) yapılmıştır. Hatta 4 cins direk kullanılmış olup bunlardan T tipi normal taşıyıcı (suspension) direği hesaplarda referans olarak kullanılmıştır.

Hat çift devrelidir. Kullanılan iletken 795000 circular milis ACSR dir. (çelik çekirdekli alüminyum iletken)

Ankara - Kırıkkale arasındaki hat aşağıdaki beş ayrı durum için incelenmiştir.

- a. Tek devre
- b. Demet iletkeni! tek devre
- c. Demet iletkeni! tek devre (özel hal)
- d. Çift devre
- e. Demet iletkenll çift devre

Bu durumlardan her biri ayrı ayrı incelenmiş ve hat sabiteleri ile A, B, C, D parametreleri hesaplanmıştır. Neticeler Tablo 1. de gösterilmiştir.

(\*) O.D.T.U. Mühendislik Fakültesi Dkanı.  
(\*\*) O.D.T.U. Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendislik Bölümü öğretim üyesi.

**TABLO: 1**  
**Kırıkkale - Ankara 154 kV yüksek gerilim hattının kapasitesini artırmak Uçta düşünülürü çeşitli değişikliklerin mukayeseleri**

	Tek Devre	Demet ilet. Tek Devre	Demet ilet. Tek Dev. (öz. hal)	Çift Devre	Demet iletkenli çift devre
RESİSTANS (Ohm)	5.136	2.568	2.568	2.568	1.284
Endüktans (henry)	0.0785	0.0574	0.0637	0.0417	0.0363
Kapasitans (Mikrofarad)	0.603	0.814	0.735	1.13	1.285
A	0.9977	0.9977	0.9976	0.9977	0.9977
B	25.2 78°	18.2 82°	20.8 82°	13.2 79°	11.4 83°
C	190x10-8  Qtı°	256x10-e 90°	230 x 10-o  90°	355 x 10-a  90°	404x10-8  90°
D	0.9977	0.9977	0.9976	0.9976	0.9977

**Performans Hesapları :**

Tablo : 1 de elde edilen değerler kullanılarak beş ayrı durum için performans hesapları yapılmıştır. Hattın bağı ve sonundaki güç daire diyagramları (Sending end ve receiving end power circle diagrams) çizilmiştir. Bu hesaplarda kullanılan değerler Etibank'ın işletme tecrübesi ile elde edilen değerlerdir. Bunlar aşağıda gösterilmiştir.

Kırıkkale ucu voltajı	164.8 kV
Ankara ucu voltajı	160.5 kV
iletim açısı «Transmission Angle»	16°
Başlangıç ucu güç faktörü «Sending end pCaver factor»	0.96
Performans hesaplarının sonuçları	Tablo : *
de gösterilmiştir.	

**TABLO: 2**  
**Ankara - Kırıkkale 154 kV luk yüksek gerilim şebekesi kapasitesinin artırılması için yapılacak tadilatlar ve bunların her biri için hattın işleme özellikleri**

	Tek Devre	Demet ilet. Tek Devre	Demet ilet. Tek (özel hal)	Çift Devre	Demet iletkenli Çift Devre
Hat sonu «Receiving end» merkezi. (MVA , olarak)	1020 102°	1415 68°	1235 98°	1950 101°	2260  97°
Hat bağı «Sending end» merkezi (MVA olarak)	1076 102°	• 1490 98°	1305 98°	2050  101°	2380  97°
Dairelerin yarı-çapları (MVA olarak)	1050	^1450	1270	2000	2320
Gönderilen hakiki güç (MW)	59	91	88 '	115	160
Gönderilen reaktif güç (MVar)	19	28	25	34	46
Alman aktif güç (MW)	57	89	86	111	158
j^BTan reaktif güç (MVar)	15	21	19	29	38

**Çözümlerin stabilite özellikleri :**

Demet iletkenli tek devre çözüm şekli ile çift devre durumu mukayese edilmiştir. Bu amaçla, Ankara Kırıkkale hattı ' üzerinde üç faz ile toprakarası kısa devre durumunda geçici rejim

stabilitesi (transient stability) yönünden özellikler karşılaştırılmıştır. Bu amaçla salınım denklemleri (Swlng Equation) IBM 1620 Elektronik Hesap Makinası kullanarak çözülmüştür. Yapılan hesaplar adı geçen hat üzerinde 3faz toprak

arası kısa devre arızası için demet iletkenli tek devreli hattın stabll olmadığını , çift devreli hattın iss stabil olduğunu göstermiştir. Yapılan hesaplarda istanbul ve Batı Anadolu sisteme Adapazarı'nda bağlanan sonsuz bir bara olarak gösterilmiştir. Çatalağzı, Hirfanlı, Sayıyar, Ankara ve Adapazarı'nın her iki çözüm şekli için durumları grafik olarak şekil 1 ve 2 de gösterilmiştir.

