

E. İ. E. İDARESİNİN YENİ ANALİZÖRÜ

Halûk CEYHAN
Y. Müh. E. İ. E.

Elektrik şebekelerinin etüt edilmesi ve üzerlerinde takat ve gerilim dağılımları ve kısa devreler gibi hesapların yapılması ancak bazı hallerde ve bazı kabul ve kısaltmalar yaparak mümkün olmaktadır. Fakat, artan enerji ihtiyaçları ile birlikte, şebekeler genişleyip karışık bir şekil aldıkça, geliştirilen yeni hesap metotlarına rağmen analitik yollarla bu sistemlerin etüdü çok zor ve uzun olmaktadır. Bu gibi hallerde, kabul edilebilir bir yaklaşımla ve süratle problemin çözümünü elde etmek üzere Anaüzör veya şebeke modeli denilen cihazlar tekamül ettirmiştir. Bu nevi cihazlar üzerinde, şebeke muayyen bir ölçekte küçültülmüş olarak temsil edilmekte ve istenilen etütler yapılabilmektedir.

Memleketimizde süratle artan enerji ihtiyaçlarını karşılamak üzere yeni yeni elektrik santralleri kurulmakta, enerji nakil ve dağıtım tesisleri hergün biraz daha gelişmektedir. Kısa bir mazisi olmakla beraber, memleketin iki mühim istihlâk bölgesine ait Kuzey - Batı Anadolu ve Batı Anadolu enterkonnekte şebekeleri, yakın bir gelecekte artık birer bölge şebekesi olmaktan çıkacaklar ve bütün Türkiye'yi kaplayacak olan büyük sistemin birer parçası olacaklardır.

Elektrik şebekelerimizin bu çok süratli inkişafı ile birlikte, karşımıza, mevcut sistemin işletilmesi ve korunması ve istikbâlde alacağı şeklin tâynini, yapılacak işlerin planlanması ile ilgili pek çeşitli problemler çıkmaktadır ki, bunları çözmek üzere bizde de analizörlerin kullanılması bir zaruret halini almaktaydı. Bu ihtiyacı en fazla, elektrik tesislerimizin planlanması ve projelendirilmesi işleri ile meşgul olan Elektrik İşleri Etüt İdaresi hissediyordu. Birkaç seneden beri, yapılan muhtelif teşebbüsler sonunda, Amerikan I. C. A. yardımı programı dahilinde bir analizör satın alınması kabil olmuştur.

Şubat ayından beri E. İ. E. İdaresinde kullanılmakta olan bu şebeke modelini ele almadan evvel, umumî olarak, dünyada kul-

lanılmakta olan muhtelif analizör tipleri hakkında kısaca malumat verelim.

MUHTELİF TİP ANALİZÖRLER

Umumiyetle şebekeler analizörde yüzde veya per ünit değerlerle temsil edilirler. Bazı değerler olarak takat, voltaj, akım veya empedanstan her hangi ikisi kullanılırlar ki takat ile voltajın kullanılması bir alışkanlık haline gelmiştir.

Analizör üzerinde sistemin fiziki manada bütünü ile gösterilmesine ihtiyaç yoktur. Normal şartlar altında sistemler dengelidir her faz birbirinin aynısıdır ve yalnız bir fazın bütün detayı ile temsil edilmesi ihtiyaca kâfi gelir. Dengesiz sistemler ise simetrik bileşenler metodunun kullanılması ile tek fazlı eşdeğer devrelere irca edilebilirler. Demek ki analizörlerin bir fazlı devre kurulacak şekilde olmaları ve tek fazlı voltajla beslenmeleri ihtiyacı karşılar.

Analizörlerde model şebekeye ölçü devresinin ithali ihmal edilebilecek kadar küçük tesirler meydana getirir. Akım ölçü devrelerinin direnci model şebekenin en küçük direncinden daha küçük ve voltaj ölçü devrelerinin ise en büyük dirençten daha büyüktür.

Bugün her birinin kullanılma sahaları ve maksattan farklı beş ayrı tipte analizör mevcuttur.

1 — Direnç Üniteli Analizör — Doğru akım analizörü. Bu analizör, bir şebekeyi teşkil eden çeşitli elemanların, direnç ve kapasiteler ihmal edilirse, safi reaktanslarla ifade edilebilmesi prensibine dayanır.

