

# Keban Projesi ve Enterkonnekte Sistemimiz

Derleyenler :

A. DİNÇEL N. TAYLAN  
Elek. Y. Müh. Elek. Y. Müh.  
E.İ.E. DSİ.

## ÖZET:

*Keban projesi büyüklüğü nisbetinde ehemmiyetli işletme problemlerini de birlikte getirmektedir. Artık generatör şalterini kapatmakla rahatça şebekeye enerji aktırma devresi geçmiştir. Aşağıda proje karakteristikleri okunduğunda görülecektir ki birçok tedbirlere rağmen Keban generatörlerini devreye almak için önce kuzey batı şebekesi vasi-tası ile (Yine birçok şartlar tahında) 380 kv Ankara - Keban hattı enerjilenecek, bundan sonra Keban generatörleri devreye sokulacaktır. Buna göre herhangi bir arıza saikast ile Keban devreden çıktığından bütün kuzey batı ve batı şebekeleri oturacak; Keban'ı tekrar devreye sokmak için bu şebekeler kendi kapasiteleri kadar miktarda mühim tüke-ticileri devrede bırakıp, diğerlerini atarak önce kendilerini kaldıracak, sonra bazı şart-ları yerine getirerek 380 kV'luk Keban hattını enemleyecekler, bunu takiben Keban generatörleri devreye girecek ve nihayet saf harici müşterilerde teker teker sisteme ithâl edilecekler, Relâtif uzun ve gayet sert iklim bölgelerinden geçerek bir hat sistemi ile şebekeye bağlı Keban'ın devreden ctctn.alan.ntn normalin üstünde olacağı tabiidir. Bu bakımdan inkıta zamanlarını minimum hadde düşürmek santral ve şebeke işletme elemanla-rının proje detaylarının en ince noktalarına kadar nüfuz etmesi ile kabil olacaktır. Bu konuda E. t. E İdâresinin Commenivealth As. Inc. Firmasına hazırlattığı çalışmalardan ve bu konu ile ilgili diğer dokümanlardan yararlanılarak bu yazı hazırlanmıştır.*

## A — KEBAN BARAJI VE HİDROELEKTRİK SANTRALI KARAKTERİSTİKLERİ:

### Genel Karakteristikler:

Nehir: Fırat

Rezervuarın max işletme kotu : 845.00 m.  
Minimum takat için Göl kotu : 813.00 m.  
Minimum işletme kotu : 780.00 m.

Emme borusu çıkışında kuyruk suyu proje kotu : (4 ünite için) 693.00 m.

Emme borusu çıkışında kuyruk suyu proje kotu : (8 ünite için) 696 00 m.

Emme borusu çıkışında kuyruk suyu max kotu (Max feyzan hali) 708.00 m.

### GÖL ve MİYAHİ HAVZA KARAKTERİSTİKLERİ:

Miyahi havza alanı : 64.100 Km<sup>2</sup>.  
Miyahi havza uzunluğu : 425 Km.  
Miyahi havza ortalama genişliği : 150 Km.  
Maksimum göl oranı : 675 Km<sup>2</sup>.  
Maksimum göl hacmi : 31 milyar m'  
65 senelik ömür için teressübat hacmi : 1,355 milyar m'

### Hidrolojik Karakteristikleri :

Vasati aylık debi : 635 mVsec.  
Maksimum günlük debi : 6600 mVsec.  
Minimum günlük debi : 176 mVsec.  
Maksimum proje feyzan debisi : 17280 m>/sec.

### Kaya Baraj Karakteristikleri :

Baraj tipi merkezi çekirdekli sıkıştırılmış, ka-ya dolgu,

Baraj kret kotu (Oturmadan sonra): 848.00 m.  
Maksimum tahmini oturma: 4.00 m.  
Maksimum yükseklik ((Temelden itibaren) : 207.00 m.

Kret uzunluğu (Kaya dolgu kısmı) : 608 m.  
Toplam kret uzunluğu (Beton ağırlık ba-rajları dahil: 1097 m.

Kret genişliği : 11.00 m.  
Kaya dolgu toplam hacmi : 14020.000 m<sup>3</sup>  
Kil çekirdek hecmi: 1.550.000 m<sup>3</sup>  
Pilltre hacmi : 1.070.000 m<sup>3</sup>  
Kaya hacmi : 11.400.000 m<sup>3</sup>

### Giriş Yapısı Karakteristikleri :

Yapı Tipi : Beton ağırlık barajı,

Kret kotu : 848.20 m.  
Maksimum Yükseklik (Temelden itibaren):  
85.80 m.

Uzunluk : 88.00 m.  
Toplama beton hacmi : 277.400 m<sup>3</sup>  
Cebri boru iç çapı 5.20 m. (saç kalınlığı  
16 - 42 mm.)

Cebri boru adedi (Giriş yapısı çıkışına ka-  
dar) : 8

Cebri boru adedi (Ök dört ünite için) : 4  
Cebri boru uzunlukları (m) : 403, 415, 425,  
440.

Girişte cebri boru aks kotu : 771.87 m.  
Giriş kapakları adedi : 4  
Giriş kapakları ebadı : 6.54 X 5.98 m.  
Giriş kapak vinci adedi : 4  
Giriş kapak vinci kapasitesi : 180 t.  
Izgara tipi: Sepet  
Izgara panelleri adedi: 16  
Izgara çubukları açıkları : 15 cm.

Dolu Savak yapısı Karakteristikleri :

Yapı tipi üstten kapaklı beton ağırlık barajı  
Kret kotu : 830.00 m.  
Yükseklik (Temelden itibaren) 67.60 m.  
Uzunluk : 124.00 m.  
Toplam beton hacmi : 332.200 m<sup>3</sup>  
Dolusavak temiz açıklığı : 96.00 m.  
Dolusavak kapak adedi: 6  
Kapak tipi: Radyal  
Kapak ebadı: 16.00 X 15.00 m.  
Kapak vinci adedi: 6  
Kapak vinci kapasitesi: 125 t.  
Dolusavak su yükü : 15.00 m.  
Dolusavak su yükü : 15.000 m.  
Dolusavak max feyezan debisi: 17280 m<sup>3</sup>/sec.  
Max feyezan esansında göl kotu: 846.67 m.

Çıkış Yapısı. Teçhizat Karakteristikleri :

Regülâtör vanası adedi: 2  
Regülâtör vanası tipi : Silindir  
Regülâtör vanası çapı : 230 cm.  
Tehlike vanası adedi : 2  
Tehlike vanası tipi: Ring Dollower gate  
Tehlike vanası çapı : 230 cm.  
Max hidrolik düşü : 148.50 m.  
Min. hidrolik düşü : 87.00 m.  
Max düşüdeki debi : 180 m<sup>3</sup>/Sh.  
Min düşüdeki debi: 140 m<sup>3</sup>/Sn.

Başlangıçtaki Enerji Tesisleri Karakteris-  
tikleri :

Ünite sayısı : 4  
Minimum düşüde güvenilebilir toplam takat:  
620 MW.

Senelik vasati üretim : 5095 kWh.  
Senelik primer üretim : 4853 kWh.  
Senelik vasati sekonder üretim : 242 kWh.

Nihai Durumda Enerji Tesisleri Karakteris-  
tikleri :

Ünite sayısı : 8

Minimum düşüde güvenilebilir toplam takat:  
1240 MW.

Senelik vasati üretim : 5871 kWh.  
Senelik Primer üretim : 4853 kWh.  
Senelik Vasati sekonder üretim : 1018 kWh.

Ana Teçhizat Karakteristikleri :

Türbin tipi : Francis - dik mili  
Türbin adedi: 4  
Nihai türbin adedi : 8  
Türbin devir adedi: 166.67 d/d

Türbin Karakteristik değerleri :

	(D)	(2)	(3)
1 — Garanti edilmiş Hp.....	240.000	244.750	216.000
2 — Verim %.....	95.18	95.2	94.1
3 — Normal debi mVSn.....	135.32	133.0	145.9
4 — Garanti edilmiş hız (d/d).....	166.67	166.67	166.67
5 — Net efektif düşüm	145	145	145
6 — Kapak açıklık durum %.....	77	75	100

Türbin Net Düşü Durumu :

Durum	Net Düşü (M)
Maksimum	154
Normal çalışma	145
Proje	145
Normal minimum net düşü	118
Extrem nin net düşü	85

Başlıca Boyutlar :

- a) Salyangoz giriş çapı : 4650 mm.
- b) Çark çıkış çapı : 4300 mm.
- c) Türbin kapak çapı : 6300 mm.
- d) Türbin alt bilezik çapı : 6040 mm.
- e) Generatör statorundan geçiri-  
lecek en ağır parçanın çapı. : 4700 mm.
- f) Şaft çapı : 1050 mm.

Türbin Yatakları ve Ağırlıkları :

- a) Türbinin montaj' ve demontajındaki en  
ağır parça şaft ve çark : 97 ton

- b) Türbin ağırlığı toplam : 425 ton  
(Sabit ve dönem parçalar) : 100 ton  
c) Türbin dönem kısımlarının ağırlığı :  
100 ton  
d) Düşey hidrolik trast kuvvetleri ve dönem parçaların ağırlığı: 670 ton

Generatörler:

Gen tipi : Düşey  
Gen takati : (60 C) 175.000 KVA  
Gen takati : (80 C<sup>o</sup>) 201.250 KVA  
Güç Faktörü : 0,9

Frekans : 50 Hz.

Nominal gerilimi : 14,4 KV.  
Gen GD= :  $16 \times 10^8$  Kgm<sup>2</sup>  
Başta kısa devre oranı : 1,1  
X<sub>d</sub> : 1,00  
X'<sub>d</sub> : 0,30

Transformatörler :

Trafo tipi : 3 adet tek fazlı,  
Trafo gerilimi : 14,4/380 - 5 % KV  
Trafo takati : 3 X 54,4 — 163,2 MVA  
(Cos = 0,95 ve 380 kV da)

Trafo fakatı : (65°C) 202,5 MVA  
Oto trafo : 380/154/15 KV (Hazer sistemi için)

Oto trafo takati : 150/150/5 MVA

Havai Hatlar :

Çift Devre  
Her faz ikili demet iletken  
Her bir iletken kesiti : 954 MCM ASCR  
Keban — Ankara : 550 KM (Ayrı iki hat)  
Ankara — İstanbul : 361 KM  
Ankara — Gökçekaya : 168 KM  
Gökçekaya — İstanbul: 217 KM

Müteferrik Teçhizat Karakteristikleri :

Santral Binası vinci tipi : Gantry  
Santral Binası ana vinci kapasitesi : 550 t.  
Santral Binası tali vinci kapasitesi : 30 t.  
Santral Binası vinci açıklığı : 18,6 m.  
Santral Bması vinci azami kaldırma yüksekliği : 34,00 m.

Santral Binası Tali vinci azamî kaldırma yüksekliği : 35,00 m.

Emme borusu kapak gurubu : 1  
Emme borusu adedi : 3  
Emme borusu ebadı . 4,37 X 3,51 m.

**KEBAN BARAJI VE HİDROELEKTRİK SANTRALI İNŞAATI PROJESİ :**

**YERİ:**

Baraj yeri Elâzığ'ın 50 Km. Kuzey - Batısındaki Keban kazası civarında Fırat Nehrinin

aktığı dar boğazdadır. Malatya'nın da kuş uçuğu 65 Km. Kuzey doğusundadır. Bu yer Fırat ile Murat nehirlerinin birleştiği yerin 9,5 Km. mansap tarafındadır.