Çözüm şekillerinin ekonomik mukayeseleri • Bu çalışmada çift devreli hatla, demet iletkenli tek devreli hat ekonomik bakımdan mukayese edilmişlerdir. Her iki halde de aynı cins iletken kullanıldığı için nakil yönünden fiat farkı yoktur.

İzalatör yönünden demet iletkenli tek devre, çift devreye göre daha ekonomiktir. Çünkü ikincinin izalatör sayısı birincinin iki mislidir. Hırdavat bakımından ise demet iletkeni tek devre, çift devreye nazaran daha pahalıdır. İki çözüm şeklinin Ankara - Kırıkkale hattı için fiat karşılaştırması Tablo 3. de gösterilmiştir.

**TABLO: 3**  
**Ankara - Kırıkkale arası hattın çift devre vB demet iletkenli tek devre yapılması hallerinde maliyet mukayeseleri**

	Normal Çift Devre	Demet iletkenli tek devre
Direkler	4.690 000	2.885850
izolatör	340 000	170 000
Klemens	57240	57240
Spacer - ayn tutucu	—	60000
Uzatma Çubuğu	—	28620
	5.037 240 TL.	3.201 710 TL.

Tabii : 3. de yapılan mukayeselerde direk farkları nazarı itibare alınmazsa çift devre ile demet iletkenli tek devre hat arasında sonuncunun lehine 81.380 TL. bir avantaj elde edilebilecektir. Ancak, bu hattın ileride demet iletken şekline konularak kapasitesinin artırılacağı düşünüülerek yapılması halinde önemli tasarruflar mümkün görülmektedir. Nitekim misalimizde adı geçen şekilde tasarruf 2 milyon TL. yaklaşmaktadır.

Sonuç :

Ankara - Kırıkkale Hattının demet iletken şekline çevrilmesi halinde aşağıdaki sonuçların elde edileceği anlaşılmaktadır.

I. Elektrik! Bakımdan :

1. Tek devreyi demet iletken haline getirmekle hattın yük taşıma kapasitesi % 50 artmıştır Kullanılan bakır bir misli artırılmıştır.
- ii. Demet iletkenli özel tek devre elektriki bakımdan fazla bir avantaj sağlamamıştır. Bu

tip, hattın güç taşıma kapasitesini tek devreli sisteme göre % 47 artırmıştır. Kullanılan bakır bir misli arttırılmıştır, m. Çift devre, hattın güç taşıma kapasitesini tek devreye göre % 90 arttırmıştır Kullanılan bakır bir misli arttırılmıştır, iv. Demet iletkenli çift devre, hattın güç taşıma kapasitesini % 160 arttırmıştır. Kullanılan bakır üç misli arttırılmıştır. Bu neticeler güç taşıma kapasitesi yönünde demet iletkenli çift devre kullanmanın en iyi çözüm olduğunu göstermektedir. Kullanılan bakır artışına göre ise çift devre daha uygun görülmektedir.

2. Stabilité Yönünden :

IBM 1620 Sayısal Hesaplayıcı kullanarak yapılan geçici rejim «transient» stabilitesi etüdü, çift devreli hattın demet iletkenli tek devreli hattan daha iyi çalışmaözelligi gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu beklenen neticedir. Çünkü bir arıza anında demet iletkenli tek devreli hatta güç akışı durur. Çift devreli hatta ise durum böyle değildir. Devrelerden birinde arıza olsa diğer devreden yük akışı devam eder. Bu özellik aynı zamanda çift devreli hattın daha güvenilir olduğunu göstermektedir.