Cihaz iki gurup dirençten müteşekkildir. Dirençlerin bir gurubu şebeke transformatörlerinin ve hatların hakiki reaktanslarıyla orantılıdır; diğeri, hakiki şebekte belirli noktalarda üretilen veya çekilen takatlarla orantılı akımları enjekte etmeğe - veya - çekmeğe müsaade eden değişken dirençlerdir.

Bu dirençler hiç bir zaman generatör veya hakiki yüklerin tam birer timsali değillerdir, yalnız verilen veya çekilen akımların ayarına yanan organları teşkil etmektedirler. Bu ayarın kolay ve süratli olması için, takatları ayarlayan dirençlerde meydana gelen gerilim düşümlerine göre, hatları temsil eden dirençler üzerindeki gerilim düşümlerinin çok düşük olması gerekmektedir, bu bakımdan birincilerin değerlerinin ikincilere nazaran çok yüksek olması lâzımdır. Eğer şebeke için gerilim düşümü % 2 ve generatör veya yükler için ise % 49-50 ise, her yük veya generatörün ayan diğerlerine dokunmadan yapılabilir ve dirençler takatlara göre taksimatlandırılabilirler.

Analizör sabit değerde bir doğru gerilimle beslenir ve modelin muhtelif kollarında ölçülen akımlar, hakiki şebekede bunlara tekabül eden kollardan geçen aktif takatlarla orantılıdır.

Doğru akımı analizörü ile :

- Şebekelerde yük dağıtımı,
 - Simetrik veya asimetrik kısa devre takat ve akımlarının tayini.
- etütleri yapılır.

2 — Empedans Üniteli Analizör — Alternatif $f \geq 1^{TM}$ analizörü.

Bu cihaz bilhassa devamlı ve dengeli sinüsoidal rejimlerde, her hangi bir çok fazlı şebekenin işlemlerini karakterize eden bütün elektrik büyüklüklerin, bir ölçek dahilinde küçültülmüş olarak, ölçümlerini temin etmek üzere tekamül ettirilmiştir. Umumiyetle şu kısımlardan müteşekkildir:

Hat Üniteleri: Bunlar direnç, endüktans ve kapasitelerden teşekkül eden empedans guruplarıdır. Bir hat eşdeğer bir şema ve umumiyetle P_i devresi ile temsil edilir.

Transformatör Üniteleri: Umumiyetle, birbirleriyle endüktif olarak bağlanmış muhtelif gerilimdeki şebekelerin problemleri, şebekenin bütün kısımları tek bir referans voltaja irca edilerek etüt edilir. Eğer şebekede kullanılan bütün trafolar aynı boşa çevirme oranında inşa edilmiş olsalardı bu cihazlar bir seri empedans (kısa devre empedansı) ve paralel bir admitansla gösterilebilirlerdi. Fakat şebekelerde kullanılan trafoların muhtelif çevirme oranında olmalarını, boşa veya yük altında gerilim ayan tertibatlarını gözönüne almak üzere analizörde empedanslarla birlikte birer de ayar kademeli oto transformatör kullanılmaktadır.

Generatör (santral) Üniteleri: Generatörler, analizörün işletme frekansında, amp-litüt ve fazı devamlı olarak ayarlanabilen bir gerilim üreten organlarla temsil edilmişlerdir. Stabilite etütleri için, generatör eleman-lan şebekedeki generatörün iç empedansla-rını gösteren bir empedansla serî bağlanırlar.

Yük Üniteleri : Yükler kabili ayar, paralel resistans, endüktans ve eğer lüzumu varsa kapasite elemanlarından müteşekkildir, bu üniteler aktif takati istihlâk eder ve icabına göre reaktif takat çeker veya üretirler.

Alternatif akım analizörü ile şebekede yük dağıtımı, işletme, kısadevre ve dinamik stabilite etütleri yapılabilir.

Stabilite problemlerinin çözümünde şebekeye bağlı senkron makinaların rotorlarının hareketlerini ifade eden diferansiyel denklemleri çözmek üzere adım adım entegrasyon metodu kullanılır; analizör burada, her adım da, senkron makinalara tatbik edilen mukavim momentleri tayin etmek üzere bu makinalar tarafından verilen veya çekilen takatların ölçülmesinde kullanılır.

Analizör üzerinde, dengesiz çok fazlı büyüklükleri simetrik bileşenlere bölme metotları ve bilhassa Stokvis - Fortescue metodu ile devamlı ve yavaş transitar rejimlerde dengesiz çalışmaların etüdüde yapılabilir. Fourier serisine açınımlar metodu vasıtasıyla sinüsoidal olmayan rejimlere ait problemlerde çözülebilmektedir.