**TOPOGRAFIŞI :**

Barajın menba tarafına doğru vadi genişliyerek ilerler. Baraj yerinde vadi, yamaçları dik ve çıplak kayadır. Nehir, bu kısımda vasati genişliği 50 m. yanları sarp bir kanalda akar. Bu kanalın taban kotu 685 dlr 685 kotunun altında takriben 40 m. derinlikte bir alüvyon tabakası ve 645 kotunda da sağlam temel kayası bulunmaktadır. Kaya dolgu baraj İnşa edilerek en kil çekirdek kısmının bulunduğu kesimdeki alüvyon tabakası hafredilip atılacak; Kil çekirdek, enjekte edilmiş. 645 yatak kayasına saplanacaktır.

**JEOLJİSİ:**

Jeolojik etüdler için açılan 13.000 m. lik sondaj 4 galeri, birçok kanal, gaft ve hendekler baraj aksı, santral bması, dolusavak ve projenin diğer kısımları için ekonomik yer seçimini mümkün kılmıştır, inşaat esnasında halen tamamlanmış olan sağ sahil enjeksiyon ve drenaj galerileri de jeolojik etüdlarin tahkikinde büyük yardımı olmuştur. Sol sahildeki takriben 5 Km. uzunluktaki enjeksiyon ve drenaj galerileri ile şaftlar bitirildikten sonra projenin kat'i jeolojik durumunu ortaya çıkaracaktır.

Barajın oturacağı zemin, üstü fay ve boşlukları itiva eden kalker ve yer yer şistlerden mürekkep olup, bunun altında kesif ve geçirimsiz kalker ve şist zonlarından ibarettir.

Baraj yeri, genel olarak kaya dolgu baraj ve beton ağırlık baraj için çok müsaittir.

**HİDROLİK DURUM :**

Projenin memba tarafında bulunan su toplama alanı 64.100 km<sup>2</sup> 425 Km. uzunluk ve vasati 150 Km. genişliktedir. Nehrin mühim kolları Fırat (510 Km.) Murat (670 Km.) Munzur ve Peridir. Bu kollar projenin 9,5 Km. menba tarafından Fırat - Murat ana kollarının birleşmesi ile Fırat adını alır. 3 Ağustos 1936 tarihinden bu yana ölçü süresince vasati debi 635 - 650 m<sup>3</sup>/sn. dlr. Nehir - Mart Haziran aylarında kar yağışı ve ilkbahar yağmurları ile kabarıyor. Maksimum feyezana debisi 6600 m<sup>3</sup> ile 1944 oaharında kaydedilmiş. Bu yıl 4750 m<sup>3</sup>/sn. lik feyezanda derivasyon tünelleri su altında bırakmış; batardo tamiratu ve tünelleri doldurmuş suyun pompajı üç haftalık bir zaman kaybına sebep olmuştur. Nehrin vasati aylık akım değışimi Eylül'de 217 m<sup>3</sup>/sn. dir. Fırat nehri su top-

lama hevasında senelik vasati yağış 625 m/m, brüt buharlaşma 120 cm. ortalama sıcaklık 5,4°C ve 65 senelik şilt taşıması 1,355 milyar m» dür.

#### REZERVUAR :

Keban gölü azamı 675 Km<sup>2</sup>, alanda, 125 Km. uzunlukta ve 30.6 milyar m» (5 adet Hirfanlı Barajı gölü) hacimde olacaktır. Gölün maksimum işletme kotu 845.00 m. minimum işletme kotu 780.00 m, 4 ünite için santral çıkışında su kotu 692.00 m., 7 ünite için 693.00 m. dir.

#### BARAJ GÖVDESİ :

Esas gövde, merkezi mil çekirdekli sıkıştırılmış kaya dolgu tiptedir. Kil çekirdekle kaya dolgu arasında 8 m. genişlikte ince ve kaba filtre vardır. Kaya dolgunun maksimum yüksekliği temelden itibaren 207. Nehir tabanından itibaren 167 m. yüksekliktedir. Bir mukayese yapmak icap ederse çubuk 1 yüksekliğinin, 6) Hirfanlı Barajı ve Kızılay işhanı yüksekliğinin 3 mislidir. Maksimum kret kotu 852, maksimum su kotu 845 dir. Toplam Kret uzunluğu 1097 m. kret genişliği 11 m. dir. Memba şevki kretten 720 kotuna kadar 1 : 1,719.720 - 685 arasında ise 1:2 dir mansap şevi kretten 710 kotuna kadar 1 : 1,520 ve bunun altında 1 : 2 dir. Toplam kaya dolgu gövde hacmi 14.020.000 m<sup>3</sup> (7 Hirfanlı Barajı veya 15 Kesikköprü Barajı dolusu) dür.

#### CEBRİ BORULAR GİRİŞ YAPISI :

İçinden cebri boruların geçtiği 1 : 0,79 Mansap, 20 : 1 memba şevinde bir beton ağırlık barajıdır. Bu beton ağırlık barajının yüksekliği 85,80 kret uzunluğu 88., beton hacmi 277.400 m<sup>3</sup> dür. Cebri borular giriş ağzı önünde sepet tipinde, çubuk açıklığı 15 cm. olan çelik ızgaralar bulunmaktadır. Cebri borular girişi aks kotu 771,87 m., giriş yapısı kapak adedi 4, kabak vinci kapasitesi 180 tondur. Her ünite 5.20 çapmda ayrı bir cebri boru ile mücehhezdir.

#### DOLUŞAVAK :

Maksimum proje dolusavak kapasitesi 17.500 m<sup>3</sup>/sn. dir. Dolusavak, temelden yüksekliği 67.60 uzunluğu 124 m. beton hacmi 332.200 m<sup>3</sup> olan ve 830 - 845 kotları arasında 6 adet 16 X 15 m. ebadında radyal kapaklarla mücehhez bir beton ağırlık barajıdır. Kapak vinçleri adedi 6 ve kaldırma kapasitesi 125 tondur.

#### KUZİY AĞIRLIK BARAJI :

Beton ağırlık barajlarla kaya dolgu baraj arasında transmisyon vazifesi görecektir. Uzunluğu 92. m. olan beton ağırlık tiplindedir.

#### GÜNEY AĞIRLIK BARAJI :

Beton ağırlık barajlarının sol sahilde, dolusavak yapısı arasında kısımdır. 112 m. uzunlukta beton ağırlık tipindedir.

#### B — ÇOK YÜKSEK GERİLİMLİ ENERJİ SİSTEMİ :

Keban ve Gökçekaya hidroelektrik santrallerinden İstanbul ve Ankara Merkezlerine 380 kV ile enerji nakli plânlanması ilgili analizler sistemin 1970-1971 senelerindeki kurulu gücü nazarı itibare alınarak hazırlanmış; mamafih Keban'ın 8 generatörünün devreye gireceği 1975 senesi yük durumu da etüd edilmiştir.

#### GENEL TAVSİYELER :

Gökçekaya santral gruplarının 1 den 3'e kadar, Keban'ın 1 den 4'e kadar devrede (olduğu kabul edilerek sistem çalışmalarının esaslan tesbit edilmiştir.

1 — İstanbul'da indirici trafo merkezinde kurulu oto trafo kapasitesi 600 MVA alınmıştır. Trafolar nominal voltajın negatif ve pozitif yüzde beşine göre kademelenmeli, her kademe yüzde 2-1/2 olmalı veya hepsi beş kademe olmalıdır.

2 — Ankara'da indirici trafo merkezinde kurulu oto trafo kapasitesi 350 MVA alınmıştır. Trafolar nominal voltajın negatif ve pozitif yüzde beşine göre kademelenmeli, her kademe yüzde 2-1/2 olmalı veya hepsi beş kademe olmalıdır.

3 — Ankara indirici trafo istasyonunda İstanbul çıkışına ve her iki Keban girişine konmak üzere üç adet 100 MVAR, 380 KV hat reaktörü yerleştirilmelidir.

4 — Keban santralında her iki Ankara çıkışı üzerine iki adet 120 MVAR. 380 KV hat reaktörü yerleştirilmelidir.

5 — Ankara oto trafoların tersine sargılarına toplam takati 60 MVAR olan reaktörler yerleştirilmelidir. (2 adet 30 MVAR).

6 — İstanbul'da oto trafoların tersiyer sargılarına toplam takati 120 MVAR olan reaktörler yerleştirilmelidir. (4 adet 30 MVAR).

7 — Keban - Ankara enerji nakil hattının orta noktası civarında, arıza ve açmalarda sistem stabilitesini temin gayesi ile yüzde 20 veya 107 MVAR seri kompensatör yerleştirilmelidir. (1971 yılı 4 ünite).

8 — İstanbul 380/154 KV trafolarının 154 KV tarafındaki 4 adet 154 KV. şalterin her birini kapama seyrine aşırı gerilim amortizasyon

direnci bağlanmalıdır. Ankara 380/154 KV oto trafolarının 154 KV şalterlerinin ikisi de amortizasyon dirençsizde olabilir.

9 — Ankara'daki 380 KV şalterlerin her birinin kapama seyrine aşırı gerilim amortizasyon direnci bağlanmalıdır. Bu şalterlerden Keban hatlarına bağlı olan dört tanesinin açma seyrine de amortizasyon dirençleri bağlanmalıdır.

10 — Keban ve Gökçekaya salt sahalarındaki 380 KV luk şalterlerin kapama seyrine amortizasyon dirençleri bağlanmalıdır. Bu şalterlerden Keban - Ankara hattı üzerindeki İki tanesinin açma seyrine de amortizasyon dirençleri bağlanmalıdır.

11 — Ankara, İstanbul oto trafolarındaki ve Ankara - İstanbul hat reaktörlerindeki parafudrlar 550 KV minimum aşırı gerilimde olmalıdır.

12 — Gökçekaya - Ankara 380 KV hattın girişi, çıkışlarındaki ve Gökçekaya'da İstanbul' 380 KV hattın çıkışındaki parafudrlar 600 KV minimum manevra aşırı gerilimde olmalıdır.

13 — İstanbul - Gökçekaya 380 KV hattı ve İstanbul 380/154 KV oto trafoları bir ünite olarak İstanbul'dan enerjilenmelidir.

14 — Gökçekaya 380 KV transfer şalterleri, İstanbul 154 KV şalterleri açık olduğu zaman, İstanbul hattına bağlanmalıdır.

15 — Gökçekaya - Ankara 380 KV. hattı Gökçekaya'dan enerjilenmelidir. İstanbul ve Kebana giden 380 KV hatlar devreye girdikten sonra, bu hat Ankara'dan enerjilenebilir.

16 — Gökçekaya 380 KV transfer şalterleri, Ankara giriş ve çıkışlarındaki 380 KV şalterler açık olduğu zaman kapanmalıdır.

17 — Ankara 380/154 KV oto trafoları Ankara 154 KV barlarından enerjilenmelidir.

18 — İstanbul - Ankara 380 KV hattı ve İstanbul 380/154 KV oto trafoları bir ünite olarak İstanbul'dan enerjilenmelidir.

19 — Ankara 380 KV transfer şalterleri, İstanbul'daki 154 KV şalterleri açık iken kapanmalıdır.

20 — Ankara - Keban 380 KV hatları Ankara'dan enerjilenmelidir.

21 — Keban 380 KV transfer şalterleri, Ankara giriş çıkışlarındaki 380 KV şalterler açık iken kapatılmalıdır.

22 — Keban ve Gökçekaya 380 KV enerji nakil sisteminde yüksek sür'atli tekrar kapama organı kullanılmamalıdır.