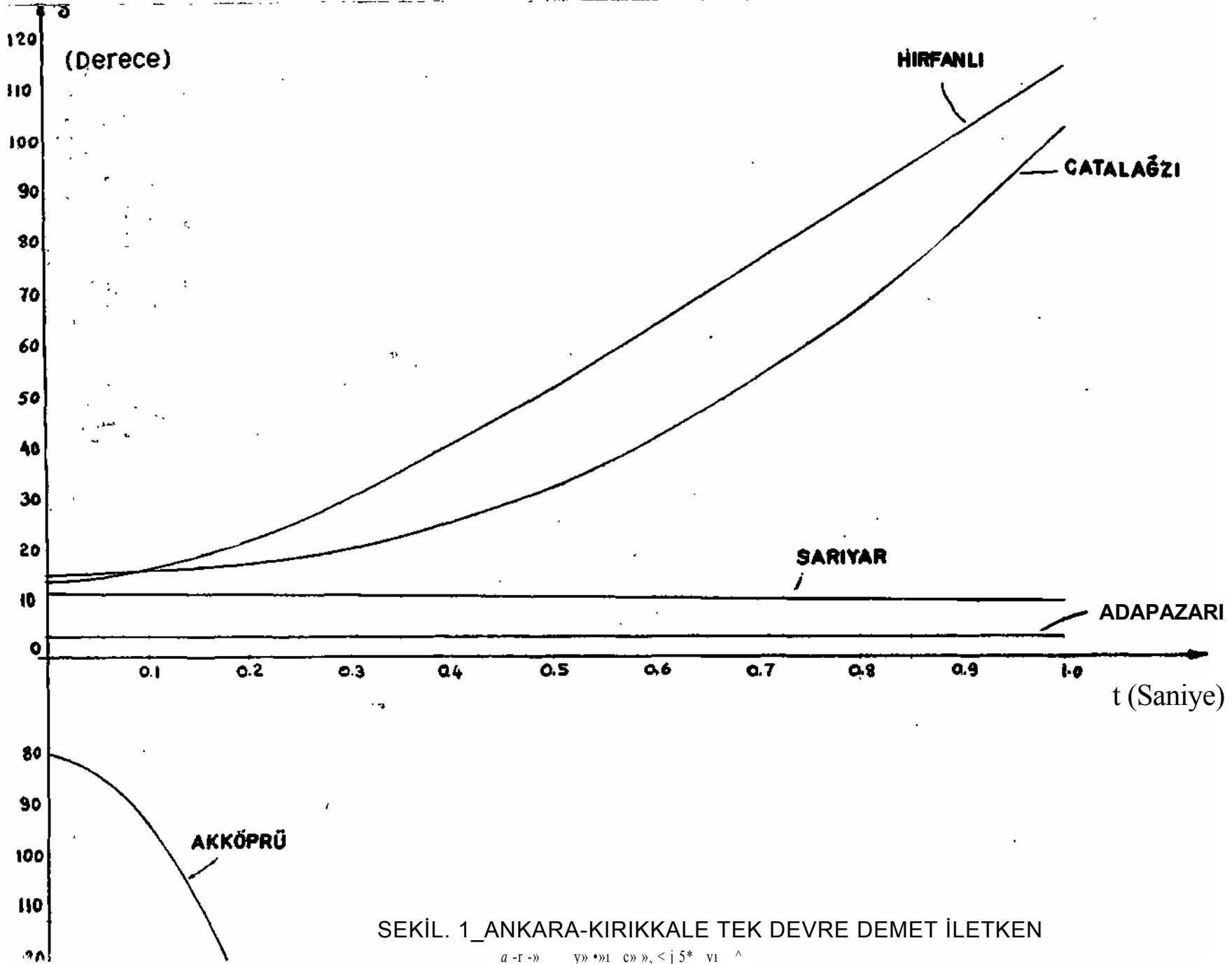
3. Ekonomik Yönden :

1. ilâve iletken, özel hırdavat istemesi bakımından demet iletkenli çift devre incelenen durumlar arasında en pahalı olanıdır, n Çift devreli hat, demet iletkenli tek devreli hatta göre daha çok yatırım yapılmasını gerektirmektedir.

Etüd edilen dört ayrı durumdan demet iletkenli hattın en ekonomik olacağı ortaya çıkmaktadır. Proje mühendislerinin kesin tekliflerine bu gibi durumlar ayrı ayrı etüd ederek en ucuz çözümü bulmaları uygun olacaktır.