3 — Dinamik Alternatif Akım Analizör — (Micro - r6seau).

Empedans üniteli alternatif akım analizöründe dinamik stabilite etütleri adım adım entegrasyon metodu ile yapılmaktadır ki bu, bir hayli uzun zaman almaktadır. Ayrıca bu analizör üzerinde senkron makinaların temsil edilmeleride çok basit olmakta, bir çok ihmal ve kabuller yapılmaktadır. Bu ihmal ve kabuller^ bilhassa, etüt edilen arıza süresi arttıkça bizi hakikatten aykırı neticelere götürmektedir.

Geçici rejimleri daha kolaylıkla etüt etmek ve senkron makinaların tam karakterize edebilmek için bu dinamik analizör tipi tekâmül ettirilmiştir. Burada, empedans üniteli alternatif akım analizöründen olan fark, generatörlerin, türbinlerin yerini tutan doğru akım makinalarının tahrik ettiği üç fazlı alternatörlerle temsil edilmiş olmalarıdır.

Bu alternatörler, kendilerinin (magnetik devrenin doyma durumu, muhtelif reak-

tansların ırca edilmiş değeri, elektrik devrelerinin zaman sabiteleri, amortissör tesirleri) ve ikazlarının (cevap verme sürati) esas karakteristikleri hakiki alternatörlerin aynı olacak tarzda etüt ve imal edilmişlerdir.

Diğer bütün transformatör, hat ve yük üniteleri de üç fazlı olmak üzere imal edilmişlerdir. Model üzerinde muhtelif cins anızlar ve bunların ortadan kaldırılma zamanları, senkron bir motor tarafından çevrilen hususî bir komütatör tarafından meydana getirilir ve ayarlanır. Geçici olaylar ise, cinslerine ve sürelerine göre, katoduc veya magnetik osilograflar tarafından tesbit edilir. Ayrıca, elektronik fazmetrelerin ekranlarında, makinaların rotorlarının hareketlerini ve senkronizmadan kopma veya tekrar bağlanma olaylarını takip etmek imkânı vardır.

Prencip olarak dinamik analizör, empedans üniteli analizörün aynı etütleri yapar. Fakat ötekine olan faikiyetleri dolayısıyla, bilhassa, şebekelerdeki yavaş geçici olayların etüdünde, muhtelif şebeke ve makina konstrüksiyonu problemlerinin halinde kullanılır.

Bu çok kullanılan, klâsik tiplerden başka, şebekelerdeki geçici olayları etüt etmek üzere geliştirilmiş Transient analizör de vardır. Ayrıca, analogi yolu ile, bir çok hâdiseyi elektrik devreleri ile temsil ederek etüt eden simülatörlere de diferansiyel analizör ismi verilmektedir.

ELEKTRİK İŞLERİ ETÜT İDARESİNİN «ENNS TİPİ» ANALİZÖRÜ

Elektrik İşleri Etüt İdaresinin kullanmakta olduğu analizör, Amerikada, Electronic Contractors, Inc - Portland, Oregon firmasının imal ettiği ve Enns tipi diye isimlendirdiği, direnç üniteli bir alternatif akım analizörüdür. Yani yukarıda kısaca bahsetmiş olduğumuz klâsik analizör tiplerinden farklıdır.

Alternatif akım devrelerinin etüdünde kullanılan metotlardan biriside, akım, gerilim ve takatların, aktif ve reaktif olmak üzere iki bileşenle gösterilmesidir. Enns analizörün de bu metottan istifade edilmekte, bu iki bileşen iki ayrı devre ile gösterilmekte, fakat ölçü aletlerine alınırken yapılan bağlama oyunları sayesinde, her iki bileşende aynı devrede bulunsalardı verecekleri neticenin aynı elde edilmektedir.

Empedansı $Ra + jXa$ olan bir hattın iki ucuna $E_p + jE_q$ ve $E_{p2} + jE_{q2}$ voltajları

tatbik edilirse, bu hatta meydana gelen gerilim düşümü; $V_{p12} = jV_{q12}$ dir ki burada : $V_{p12} = E_{p1} - E_{p2}$ ve $v_{q12} = E_{q1} - E_{q2}$ dir.