## ETÜDÜN ESASLARI :

Muhtelif analizler için 1970, 1971 ve 1975 senelerinin sistem şartları esas alınmıştır. Keban ve Gökçekaya sistemi 1970 sonunda tamamlamak üzere programlanmıştır. Bu tarihte Gökçekaya'da üç gurubun ve Keban'da dört guruptan ikisinin servise girmiş olmaları kabul edilmiştir. 1971 ortalarında Keban'da dört gurubunda tamamlanmış ve devrede olmaları ön görülmüştür. 1975 sonlarında Keban sekiz ünitesi devreye girmiş olacaktır. 1970 - 71 periyodu için reaktör ve seri kompanzasyon ihtiyacı ve trafo kapasiteleri kafi olarak belirtilmiştir. 1975 senesi için nihai değerdeki seri kompanzasyon ve trafo kapasiteleri belirtilmiştir. Sistemdeki şönt reaktörlerin ve seri kompanzasyonun yerleri 1970 - 1971 ve 1975 seneleri sistem şartları nazarı itibare alınarak etüt edilmiş ve tesbit edilmiştir.

Dinamik rejim şebeke analizörü çalışmaları sistem karakteristiklerinin, yük akımı ve dinamik stabilite değerlerinin esaslarını vermiştir. Ankara'da başlangıçta muhtelif 380 KV şalter tertipleri gözönünde tutulmuştur. Bu etüde tipik generatör trafo, şalter ve parafudr karakteristikleri kullanılmıştır.

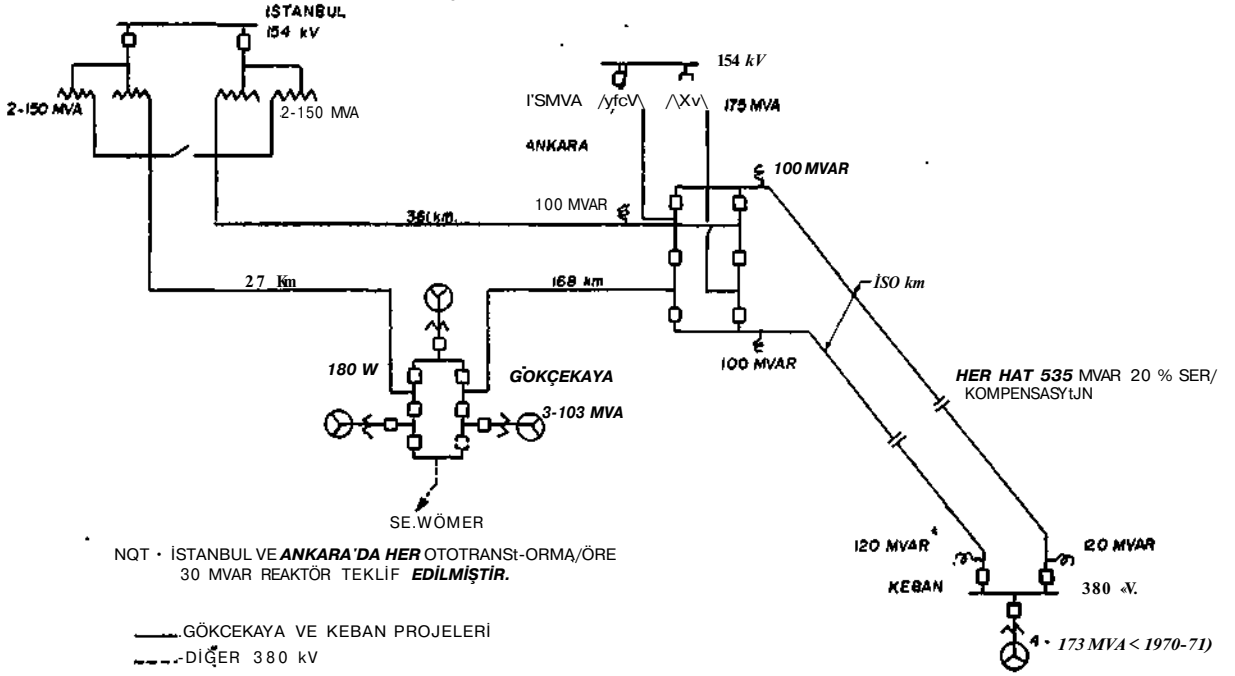
Digital komptürde bir çok yük akışı ve dinamik stabihite etüdü ile sistemin trafo, reaktör ve seri kompanzasyon ihtiyacı değerleri tesbit edilmiştir. Buna ilâveten Keban - Ankara arasında bir ara istasyonu kurulması (1) ve Keban Ankara hatlarında muhtelif yerlerde sen kompanzasyon mevkileri için ekonomik mukayeseler yapılmıştır. Manevra aşırı gerilimlerine göre salt tesisleri ve nakil devrelerinin izolasyon seviyeleri etüt edilmiştir. Enerji, nakil hatlarının normal ve arıza allerinde enerjilenmesi veya devreden çıkarılması esnasında husule gelecek dinamik rejimler analog kompitürde hesaplanmış bu hesaplara göre Şalter karakteristikleri, BİL seviyesi ve parafudr seviyeleri tesbit edilmiştir.

## TRAFÖ KAPASİTELERİ :

Sistemin 1970, 1971 vs 1975 de Normal ve hat kısımlarının devre harici olması hallerindeki işletmesinde yük akışı durumuna göre trafo kapasiteleri seçilmiştir. Bu hallerin analizi ve neticeleri aşağıda toplanmıştır.

Normal şartlardaki işletmede oto trafoların kademe ayarları ile yük merkezlerine mühim miktarda reaktif takat taşınabilmektedir. Mamafih arızalardaki işletme şartlarında sistemden çekilecek reaktif takat genellikle düşürülmüştür ve ototrafoların tokatlan hemen hemen yük akışını karşılamaktadır.

**GÖKÇEKAYA VE KEBAN & 80 KV SSTEMİ**  
1970



Secti: 1

Yüksek Ger. Ototrafo yük MVA (1)

Sene	işletme şekli	İstanbul (2) Ankara		
		Gurup 1	Gurup 2	
1970	Normal	148	122	178
1971	Normal	170	153	285
	İst. Ank. hattı devre dışı	235	—	314
	» Gökçekaya hattı devre dışı	—	220	318
	Gökçekaya-Seyit Ömer hat devre dışı	227	153	325
1975	Normal	288	231	318
	Keban Ank. hat. devre dışı	293	217	305
	Ank. tst. hat devre dışı	414	—	337
	Ank. Gökçekaya hat devre dışı	242	290	326
	Ank.-Ereğli hat devre dışı	314	280	398
	ist. Gökçekaya hat devre dışı	—	389	322
	Gökçekaya Seyit Ömer hattı devre dışı	328	237	340

(1) Tersiyer sargılarda ve 154 KV'daki yüklerin toplamı kaydedildi.

İki istanbul ototransformatörleri münferit yüksek gerilim enerji nakil hatlarına, yüksek gerilim tarafından şaltersiz olarak, birisi Gökçekaya hattına bağlanması Gurup 1'de ve ototrafonun Ankara hattına bağlanması Gurup 2'de gösterilmiştir. 1971 senesinde normal pik yükte Gurup 1, Gurup 2'den daha fazla yüklenecektir. Gökçekaya - Seyitömer hattı devre harici olduğu zamanlar Gurup 1, Gurup 2'den aşağı yukarı yüzde 50 daha fazla yüklenecektir.

1975 senesinde 380 KV sistemdeki gelişmeler ve Keban'ın 8 ünitesinin devreye girmesi Ankara ve istanbul'daki ototrafoların üst limite kadar yüklenmelerini temin edecektir. Tabloda gösterildiği gibi, 380 KV hatların devreden çıkması ototrafo yüklerinde artmalar doğuracaktır. Meselâ Ankara - Ereğli 380 KV. hattın devreden çıkması ile Ankara Ototrafosundaki yük 398 MVA'ya kadar yükselecektir. Çalışmalar gösteriyirki, Ereğli - Karabük mintikasıdaki voltaj

seviyeleri bu muntıkada bir, ilâve üretimi veya nakil hatları ilâvelerini gerektirmektedir. Bu ilâveler Ankara Ototrafolarının yüklenmelerini azaltır, istanbul 380 KV istasyon için 600 MVA ototrafo kapasitesinin yeterli olduğu kabul edilmiştir. Ankara'da kademeli ototrafoların yüklenmeleri 1970 den sonra bütün normal ve arıza halleri için 300 MVA'dan daha büyük olacaktır

#### KADEMELİ OTOTRAFOLAR :

1070 ve 1971 senelerinde 380 KV hatlarında gar) akımları reaktif kayıpların çok üstüne çıkacaktır. Böylece artan kısım hatlara bağlı reaktörler ve 154 KV şebeke tarafından emilmelidir. Hat şarj akımlarını minimum seviyede tutabilmek için, sistemi düşük voltaj seviyesi ile işletmek gerekir. Trafo ayar kademeleri bu kadar düşük voltaj seviyelerini mümkün kılacağından önemlidir.

İlerde 380 KV hatların planlanılan şekilde iyice yüklenmesi hat reaktif kayıpları ile şarj akımları arasında bir denge teessüsünü temin edecektir. Bilhassa hat devreden çıkmalarında bu durum daha belirli olarak kendini gösterecektir.

Yük akış halleri gösteriyorki, 1975 senesine doğru sabit kademeli ototrafolarla birlikte çalışacak olan santrallerin gerilim regülasyonları sistem için uygun gerilim seviyesi teminine yetecektir. Aynı zamanda Ankara ve İstanbul'daki 380/154 KV ototrafoların negatif ve pozitif yüzde beş, kademelerinin (2 -1/2) yeterli olduğu görülmektedir.

#### REAKTÖRLER :

Gökçekaya ve Keban 380 KV nakil sistemi nominal voltajda şarj yükünü 945 MVAR değerine çıkaracaktır. Gökçekaya - Seyitömer 380 Kv. hattı şarj takatını 1010 MVAR'ye çıkaracaktır. Bu hat şarj akımı, hat ve trafolar generatörler, senkron kompensatörler ve reaktörler tarafından kompanse edilmelidir.

Hafif yükte (Gece yüklü olarak alınmıştır. Pik yükün 0.60 dır) reaktif şarj ve kayıpların minimum olacağı şekilde gönt reaktörler seçilmiştir. Bunun için gerekli değerler, 1970 senesi hafif yük Gökçekaya gurupları devrededir. Diğer hallerde yalnız Keban ve Gökçekaya'daki İkışer ünite devrededir. Bu esnada Gökçekaya'daki üçüncü generatör arıza halı olarak devre dışı'düşünüldü. Bu hallere ilâve olarak, 1971 senesi hafif yükünde Keban'da dört gurubun devre olması halı kompütürde etüt edilmiştir.

Tecrübeler gösteriyorki uzun mesafelerdeki bir yük merkezinden diğerine büyük miktarda reaktif gücün iletilmesi kabil değildir. Böylece 380 KV indirici merkezlerde yalnız ümitlenmiş bir değerde reaktif takat çekilebilir. Yüklenme esaslarına göre Keban ve Gökçekaya generatörleri 0,9 güç faktörü ile çalışabilirler ve seri kompensasyonlar Keban - Ankara hatlarının orta nok-

tasına yerleştirilmiştir. Aşağıda muhtelif mevki-ler için reaktör bobinleri tayin edilmiştir.