**Referanslar :**

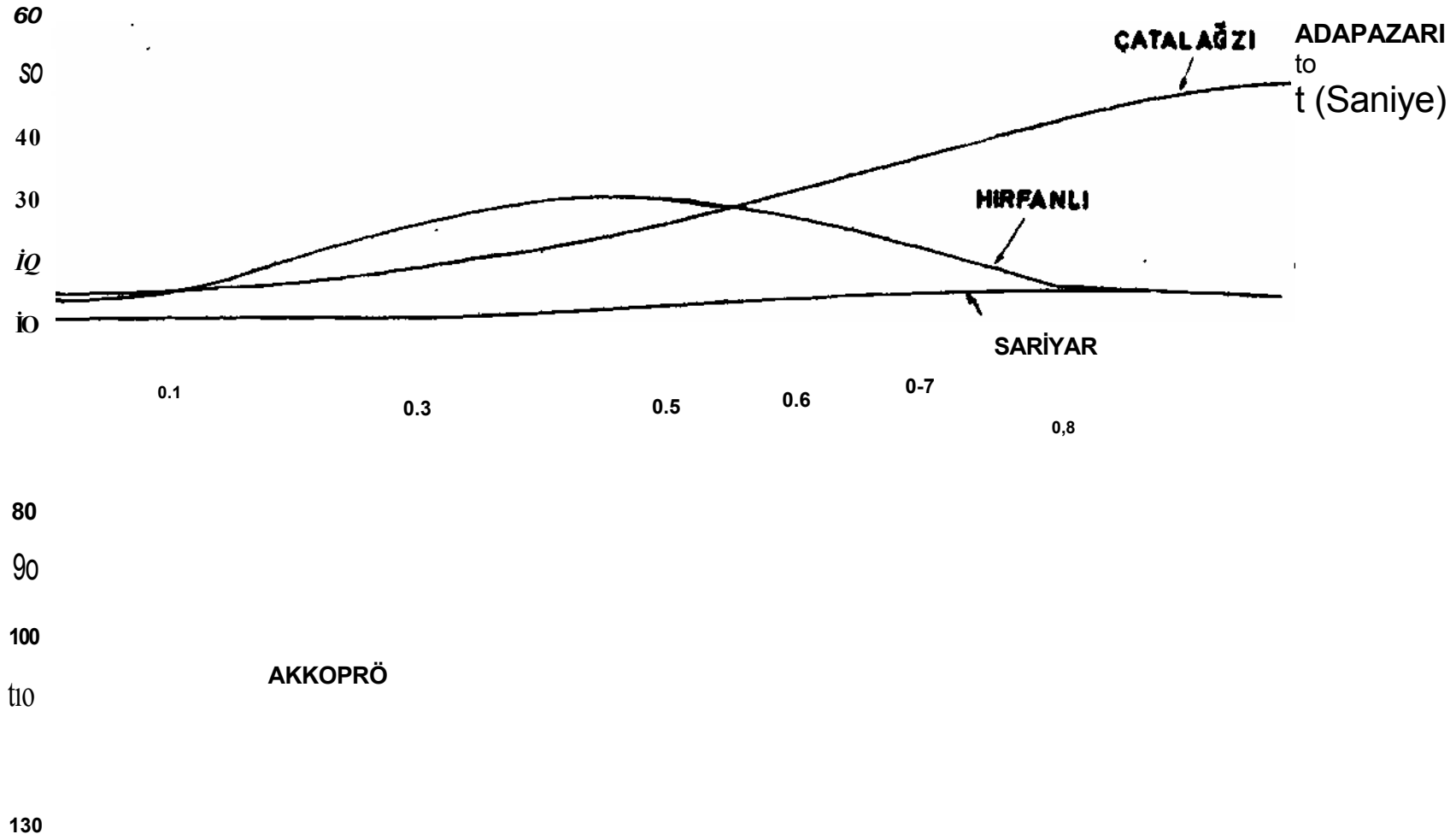
1. Mehmet Çultu, Conversion of transmission lines from Conventional to Bundle operations. M.S. Thesis Dr. Mustafa N. Parlar tarafından yönetilmiştir. O.D.T.U. Haziran 1966.
2. Mustafa N. Parlar The properties of Bundle Conductors and the electric fields near the system. Habilitasyon tezi O.D.T.U. 1963.
3. B.L. Lloyd, C.A. De Salvo Formulas for transmission ime Constant of Bundled Conductors. Elec. Wold July 9. 1956 pg 106.
4. F.W. Shaw New 161 kV line is adaptable to Bundling Elec. Wold June 8, 1959 pg 65 - 66
5. Sandel, Shealy, Whlte, Bibliography on Bundled Conductors IEEE Transc Power Apparatus and Systems Dec. 1963.



SEKİL. 1\_ANKARA-KIRIKKALE TEK DEVRE DEMET İLETKEN

a-r-» y» \*»1 c»», < j 5\* v1 ^

(Derece)



ŞEKİL. 2- ANKARA- KIRIKKALE ÇİFT DEVRE YÜKSEK GERİLİM HATTİNİN SALINIM EĞRİLERİ.