Hattan geçen akım ise :

$I_{pa} + jI_{qa} = (V_{p12} + jV_{q12}) / (Ra + jXa)$
Eğer direnç yerine kondüktans $G_a = Ra/Z^2$ ve empedans yerine de süseptans $B_a = Xa/Z^2$ kullanılırsa :

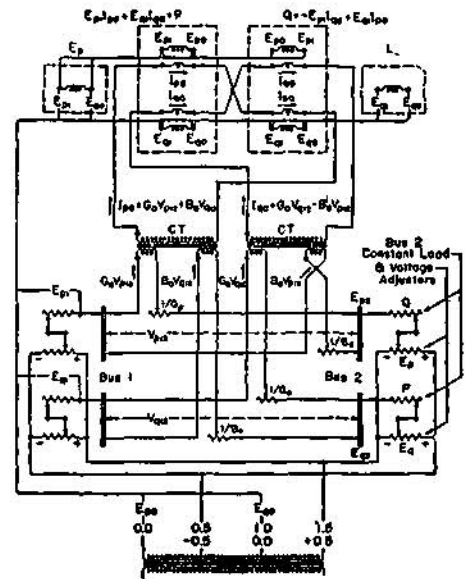
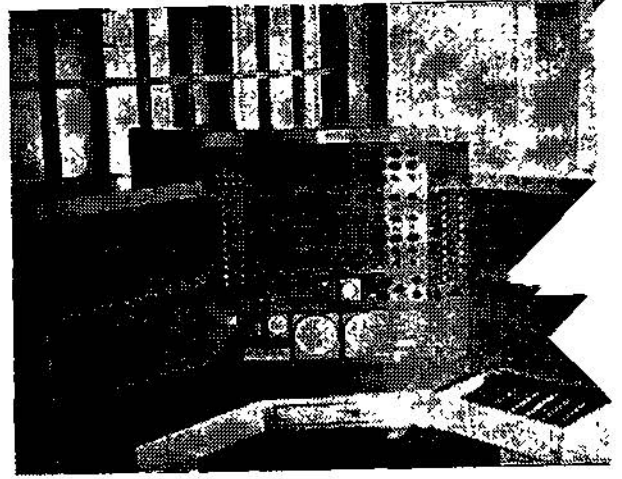
$$I_{pa} = G_a V_{p12} + B_a V_{q12}$$

$$I_{qa} = G_a V_{q12} - B_a V_{p12}$$

$$P_a = E_{p1} I_{pa} + E_{q1} I_{qa}$$

$$Q_a = E_{p1} I_{qa} + E_{q1} I_{pa}$$

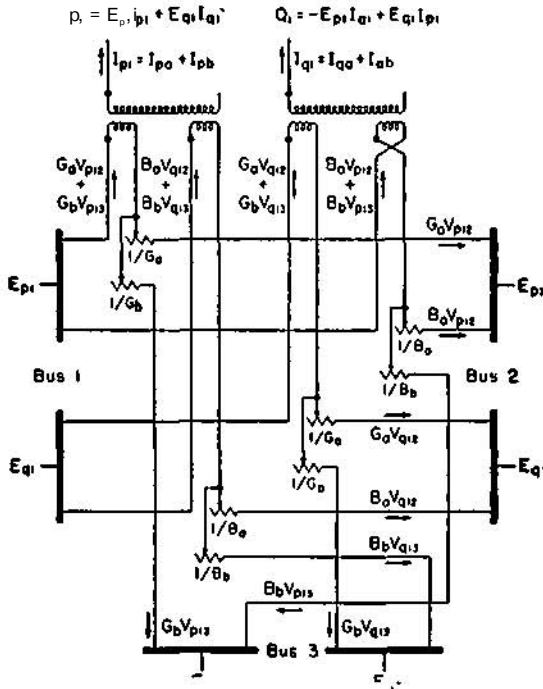
elde edilmekte ve reaktif bileşendeki j operatöründen kurtulmuş bulunmaktadır. Böylece sade direnç devrelerinin kullanılması



sına rağmen A. C. devrelerinin aktif ve reaktif bileşenleri ölçülebilmektedir.

İki ayrı devre kullanıldığından A. C. sistemlerinde bir hat ünitesi dört direnç ünitesi ile gösterilmektedir. Şekilde iki nokta arasında direnç ünitelerinin ve ölçü aletlerinin bağlantı şekilleri görülmektedir. İki elemanlı iki Wattmetre ile, takat denklemlerindeki toplama işlemleri yapılmakta ve takatin aktif ve reaktif bileşenleri ayrı Wattmetreler üzerinde okunmaktadır.