Mevki	1970 Hafif yük İhtiyaçları MVAR
Keban	200
Ankara	370
Gökçekaya	0
İstanbul	120
Toplam	690

Sistemin yük ve kayıplarını artıran pik yüklenmelerde gerilim seviyesini uygun durumda tutabilmek için bazı reaktör bobinlerini devre harici yapmak icabedecektir. Aynı zamanda hat devreden çıkmalarında devrede kalan sistem için servisteki reaktör adedi düşürülmelidir. 1970 ve 1975 senelerinde sistemin çalışma şartlarında devre harici edilmesi icap eden reaktör kapasitesini tayin etmek için yük akış dağılımı halleri üzerinde çalışılmıştır.

Yüksek gerilim sisteminin bütün yük seviyelerinde açık devre voltajlarını (hat sonlarında şalter açmaları halı) limitlemek için reaktör kapasitesine zaruret olduğu ayrıca tetkik edilmiştir. Bir ucundan enerjilenen yüksek gerilim hattında kapazitif akım hattın endüktif reaktansına akarak hattın ucunda bir gerilim yükselmesi doğurur. Eğer bu kapazitif akımın terminal tesislerine ve bağlı sistem empedansına akması İcap ediyorsa neticede voltaja ilâve bir yükselme husule gelir. Uzun bir hat ucundan kaynağa doğru enerjilendiği takdirde gerilim yükselmesi nisbeten düşer. Hatların stratejik noktalarına yerleştirilecek reaktörler vasıtası ile Şarj akımlarının azaltılması voltajların uygun bir seviyede tutulmasını temin eder. Açık devre voltaj seviyesinin, 380 KV'un yüzde 110'u civarında sınırlandırılması tabiki bir durumdur.

Ankara Gökçekaya ve İstanbul Merkezleri için reaktörlerin hatlara bağlı ve bağlı olmadığı durumlardaki açık devre voltajları kompütürde hesaplanmıştır. En kritik hallere göre değerler :

Hat	Açık üç	Reaktör MVAR	Açık Üç voltajı %
İstanbul-Gökçekaya	Gökçekaya	0	113,8
	Gökçekaya	60 (i)	110,7
Gökçekaya-Ankara	Ankara	0	111,6
Ankara-Keban	Keban	220 (2)	109,2
Ankara-İstanbul	İstanbul	0	116
	istanbul	120 (3)	100
	Ankara	0	127,5
		100	105

- (!) Reaktörler ototrafolar tersiyer sargılarına bağlıdır.  
 (²) 100 MVAR hat Ankara'da ve 120 MVAR hat reaktörü Kebanda  
 (³) 60 MVAR salt reaktörü İstanbul'da, 100 MVAR hat reaktörü Ankara'da ve 30 MVAR galt reaktörü Ankara ototrafoları tersiyer sargılarında ,

istanbul - Gökçekaya hat hesaplan için İstanbul - Ankara hattı devre dışı farzedilmiştir. İstanbul'da tersiyer sargılardaki reaktörler açık devre voltajını efektif olarak düşüreceklerdir.

Gökçekaya - Ankara hat hesaplan için, Gökçekaya - İstanbul hattı devre dışı ve Gökçekaya - Seyitömer hattı da henüz tamamlanmamış kabul edildi. Bu durumda açık devre voltajını uygun seviyede tutabilmek için Gökçekaya generatör voltajını düşürmek kâfidir.

Ankara - Keban hatları enerjilenirken İstanbul - Ankara veya Gökçekaya Ankara hattının devreden çıkması mümkündür. Gökçekaya - Ankara hattı durumu itiban ile daha kritik olduğundan hesaplar bu şartlara göre yapılmıştır. Keban hatlarındaki hat reaktörleri açık devre voltajını düşüreceklerdir.

İstanbul - Ankara hattında İstanbul'dan enerji verilmesinde açık devre voltajı hesapları için, İstanbul - Gökçekaya hattı servis dışı farz edilmiştir. Ankara - İstanbul hattı Ankara'dan enerjilendiğinde, açık devre voltajı hesapları için Gökçekaya - Ankara hattı ve Keban hatları servis dışı farz edilmiştir.

Bu muhtelif varyasyonlara göre (1) açık devre voltaj seviyesini ümitlendirmek için reaktör ihtiyacı (2) normal sistem voltajı kontrolü için reaktör ihtiyacı ve (3) tersiyer sargılardaki normal şalt reaktörü ihtiyacı olarak aşağıdaki miktarlar uygun görülmüştür.

Mevki	Hatlardaki Reaktörler	Trafo tersiyer sargılardaki salt reaktörleri
Keban	2 -120 MVAR	—
Ankara	3 -100 MVAR	2 -30 MVAR
istanbul	—	4 -30 MVAR

Ankara'da 100 MVAR'lık reaktörlerin her biri Keban girişlerine ve İstanbul çıkışına konmuştur. 30 MVAR değerindeki reaktörler Ankara ve İstanbul'daki ototrafoların tersi yer sargılarına bağlanmış olacaktır. Tersiyer sargılara bağlı reaktörler yüzde ikiden daha büyük bir gerilim düşümüne sebep olacaklardır, bu da kabili tevzi sınırı içindedir.

#### SERİ KOMPANZASYON :

•Uzun bir enerji nakil devresi ile Ankara'ya bağlı bulunan Keban sistemini dinamik stabilite etüdü büyük bir ehemmiyet arz etmektedir.

Nihai çalışmalarda Keban ve Gökçekaya blokları için generatör karakteristikleri aşağıdaki değerlerde alındı.

Mevki	KVA	Devir	G D'	Xd %	Xd' %
Keban	103.000	187.5	7,08 x 10°	125	30
Gökçekaya	175.000	166.7	16x10<>	100	30

Keban için dinamik stabilite hesapları aşağıdaki kriterlere göre yapıldı :

- 1 — 1971 ve 1975 de sistemin pik yükü,
- 2 — Bir anza anından önce devreler serviste,

3 — Keban 380 KV barları yakınında üç fazlı anza,

4 — Primer röleler tarafından arızanın ortadan kaldırılması 0,1 saniye (5 saykıl).

Kebandaki seri kompanzasyon değişik olup, Keban hatlarının bir devresindeki bir anzada, yüksek hızlı tekrar kapama operasyonuna malik olmaksızın, stabil bir sistem çalışmasını temin edecek şekilde seçildi. Tekrar kapama transient aşın gerilimlerden dolayı, Keban'da'en az dört ünite kullanıncaya kadar, Keban hatlarına yerleştirilmemelidir.

Etüd edilen sistem analizleri ve salının eğrileri gösteriyorki 1971 de Keban'da dört ünite için Keban - Ankara hatlarına yüzde yirmi seri kompanzasyon gerekmektedir, ileride bu dört guruba ilâve üniteler geldiği zaman fazla miktarda seri kompanzasyon ihtiyacı olacaktır. 1975 de Keban'da sekiz ünite tamamlandığı zaman Keban - Ankara hatlarında aşağı yukarı yüzde 50 seri kompanzasyon ihtiyacı olacaktır

1970 de yalnız Gökçekaya santralı Serviste olduğu düşünülerek ayn stabilite etüdüleri de yapıldı.

#### SERİ KOMPANZASYON YERİ :

Seri kompanzasyon Keban - Ankara hatlarındaki yeri çok mühim olup, voltaj seviyelerine, reaktif akımlara, kayıplara, Omik değerlere tesir eder.

Seri kapasitör gruplarının yeri sistemin maliyetine de tesir edecektir.

Seri kapasitör gruplarının yerleri için üç alternatif düşünüldü :

(1) Keban çıkışları, (2) Ankara girişleri (3) Bu merkezlerden herhangi birisinden itibaren hat uzuluğunun üçte birisi ile yansı arasında.

Seri kapasitörlerden Keban çıkışlarına yerleştirilmesi hallerinde hattın sonu Ankara girişinde yük faktörü çok büyük olacaktır. Böyle bir işletme voltaj seviyesini muhafaza edebilmek için Ankara'da çok büyük şönt kapasitörlerin yerleştirilmesini zaruri kılacaktır. Bu tarz işletme Keban genaratörlerinin yük verme kabiliyetini ve statik stabilitesini düşürür. Bu sebepten seri kompanzasyon Keban çıkışlarına yerleştirilmesi tevsiyeye şayan değildir.

Seri kompanzasyonun yerleştirilme mevkiinin tesbiti için dört plân analizi yapıldı :

Plân 1 — Seri kompanzasyon hattın ortasında.

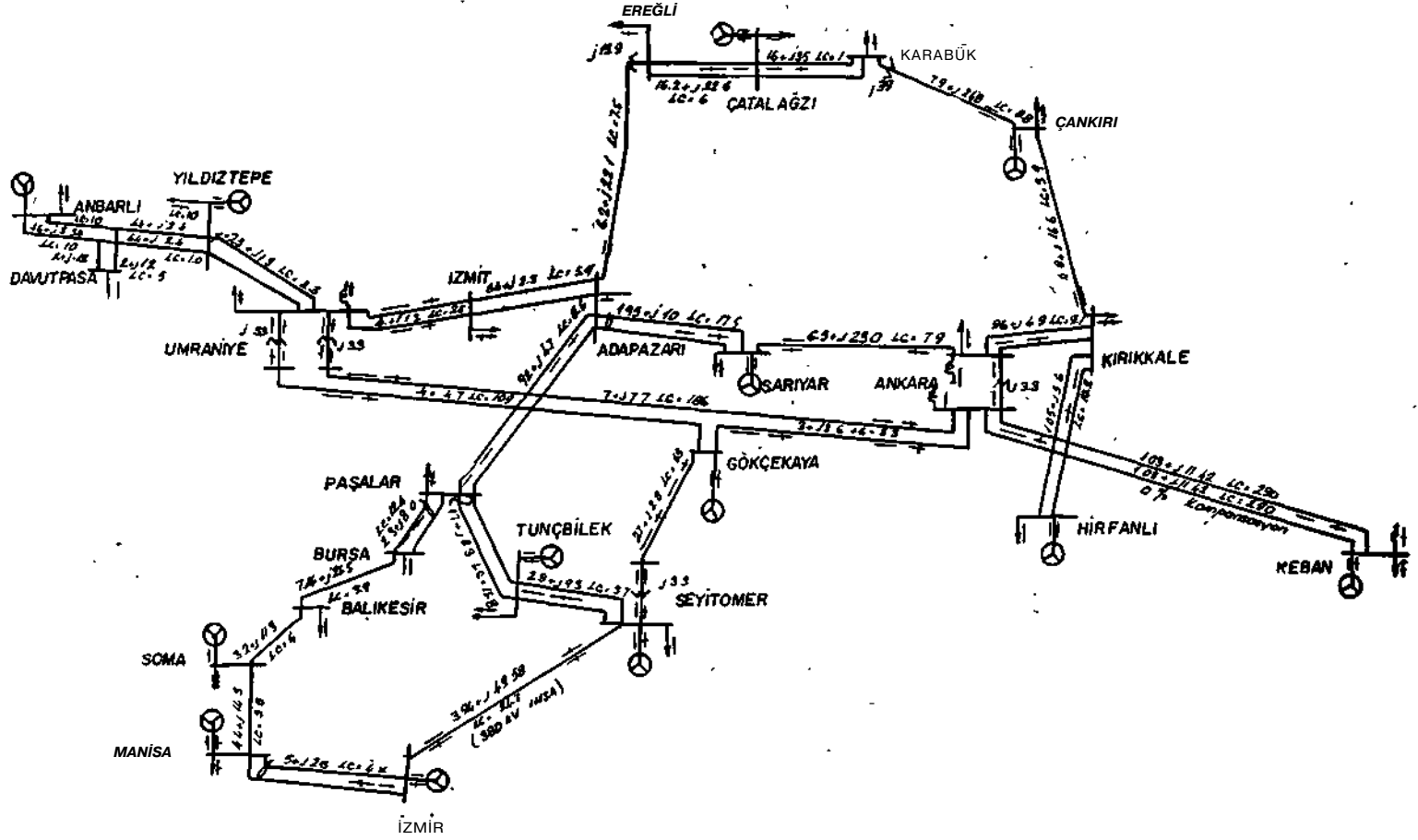
Plân 2 — Seri kompanzasyon Ankara girişinde.

Plân 3 — Seri kompanzasyon Ankara girişinde ve hattın ortasında.

Plân 4 — Seri kompanzasyon Ankara girişine üçte bir mesafede.

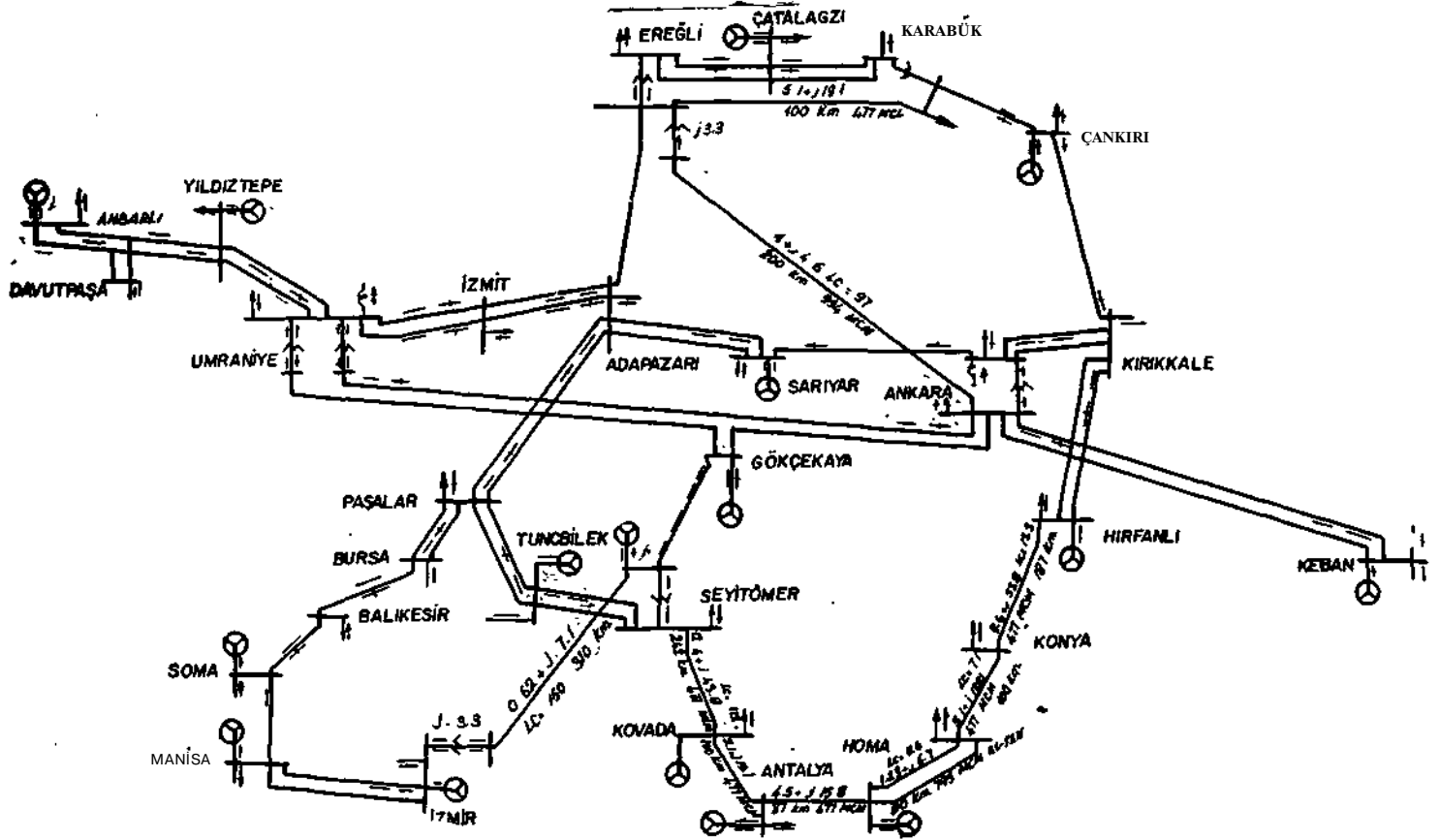


1970-71 SİSTEMİ EMPEDANSLAR 100 MVA BAZDA  
YÜZDE HAT ŞARJLARI (LC) M VAR



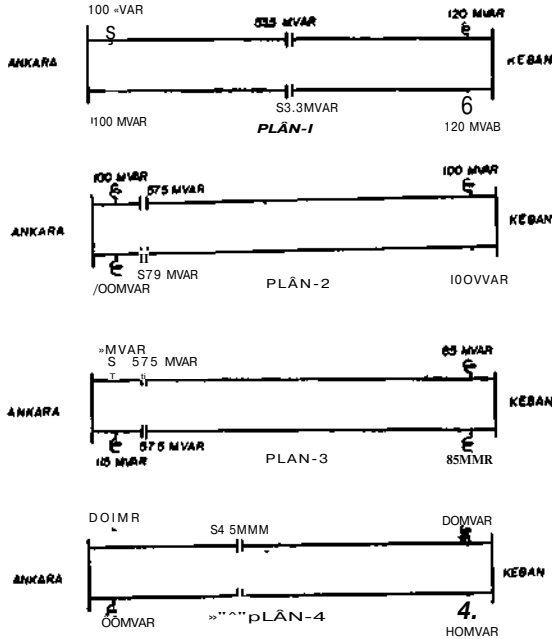
Şekil: 2

1975 SİSTEMİ EMPEDANSLAR 100 MVA BAZDA  
YÜZDE HAT ŞARJLARI (LC) MVAR

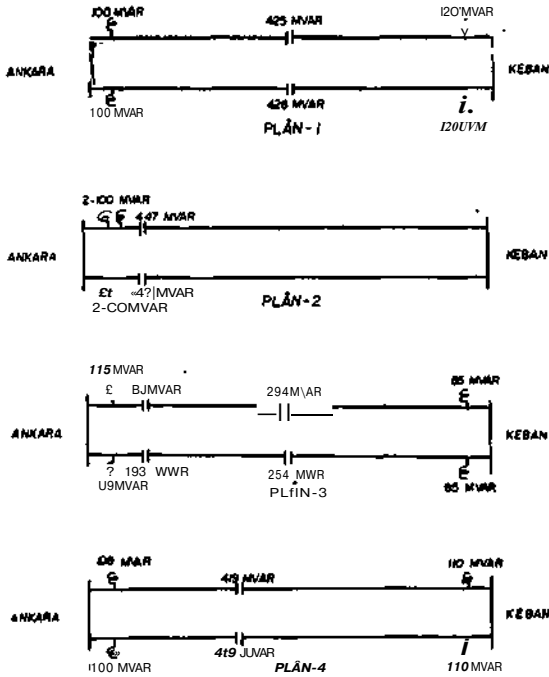


Şekil : 3

Bu plânların tetkikinde, 1971de yüzde yirmi seri kompanzasyon 1975 de İse yüzde elli seri kompanzasyona ihtiyaç olacağı kabul edilmiştir. 1971 de Keban'dan - Ankara'ya yük akışı 500 MW civarında ve 1975 de ise 900 MW civarında olacaktır. Bu plânlar ekteki şema 2 ve 3'de gösterilmektedir.



Şekil 4



Şekil 5

Plân 1'de seri kompanzasyonun yeri olarak, hemen hemen hattın ortasına tekabül eden Kayseri civarı teklif edilmektedir. Kayseri aynı zamanda istikbalin yük merkezidir. Kayseri civarına seri kompanzasyonun yerleştirilmesi ilerde bu şehir mıntikasındaki büyük yük gelişmelerinde de faydalı olacaktır. Kayseri'deki 154 KV tesis personeli kondansatör gruplarının işletme ve bakımına da yeteceğinden ayrıca bir personel masrafları çıkmayacaktır.

Plân 2 ise 1970 ve 1975 de bütün seri kompanzasyonların Ankara'da yerleştirilmesini ön görmüştür. Bu kuruluş trafo merkezinin başı tesisatlarından faydalanmayı sağlayacaktır, trafo merkezi dışında bu mümkün olmayacaktır. Buna ilâveten daha fazla tecrübeli bakım personeli Ankara'da daha kolayca temin edilebilecektir.

Plân 3'e göre 1971 de Ankara girişine yüzde yirmi seri kompanzasyon konacak, bu tertiple 1975 de hattın ortasına yüzde otuz ilâvesiyle 1975 senesinin yük naklini de temin etmek kabil olacaktır.

Plân 4 de bütün seri kapasitör gruplarının Ankara girişine üçte bir mesafede yerleştirilmesi on görülmüştür. Bu plânın asıl gayesi hattın ortasına nazaran bu yerleştirilmenin maliyet, voltaj seviyesi ve kapasitör teçhizatı ihtiyacı yönünden mukayese etmektedir.

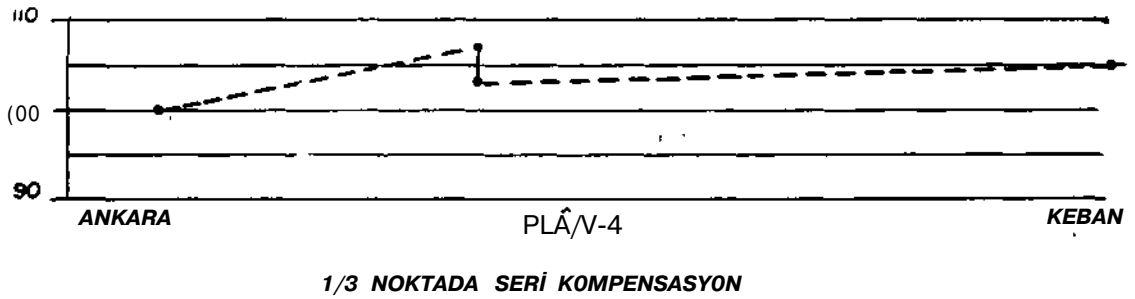
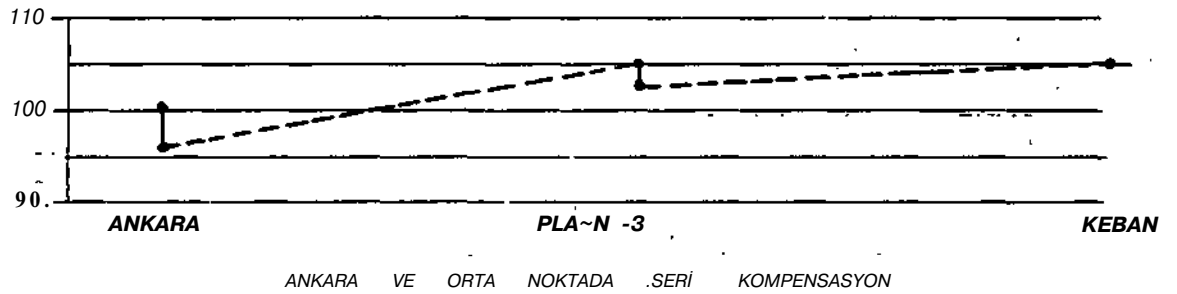
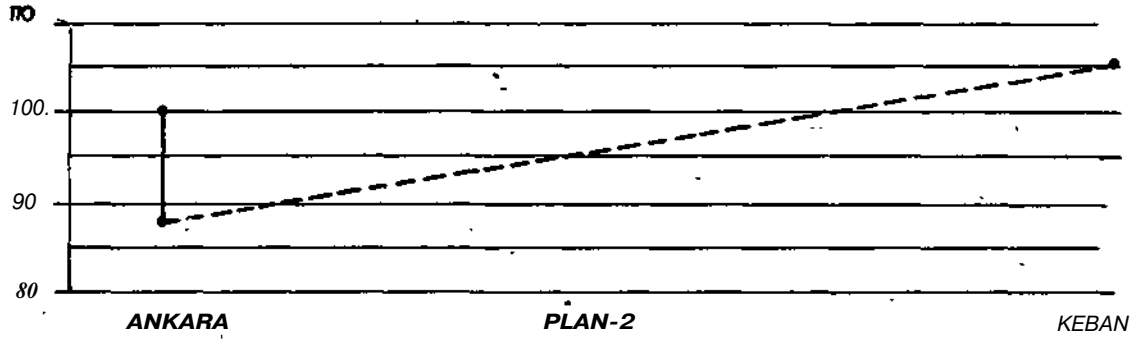
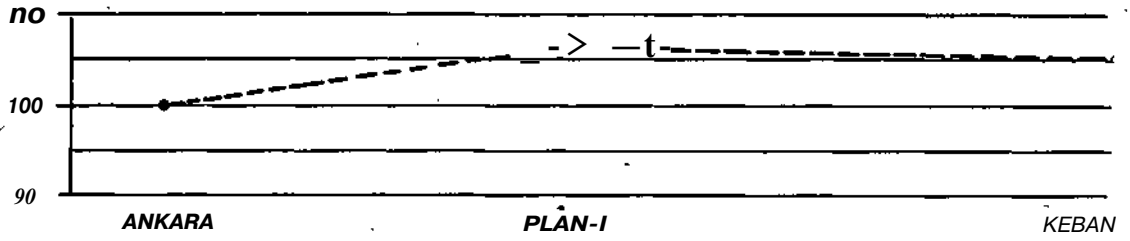
1970, 1971 ve 1975 yük tablolarını nazara alarak seri kompanzasyon miktarı hesaplanmış ve aşağıdaki tabloda MVAR olarak verilmiştir.