Analizörde yük ve generasyon noktaları birer bara ile gösterilmiştir. Cihaz esasında iki nokta arasındaki gerilim farkına göre çalıştığından her baraya ayrı ayrı gerilim tatbik etmek icap etmektedir. Baralardaki yük veya generasyon, bu baraya bağlı kollardan gelen veya giden yüklerin cebirsel toplamına eşittir ve eğer bu bileşke baraya giriyorsa burası bir generasyon, baradan çıkıyorsa bir yükü ifade eder. Şekil 2 de bara yüklerini vermek üzere akım bileşenlerinin nasıl birleştirildiği gösterilmiştir.



Cihazda 1 per ünit voltaja 50 V tekabül etmektedir ve E_{p0} ve E_{q0} arasına tatbik edilmiştir. Aktif bileşen E_p olarak 1 p. ü. değer tatbik edilmekte ve bunda % 50 p.ü. değer yapılmaktadır. Yani E_p 0,5 p. ü. ile 1,5 p. ü. arasında değişmektedir. Gerilimin aktif bileşen voltmetresi 1 p. ü. üzerine eklenmesi ve çıkarılması gereken değeri işareti ile bir-

likte gösterir. Reaktif bileşene E_q ise - 0,5 p. ü. den + 0,5 p. ü. e kadar bütün değerler verilebilmektedir. Alette esasında bulunmama beraber E. î. E. İdaresinin isteği üzerine, yarım per ünit volta] tatbik edebilecek tertibatta yapılmıştır. Bu suretle gerilimin her iki bileşeni içinde - 1 p. ü. den + 1 p. ü. de kadar bütün değerler elde edilmektedir.

Sistemin karakteristik değerleri köprü metodu ile ayarlanmaktadır. Ayarlanacak olan hat direnci bir anahtar vasıtasıyla köprü-nün bir koluna bağlanmakta, diğer kola, bir «digital setter» vasıtasıyla, hesaplanmış değer konulmakta ve bir katot tüpü vasıtasıyla köprünün dengesi yapılmaktadır.

Analizörde hatların, transformatör ve generatorların direnç ve reaktansları gösterilmekte, fakat hatların kapasiteleri doğrudan doğruya temsil edilememektedir. Yüksek gerilimli hatlarda hattın ürettiği reaktif takat hesap edilmekte ve baralara bir reaktif generasyon olarak konulmaktadır.

Enns analizöründe 50 bara, 75 hat ünitesi, 10 transformatör, 6 mutual transformatör ünitesi vardır. 50 bara ile 50 yük veya generasyon noktası gösterilebilir.

Hat ünitelerinin, kondüktansları gösteren G reostalarının ayar sınırları 1000 p. ü. den 0,2 p.ü. ye ve süseptansları gösteren B lerin ise 1000 p. ü. den 0,5 p. ü. ye kadardır. Fakat cihazın normal hassasiyeti bakımından 100 p. ü. yü aşmamak tavsiye olunmaktadır. Bu hususlar göz önüne alınarak sistem için baz MVA ve kV değerleri seçilmektedir. Transformatörlerde 0,0025 p. ü. lük kademelerle ± 0,2475 p. ü. kadar gerilim ayarı yapılabilmektedir.

Analizör normal olarak 110 V. alternatif gerilim ile çalışmaktadır. Tam çalıştığı zaman takati 750 W. tir. ölçü aletleri devrelerini beslemek üzere doğru akım kullanılmaktadır.

Cihaz normal olarak üç ana panodan müteşekkildir. Bu panoların üzerine 50 bara ve bunlara tatbik edilen gerilimlerin ayar reosta ve potansiyometreleri konulmuştur. İki yan panoların önündeki masa kısmında hat ünitelerini teşkil eden dirençler vardır, ölçü aletleri orta panonun alt kısmına yerleştirilmişlerdir. Etüt edilecek şebekenin model bağlantısı panoların arka tarafında yapılmaktadır.

Analizörde yapılabilen çalışma cinsleri:

a. Sistemin A. C. etüdü : Şebekede aktif

ve reaktif yük ve gerilimlerin dağıtımı, aktif ve reaktif takat kayıpları, transformatörlerin gerilim ayarlarının ve generatörler veya kompensatörler tarafından reaktif takat akışında yapılan değişikliklerin rolü tâyin edilmek istendiği taktirde şebekenin A. C. etüdü yapılır. Bu takdirde aktif ve reaktif bileşenler için iki ayrı devreyi de kurmak gerekmektedir.