	MVAB	
	1971	1975
Plân 1	107	852
Plân 2	115	894
Plân 3	115	874
Plân 4	109	838

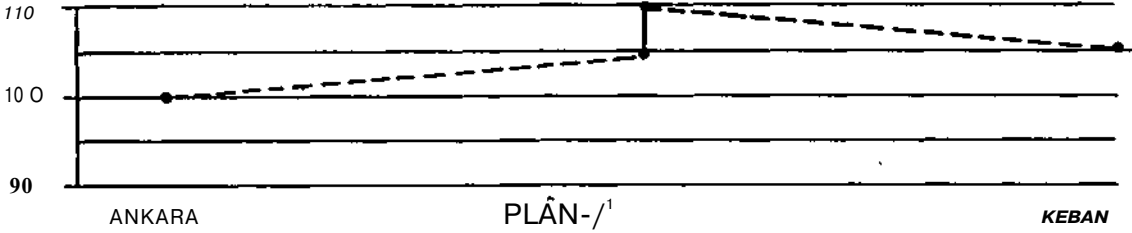
Bu hesaplar Keban - Ankara hatlarından bir devresinin herangi bir sebeple devre harici olması ve gen kalan devrenin 900 MW Ankara'ya yük taşıması haline göre yapılmıştır.

Aşağıdaki şemada muhtelif plânlar için 1971 de açık devre voltajlarını göstermektedir. Şema 6 ve 7 muhtelif plânlar için 1975 de kondansatör merkezlerinde hem normal şartlar için, hem de hat açmalarında voltaj seviyelerini göstermektedir.

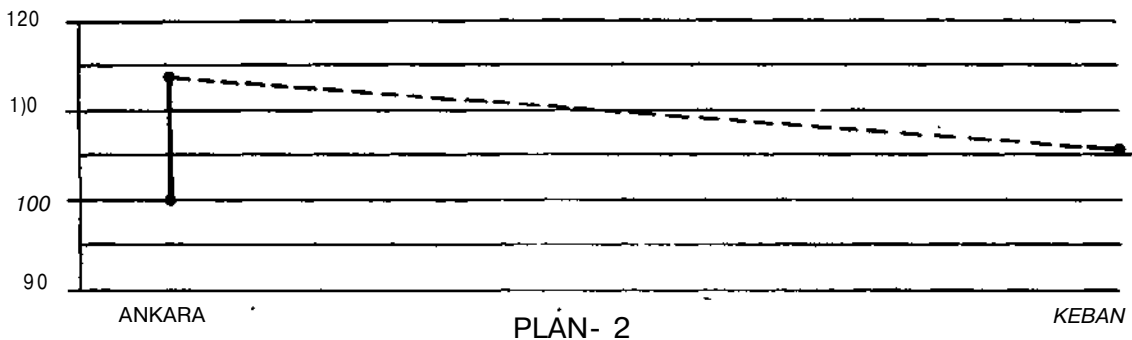
Not : Negatif işaretler reaktif akımın hatta doğru olduğunu göstermektedir. Keban barlarında gerilim 1971 de 380 KV ve 1975 de 400 KV olacak şekilde plânlanmıştır (') plân Keban hatlarının her birinin Ankara merkezine girişleri üzerinde 10 MVAR (2x100 MVAR) reaktör ön görülmüştür.



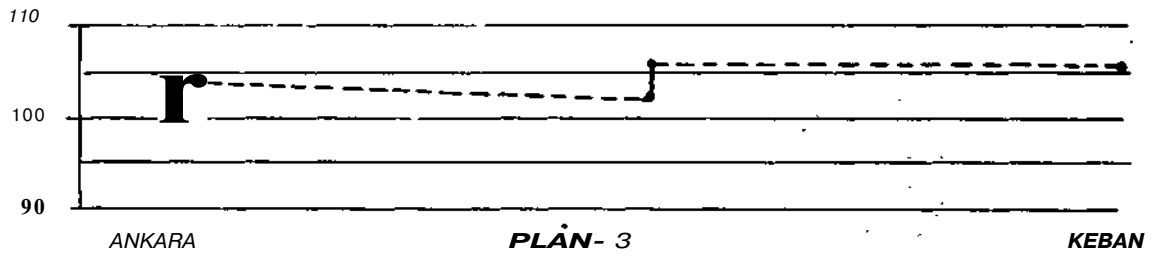
Şekil : 6



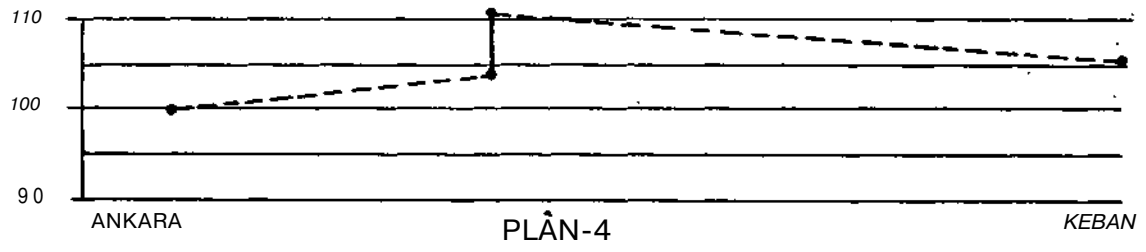
ORTA NOKTADA SERİ KOMPENSASYON



ANKARA TERM/L ALİMDE SERİ KOMPENSASYON

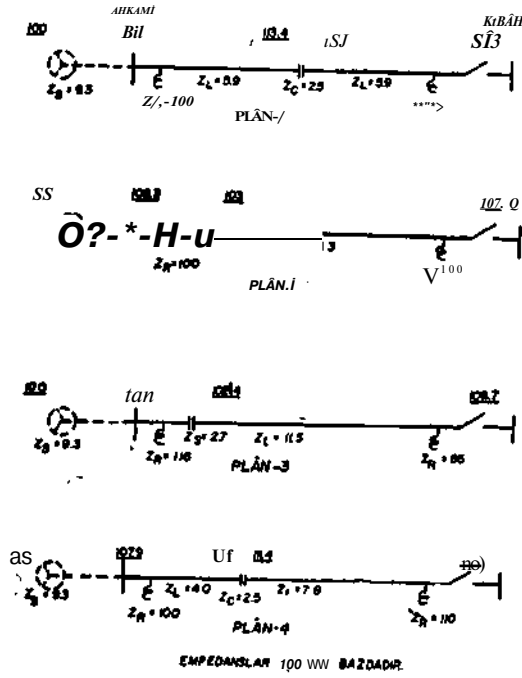


ANKARA VE ORTA NOKTADA SERİ KOMPENSASYON



1/3 NOKTADA SERİ KOMPENSASYON

Şekil 7



Şekil: 8

Keban - Ankara hattının Ankara girişindeki reaktif akım dağılımları normal ve hat açma halleri için aşağıda verilmiştir.

1971

Normal hafif yük  
Normal pik yük  
Pik yükte bir hat açık

1975

Normal ışık yükü  
Normal pik yük  
Pik yükte bir hat açık

Ankara girişi reaktif akış

Plân 1	Plân 2	Plân 3	Plân 4
66	119	89	66
-4	50	19	-4
-95	-66	-81	-95
-62	6 (i)	5	15
-53	17 (i)	20	25
-229	-184 (i)	-191	-186

Plân gelişmelerine bağlı olarak sistem maliyetlerinin bir hesaplanması yapılmıştır. Seri kapasitör masrafları ve aynı zamanda şönt kapasitör, şönt reaktör maliyetlerini ihtiva eden muhtelif haller için mukayeseli maliyet cetvellerine ihtiyaç vardır. Plânlar için yatırım ve senelik nisbi maliyet tabii 2'de verilmektedir. 1971 de Plân 2 ve 3, Plân 1 ve 4'den daha az kapital maliyeti icap ettiriyor. Daha evvel plânlanmış olan Ankara trafo merkezinin birçok cihazları Plân 2 ve 3 için kullanılabilir. Seri kapasitörlerin Ankara ve Keban girişlerinden uzağa yerleştirilmesi hallerinde plân 1 ve 4'e ilâve masraflara ihtiyaç olacaktır.

Ankara - Keban hattının muhtelif yerlerine yerleştirilecek seri kapasitörler normal işletmede

dahi kayıplar doğuracaktır. Bu kayıplar mukayeseli olarak hesaplanmıştır. 1971 de Keban'da voltajı yükseltmek sureti ile Plân 1 ve 4 de Ankara mıntikasında reaktör kapasitesini fazla yüklemeksizin kayıpları azaltmak mümkündür. 1975 de kayıp hesaplarında bir baz olarak Keban'da çıkış barları voltajı yüzde 105 (400 kV.) alınmıştır. 1971 de Keban - Ankara hatları oldukça zayıf yükte yüklenenlerinden kayıplarda düşük olacaktır. Keban minimum voltajı 380 kV olacak şekilde alınarak mutelif plânlardaki kayıplar mukayese ve tesbit edilmiştir.

Muhtelif plânların neticelerine göre 1975 de ilâve seri kompanzasyonu maliyeti en düşük olarak plân 1 ve 4 içindir. Sistemin 1957 de Keban hatlarındaki yük nakli artacağından bütün plânlardaki kayıp değerleri de yükselecektir. Mafatih tecrübeler gösteriyorki minimum kayıplar plân 1'dedir.

Senelik nisbi maliyetlerin mukayesesi 10 senelik bir periyot için (1970 den 1979'a kadar) yapılmış ve neticeler tablo 9'da verilmiştir. Aynı zamanda Tablo 9 da 30 senelik maliyet değerlerinde, para kıymetindeki değişimler, katılarak nazarı itibare alınmıştır. Tablo 9 Plân 1'in plân 2 ve diğerlerine nazaran avantajını göstermektedir.

Bu dört plânın ekonomik yönden mukayesesi yanında işletme yönünden de mukayesesi

lüzumludur. Şema 5 ve 6 plânların muhtelif işletme şartlarında seri kapasitörlerindeki gerilim seviyelerini göstermektedir. Normal işletmede seri kapasitörlerin hattın ortasına konması ile yüzde 107 (407 kV) bir maksimum voltaj temin edilmiş olacaktır. Hat açma şartlarında (Keban - Ankara hattının biri devre dışı) seri kapasitör guruplarının Keban tarafından voltaj yüzde 110 (418 kV) oranında artabilir. Kapasitörlerin orta noktaya konması ile Keban civarında yüzde 105 (400 kV) ile çalışmak mümkün olacaktır. Diğer plânlarla bunu temin çok zordur. Hatların ortasında veya Ankara girişlerinde seri kapasitörlerle Keban işletme voltajı 400 kV'un altına düşürülmelidir Aksi halde An-

kara girişlerine ilâve reaktörler koymak icap edecektir.

Ekonomik analizelerin ve işletme faktörlerinin bir sonucu olarak seri kondansatör bataryalarının en uygun montaj yeri Kayseri civarı olduğu tebeyüü etmiştir. (1970 -1971 senelerinde). İlerde Keban santralına dört guruba ilâve gurupların gelmesi halinde bu mevkiin yeniden etütlerini yapmak faydalı olacaktır.

#### SALT BAĞLANTILARI :

Keban ve Gökçekaya 380 kV sistemleri bağlantısındaki muhtelif sistem işletmesi, galtma nevraları ve transient aşırı voltajlar hakkında yapılan etütler neticesi Ankara trafo merkezinde 6 adet 380 kV. takat şalterleri ve bir ring bara ön görülmüştür.

Şema 1, açık devre voltajlarının geçici rejimde maksimum 2,5 P.Ü. (775 kV Max) ve kararlı rejimde maksimum 420 kV olacak şekilde salt bağlantıları tesbit edilmektedir.

#### İstanbul - Gökçekaya 380 kV bat ve istanbul 380/154 kV oto transformatörleri :

istanbul - Gökçekaya 380 kV enerji nakil hatları ye İstanbul 380/154 kV ototrafolan bir ünit olarak incelendi. Bu etüdün ana hatları aşağıda sıralanmıştır.

1 — İstanbul'da 154 kV ve Gökçekaya'da 380 kV devre kesicilerine kapama rejiminde ağır gerilim amortizasyon rezistansları bağlanmalıdır.

2 — Gökçekaya girişi parafudurlarının minimum salt ağır gerilim değeri 600 kV Max. olmalıdır.

3 — Eğer hatlar ve ototrafolar Gökçekaya'dan enerjilendiği takdirde İstanbul ototrafolanın 380 kV. sargılarını korumak için konacak parafudurların minimum salt ağır gerilim değeri 630 kV Max olmalıdır.

4 — Hatlar ve ototrafolar yalnız İstanbul'dan enerjilenecekse İstanbul ototrafolanın 380 kV sargılarını korumak için konacak parafudurların minimum salt aşırı gerilim değeri 550 kV Max olmalıdır.

5 — Eğer İstanbul 154 kV şalteri açık ise Gökçekaya 380 kV şalteri transfer triptinde açık olmalıdır.

Gökçekaya İstanbul'dan iki ototrafo ve 380 kV hat ili enerji vermeden evvel İstanbul'daki her iki ototrafonun tersiyer sargılarına birer 30 MVAR şönt reaktör bağlanmalıdır. Bu reaktörler Gökçekaya'da açık devre voltaj yükselmesini 420 kV'da sınırlar. Eğer bu reaktörler enerji veriminde devrede değillerse İstanbul'da 380 kV.

barlardaki gerilim 425 kV'a çıkacak ve Gökçekaya'da hattın açık ucunda gerilim 435 kV olacaktır. Bu sebepten tersiyer sargıların şalterleri ile İstanbul 154 kV şalterleri arasında uygun bir kilitleme tertibatı tavsiyeye şayandır. Tersiyer sargılardaki şönt reaktörler enerji verilmeden evvel serviste olmalıydılar, bundan sonra hat ve ototrafoların enerjisi yüksek hızlı tekrar kapama organı ile kesilmemelidir.

Hat ve ototrafolar Gökçekaya'dan enerjilenirken İstanbul'da aşırı gerilimi 420 kV'da sınırlamak için, (a) Gökçekaya hattına bağlı İstanbul ototrafolan tersiyer sargılarının her birine enerji verilmeden evvel 30 MVAR gönt reaktör bağlanmalıdır, (b) Gökçekaya - Ankara 380 kV hattı serviste olmalıdır, (c) Gökçekaya'da en az iki jeneratör gurubu serviste olmalıdır. Bu şartlara ilâve olarak, İstanbul 154 kV. şalteri kapanmadan önce Gökçekaya 380 kV. şalterini kapatırken yukarıda belirtilen transfer işlemlerini yapmak gerekecektir. Bu durumdan görülmektedirki, hat ve ototrafolar daima İstanbul 154 kV. şalteri kapalı iken enerjilenmelidirler.

İstanbul - Gökçekaya hattı ve İstanbul 380/154 kV. ototrafolan bir ünite olarak enerjilenmesi esnasında aşağıdaki salt manevraların yapılması gerekmektedir.

Kademe 1 : Gökçekaya hattına bağlı iki İstanbul 380/154 kV. ototrafolanın tersiyer sargılarına 30 MVAR reaktörleri bağlamak için şalterlerini kapa.

Kademe 2 : Ototrafolan ve Gökçekaya 380 kV hattı, İstanbul 154 kV. şalteri kapayarak enerjile.

Kademe 3 : İstanbul - Gökçekaya 380 kV sistemi servise sokmak için Gökçekaya 380 kV şalteri senkronize et ve kapa.

#### GÖKÇEKAYA - ANKARA S80 kV HAT :

1 — Gökçekaya ve Ankara 380 kV. şalterine kapama rejiminde amortizasyon dirençleri bağlanmalıdır.

2 — Gökçekaya ve Ankara girişlerine konacak parafudurların minimum salt aşırı gerilim değeri 600 kV Max. olmalıdır.

3 — Ankara 380 kV şalteri açık İse Gökçekaya 380 kV. şalterleri transfer Tripte açık olmalıdır.

Hat Gökçekaya'dan enerjilenirken Ankara'da aşırı gerilimi 420 kV'da sınırlamak için, (a) İstanbul - Gökçekaya hattı serviste olmalıdır, (b) Gökçekaya'da en az iki jeneratör gurubu serviste olmalıdır. Bu şartlara ilâveten Ankara 380 kV. şalteri kapanmadan önce Gökçekaya 380 kV.

şalterini kapatırken yukarıda belirtilen transfer geçici sağlamalıdır. Yukardaki neticelere göre otomatik yüksek hızlı tekrar kapama ile hattın enerji kesilmesi kullanılmayacaktır.

Eğer hat Ankara'dan enerjileniyorsa Gökçekaya'da manevra aşın gerilimini 420 kV'da limitlemek için en azından bir 380/154 kV ototrafo ve bir 380 kV hat serviste olmalıdır ve Ankara 380 kV barı devrede olmalıdır. Enerjilenmeden evvel Ankara'da yalnız bir ototrafo 380/154 kV. serviste ise Ankara 380 kV. barlarında aşırı gerilim 460 kV ve Gökçekaya da hattın açık ucunda 470 kV olacaktır. Eğer enerjilenmeden evvel Ankara'da bir 30 MVAR tersiyer sargı reaktörü serviste ise Gökçekaya'da ağır gerilim 20 kV düşecektir. Yukarıki \zaharlardan anlaşılacağı üzere, Gökçekaya Ankara 380 kV. hattı servise sokulduğunda (hat Gökçekaya'dan enerjilenecek) İstanbul ve Keban'a giden 380 kV hatların enerjilenmemiş durumda olmaları gerek İstanbul ve Keban'a giden 380 kV hatlar servise girdikten sonra, hat Ankara'dan enerjilenecektir. İstanbul ve -Keban'a giden 380 kV hatlar Ankara'dan devreye alınmadan evvel, Gökçekaya - Ankara 380 kV hattı enerjilenirken aşağıdaki salt manevralarını yapmak gerekir :

Kademe 1 : İstanbul - Gökçekaya 380 kV hattı ve İstanbul 380/154 kV oto trafolarını servise alın.

Kademe 2 : Gökçekaya'da en az iki generatörün devrede olmasını temin eden.

Kademe 3 : Gökçekaya - Ankara 380 kV hattındaki transfer tripl servisten çıkarın.

Kademe 4 : Gökçekaya 380 kV şalterini kapayarak Gökçekaya - Ankara 380 kV hattı enerjileyin.

Kademe 5 : Gökçekaya - Ankara 380 kV sistemi servise almak için Ankara 380 kV şalteri senkronize edin ve kapayın,

Kademe 6 : Gökçekaya - Ankara 380 kV hattındaki transfer tripl servise alın.

İstanbul ve Keban'a giden 380 kV hatlar serviste iken Gökçekaya - Ankara 380 kV hattı devreye sokmak için gu manevraları yapmak lâzımdır.

Kademe 1 : En az bir 380/154 ototrafonun, Keban'a giden bir 380 kV hattın serviste olmasını ve Gökçekaya hattının enerjilenmesini temin edecek Ankara 380 kV barın devreye alınmasını sağlayın.

Kademe 2 : Ankara 380 kV şalteri kapayarak Gökçekaya - Ankara 380 kV. hattını enerjileyin.

Kademe 3 : Gökçekaya - Ankara 380 kV sistemi servise almak için Gökçekaya 380 kV şalterini senkronize edin ve kapayın.

### **ANKARA 380/154 kV OTOTRANSFORMATÖRLERİ :**

Ankara 380/154 kV ot.otrafolunun enerjilenme durumu transient şebeke analizörü ile etüt edilmiştir. Bu husus diğer etüt çalışmalarından çıkarılarak aşağıdaki esaslara bağlandı,

1 — Ototrafolar Ankara 154 kV bardan enerjilenecek.

2 — Ankara 154 kV şalterlerinin kapama rejiminde amortizasyon dirençlerine ihtiyaç yoktur.

3 — Ototrafolar 380 kV bardan enerjilendiği takdirde aşırı gerilim değerleri yükselecektir, bilhassa Keban 380 kV hatlarından birinin ucu açık ise.

Transient enerji değişimini sınırlamak için tersiyer sargı şönt reaktörlerine ihtiyaç görülmemiştir. Ototrafolar enerjilenirken tersiyer sargı reaktörleri serviste ise 154 kV bar voltajı maksimum yüzde dört (15 kV) düşer. Bu sebepten Ankara 380/154 kV ototrafolar enerjilenmeden evvel tersiyer sargı reaktörleri devreden çıkarılmak ve 380 kV hatların şarj akımlarının kompanse durumuna ihtiyaç hasıl olmadıkça servise sokmamalıdır.

Yukarıdaki faktörlere istinaden Ankara 380/154 kV ototrafolarının enerjilenmesi için şu manevra isimleri yapılmalıdır.