A. C. etütler, muhtelif çalışma ve arıza hallerin de mevcut sistemin ve istikbalde alacağı şekillerin kontrolü için yapılır, yani işletme ve plânlama işlerinde ve projelerin karakteristiklerinin tâyininde kullanılır.

b. Sistemin D. C. etüdü : Sistemdeki yük dağılışı ve muhtelif noktalardaki gerilimler hakkında süratle bir fikir edinmek için D. C. çalışma tarzı kullanılır. Dengelenmesi kolaydır. Analizörde hatlardan geçen MVA lar, umumiyetle hakiki sistemde MW lara yalan bir mertebede çıkarlar. Burada bir tek devre kurmak kâfidir.

c. Kısadevre etüdü: Analizörde her iki nânî nevi ile de üç fazlı veya faz - nötr arası arızalan istenilen barada meydana getirilebilir. Üç fazlı kısadevrelerde simetrik bileşenlerin yalnız pozitif bileşiminin devresi kullanıldığı için aynen D. C. etütünde kullanılan devreden istifade edilir.

Faz - Toprak arızalarında ise, pozitif, negatif ve sıfır bileşen devreleri seri bağlandıklarından, pozitif ve negatif bileşen devreleri için her zaman aktif bileşenin monte edildi-

ği kısım ve sıfır bileşen devresi içinde reaktif bileşenin monte edildiği kısım kullanılır.

Her barada, hususi anahtarı vasıtasıyla, kısa devre yapılır ve faz toprak arıza akımları da doğrudan doğruya 3 Ig olarak okunur.

Cihaz esasında A. C. kısa devre etütleri için yapılmamıştır. Fakat İdarenin isteği üzerine ilâve edilen yarım per ünit voltaj tatbik etme ve akımlarla çalışma tertibatları vasıtasıyla A. C. kısa devreler de yapılabilir. Yarım per voltaj tatbik edilmekten maksat kısa devrelerde hatlardan geçen akımların, cihazın çalışma akımı geçmemesini sağlamaktır. Kısa devre, o baradaki voltaj sıfır yapılarak temin edilir, ayrı bir anahtarı yoktur.

d. Stabilité etüdü : Cihaz esasında A. C. kısa devreler ve stabilité etütleri yapmak üzere imal edilmemiştir. Fakat, cihazın çalışma prensibi dolayısıyla, her noktanın voltajının aktif ve reaktif bileşenleri bilindiği ve bunları ayar imkânları da bulunduğu için, E. İ. E. İdaresinde stabilité etütleri yapmak üzere bir metot tekâmül ettirilmiştir. Bu sayede bir çok stabilité problemleri, rôle ayarları ve disjunktörlerin çalışma tarz ve zamanları tâyin edilebilmektedir.

Enns analizörü kapasitesi bakımından Türkiye şebekelerini daha bir müddet etüt edebilecek durumdadır. Fakat istikbalde santral ve iatîhfâk merkezlerimiz arttıkça ve şebekelerimiz genişledikçe bu analizörün de takviyesi icap edecektir.

Çok Yüksek Gerilimlerle Enerji Nakli

Ayhan ÇİLÎNÎROĞLU
Y. Müh.

Daima artan enerji ve takat ihtiyacını, ihtiyaç bölgelerinden çok uzaklardaki su güçlerinden faydalanarak karşılamak düşüncesi ve mecburiyeti çok yüksek gerilimleri de enerji naklinde kullanmağa yol açmıştır. Bütün Avrupa'nın 400 kV. luk müşterek bir şebekeden beslenmesi oldukça eski bir fikirdir. Daha 1930 yılında bu hususu inceleyen yazarlar vardı. (1) Son on yıla gelinceye kadar nakledilecek takatların nisbeten küçük ve nakil mesafelerinin keza kısa oluşu sebebi ile projeler uzun zaman pratiğe intikal edemedi kalmışlardır. Kömürü enerji üre-

timinden başka işlerde kullanmanın temin ettiği faydalar hidrolik imkânların geliştirilmesi mecburiyetini doğurmuş ve teknikte kaydedilen tekâmüller bu hidrolik güç kaynaklarından elde edilen enerjiyi uzak mesafelere sevk etmeyi mümkün kılmıştır. Nakledilecek takat ve mesafe arttıkça kullanılacak gerilimin artırılması ile daha ekonomik bir tesis inşa edilebileceği görülmüştür. Böylece kuşanılmakta olan 220 kV. luk maksimum ticarî gerilim değerinden 330 veya 400 kV. a geçilmiştir. 1952 de İsveç'te 380 kV. taşıma gerilimli ilk hat inşaa edildiğinde bu