Kademe 1 : Ankara 380/154 kV ototrafosunu enerjilemeden evvel 30 MVAR tersiyer sargı reaktörünün şalterini açınız.

Kademe 2 : Ankara 154 kV şalterini kapamak suretiyle 380/154 trafosuna enerji verin.

Kademe 3 : Ototrafoyu Servise almak için Ankara 380 kV şalterini senkronize edin ve kapayın.

### **İSTANBUL, - ANKARA 380 kV HATTI VE İSTANBUL 380/154 kV OTO TRANSFORMATÖRLERİ :**

Bu hal için transient şebeke analizörü çalışmalarının sonuçları aşağıda sıralanmaktadır :

1 — İstanbul 154 kV şalterinin ve Ankara 380 kV şalterlerinin kapama rejimine amortizasyon dirençleri bağlanacak.

2 — Hat ve ototrafolarının enerjisi otomatik yüksek hızlı tekrar kapama organı ile kesilmeyecek.



3 — Hat ve ototrafoları ancak en az bir Ankara ototrafosu ve bir 380 kV hat ve Ankara 380 barlı devreden iken enerji verilecek.

4 — Ankara'daki 380 kV 100 MVAR şönt reaktörü korumak için konacak parafodrun minimum salt aşırı gerilim değeri 550 kV Max olacaktır.

5 — İstanbul ototrafoları 380 kV sargılarını koruyacak parafodurların minimum salt aşırı gerilim değeri 550 kV olacaktır.

İstanbul'dan enerjileme İstanbul 380 kV barlarında aşırı gerilim 415 kV'dan büyük olamayacak ve Ankara'da hattın açık ucunda da 410 kV dan büyük olmayacak. Eğer enerji verilmeden evvel İstanbul ototrafolarının tersiyer sargılarına 30 MVAR'lık şönt reaktörler bağlanırsa, bu takdirde İstanbul ve Ankara'daki aşırı gerilimler yaklaşık olarak 15 kV düşecektir.

Hat ve İstanbul ototrafoları Ankara'dan enerjilendiği takdirde, İstanbul'daki Maksimum, aşırı gerilimi 420 kV'un altında tutmak için enerjilenmeden evvel İstanbul ototrafo tersiyer sargı reaktörleri devreye sokulmalıdırlar. Daha öncede belirtildiği gibi bu esnada bir 380/154 kV ototrafo ve bir 380 kV hat devrede olacak; ayrıca enerji vermek için Ankara 380 kV bar da bağlı olacaktır. Eğer bu şartlar yerine getirilmemişse İstanbul'da aşırı manevra gerilimi 500 kV'un üstüne çıkacaktır.

İstanbul - Ankara 380 kV hattın ve İstanbul 380/154 kV ototrafolarının bir ünite olarak enerjilenmesi için aşağıda sıralanan manevra işlemleri yapılmalıdır.

Kademe 1 : İstanbul 154 kV şalteri kapamak sureti ile ototrafolar ve Ankara'ya giden 380 kV hattı enerjile.

Kademe 2 : İstanbul - Ankara 380 kV sistemi servise sokmak için Ankara 380 kV şalteri senkronla ve kapat.

#### **ANKARA - KEBAN 380 kV HATTI:**

Transient şebeke analizörü ile incelenen halleri göre neticeler :

1 — Ankara ve Keban 380 kV şalterlerinin kapama rejiminde amortizasyon dirençleri bağlamak gerekir.

2 — Seri kompanzatorle teçhiz edilmiş Ankara - Keban 380 kV hatlarında bir anza vuku bulunduğu takdirde Ankara ve Keban 380 kV şalterlerinin kontaklarında aşırı gerilim teessüs etmemesi için bu şalterlerin açma rejiminde de amortizasyon dirençleri bağlamak gerekir.

3 — Hat otomatik yüksek hız tekrar kapayıcı organı ile teçhiz edilmeyecek.

4 — Ankara ve Keban'da 100 MVAR, 380 kV şönt reaktörleri korumak için konacak parafodurların minimum salt aşırı gerilim değeri 550 kV Max olmalıdır.

Hat Ankara'dan enerjilendiği zaman Keban'da aşırı manevra gerilimini 420 kV'un altında tutmak için, bir 380/154 kV ototrafo devrede ve Gökçekaya 380 kV hat veya İstanbul 380 kV hat devrede olması lâzımdır. Ayrıca Keban'a gidecek hattı enerjilemeye yarayacak 380 kV bar da devreye bağlanmalıdır. Eğer enerji verilmeden evvel en az bir hat ve ototrafo devrede değilse, bu takdirde Ankara - Keban sisteminde manevra aşırı gerilimleri 450 kV'u aşabilir.

Eğer Ankara - Keban 380 kV hattı Keban'dan enerjilenirse her türlü bağlantı şartlarında hattın Ankara açık ucunda manevra aşırı gerilimleri 440 kV'u aşar. Bu sebepten Ankara girişinde her iki 380 kV şalterleri açık olduğu zaman, Keban 380 kV şalteri transfertrip vasıtası ile açık olmalıdır.

İstanbul - Gökçekaya 380 kV hattı enerjilendiği zaman şu manevralar yapılacaktır.

Kademe 1 : En az bir ototrafo ve İstanbul'a veya Gökçekaya'ya giden bir 380 kV hat, servise olacak ayrıca Keban hattının enerjilenmesinin temin edecek Ankara 380 kV devreye girmiş olacaktır.

Kademe 2 : Ankara 380 kV şalteri kapamak sureti ile Ankara - Keban 380 kV. hattı enerjile.

Kademe 3 : Ankara - Keban 380 kV sistemi servise sokmak için 380 kV. şalteri senkronla ve kapat.

**TABLO 1. GENERATÖR KAREKTERİSTİKLERİ**

Yer	Ünite	Kva	Rmp	Gd <sup>1</sup> Kgm <sup>2</sup> (1)	Xd(2)	X'd(2)
Sillihtar	1	13.100	3.000	6.400	190	20
	1	12.500	3.000	5.400	152	24
	1	25.000	3.000	7.500	235	22
	1	37.500	3.000	7.990	200	24
	1	25.000	3.000	7.640	220	20
	1	37.500	3.000	13.600	210	26
Çağazı	6	25.000	3.000	9.234	190	15
Tunçbilek	2	40.000	3.000	8.710	198	22
	1	82.000	3.000	13.700	221	22
Soma	2	27.500	3.000	9.900	227	22
İzmir	1	26.700	3.000	8.050	230	17
Ambarlı	3	134.000	3.000	37.800	172	17.7
Sarıyar	2	44.444	187.5	7x108	91	26
	2	44.444	187.5	4.05x108.	98	26
Hirfanlı	3	46.000	187.5	3.2x108	103	29
Demirköprü	3	28.800	300	892225	125	35
Kemer	3	20.000	300	430000	127	40
Kesikköprü	2	47.500	125	6.6x108	80	30
Gökçekaya	3	103.000	187.5	7.08x108	125	30
Seyitömer	2	150.000	3.000	42.800	172	17.7
Keban	8	175.000	166.7	16x168	100	30

**TABLO 1a GENERATÖR TRAFOLARI KARAKTERİSTİKLERİ**

Ter	Ünite	* KVA	Empedans (Yüzde)
Sillihtar	3-	12.500	8.5
	2-	15.000	10.6
Çağazı	6-	25.000	11.28
	1-	81.250	9.25
Tunçbilek	2-	37.500	9.25
	2-	25.000	11.90
Soma	7-	13.300 C <sup>3</sup>	9.04
Sarıyar	2-	51.300	9.04
Hirfanlı	3-	46.000	9.0
Demirköprü	3-	26.600 (2)	10.5
Kemer	3-	23.000	7.5
Kesikköprü	2-	47.500	9.0
Ambarlı	3-	134.000	12.75
Gökçekaya	3-	118.000	16.0 (4)
Keban	8-	201.000	16.0 (*)
Seyitömer	2-	150.000	16.0 (<)

- (1) Bir ünite yedek  
(2) 154 KV sargı  
(3) Trafo takatında  
(\*) Tahmini

TABLO 2. 1971 VE 1975 NtSBİ SENELİK MALİYETLER

	1971			
	Plân 1	Plân 2	Plân 3	Plân 4
Yatırılan sermaye-Ş 1.000				
Seri Compansasyon artı 1 rektör maliyeti.	\$ 948 74	\$ 762 base	\$ 758 42	\$ 958 38
	\$ 1.022	762	800	996
Nisbi senelik masraflar sabit şarj (d 6 : ilave'l Kayıpların Maliyeti	5 61.320	\$ 45.720	5 48.000	\$ 59.760
İhtiyaç (d Ç 15/Kwyt	\$ 2.780	base	—	4.410
Enerji (d.0035/Kwh	5.100	base	—	8.110
	? 69.200	\$ 45.720	? 48.000	\$ 72.280
	1976			
	Plân 1	Plân 2	Plân 3	Plân 4
Yatırılan sermaye-Ş 1.000				
Seri kompansasyon	\$ 4.892	\$ 4.847	\$ 5.151	4.819
Artı' 1 Reaktör	74	—	42	38
Artı' 1 Sönt kapasitör	65	—	—	—
	\$ 5.031	\$ 4.847	\$ 5.193	\$ 4.857
Nisbi senelik Masraflar Sabit Şarj	? 301.860	\$ 290.820	\$ 311.580	\$ 291.420
İlave kayıpların maliyeti				
İhtiyaç (d \$ 15 Kwyt	base	63.600	9.000	11.700
Enerji (d 00351 kwh	base	40.240	5.700	7.410
	? 301.860	394.660	326.280	310.530

Not:

- 1 — Reaktör hat ihtiyaçları :  
Plân 1, 540 mvar; plân 2,500 mvar; plân 3,515 mvar; plân 4,520 mvar.
- 2 — ilave şönt kapasitör ihtiyaçları;  
Plân 1,13 mvar.

TABLO 3. TOPLANMIŞ NİSBİ SENELİK MALİYETLER (BİN DOLAR)

Yü	Plân 1		Plân 2		Plân 3		Plân 4	
	Senelik Toplam Maliyet.	Senelik Maliyet.	Yıllık Masraflar	Toplam	Yıllık Masraflar	Toplam	Yıllık Masraflar	Toplamı
1970 ( )	\$ 61.3	\$ 61.3	\$ 45.7	\$ 45.7	\$ 48.0	\$ 48.0	\$ 59.8	\$ 59.8
1971	69.2	130.5	45.7	91.4	48.0	96.0	72.3	132.1
1972	69.2	199.7	45.7	137.1	48.0	144.0	72.3	204.4
1973	69.2	268.9	45.7	182.8	48.0	192.0	72.3	276.7
1974	69.2	338.1	45.7	228.5	48.0	240.0	72.3	349.0
1975	301.9	640.0	394.7	623.2	326.3	566.3	310.5	659.5
1976	301.9	491.9	394.7	1.017.9	326.3	892.6	310.5	970.0
1977	301.9	1.243.8	394.7	1.412.6	326.3	1.218.9	310.5	1.280.5
1978	301.9	1.545.7	394.7	1 807.3	326.3	1.545.2	310.5	1.591.0
1979	301.9	1847.6	394.7	2.202.0	326.3	1.871.5	310.5	1.901.5

Tavsiye edilmiş senelik Maliyet.

O) 1970 de Kayıpların maliyetleri tatbik edilmedi, yalnız Keban 1 ve 2 Ağustos ve Kasım için listeye kaydedildi.

(<sup>2</sup>) Bu tavsiye edilmiş senelik maliyet, 30 seneden fazla bir vadede seneden seneye aynı hali hazır değeri verecek eş değer senelik maliyet gösterir.