

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 mertebeye 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.

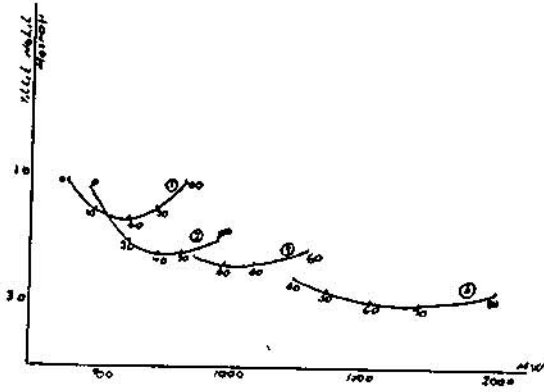
Enns analizörü kapasitesi bakımından Türkiye şebekelerini daha bir müddet etüt edebilecek durumdadır. Fakat istikbalde santral ve iatîhfâk merkezlerimiz arttıkça ve şebekelerimiz genişledikçe bu analizörün de takviyesi icap edecektir.

# 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-

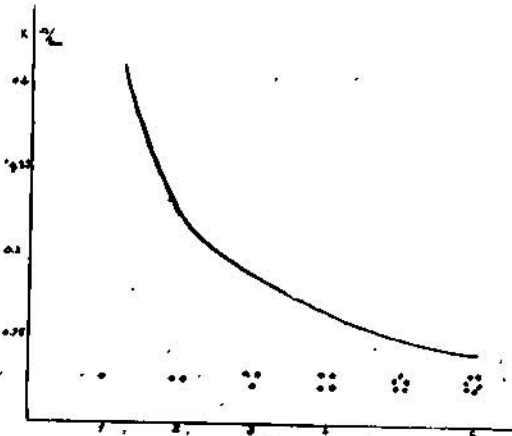
timinden başka işlerde kullanmanın temin ettiği faydalar hidrolik imkânların geliştirilmesi mecburiyetini doğurmuş ve teknikte kaydedilen tekâmüller bu hidrolik güç kaynaklarından elde edilen enerjiyi uzak mesafelere sevk etmeyi mümkün kılmıştır. Nakledilecek takat ve mesafe arttıkça kullanılacak gerilimin 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



Şekil: 1

gerilim değerinin uzun zaman limit olarak kalacağı düşünülüyordu. (2) Ancak bugün daha yüksek bir gerilim kullanmakla elde edilebilecek tasarruflar hesaplanmakta olup istikbalde gerçekleştirilecek tesislerde bu hususlar gözönüne alınacaktır. Meselâ İsveç ve Rusya'da yapılan ön hesaplara göre 400 kV. tan 500 kV. a geçmekle yıllık masraflarda % 3 ve 650 kV. a geçmekle % 9 bir tasarruf temin edilecektir ki, bu da oldukça önemli bir kazançtır. (3) 650 kV. bugün için, izolasyon problemi nazarı itibare alınarak seçilebilecek en yüksek değer olarak görülmektedir. Şekil 1 deki eğri'ler kW. ve 100 Km. başına İsveç kronu olarak yıllık masrafların gerilim ve hat başına nakledilecek takatla nasıl değiştiğini göstermektedir. Eğriler üzerindeki rakamlar seri kondansatörlerle yapılan kompensasyona tekabül etmektedir. 650 kV. la taşımada yapılan tasarrufun yanında eğrinin muhtelif yük durumlarında doğruya yakın bir gidiş takip etmesi ayrıca önemlidir.

Her hangi bir enerji nakil hattında geri-

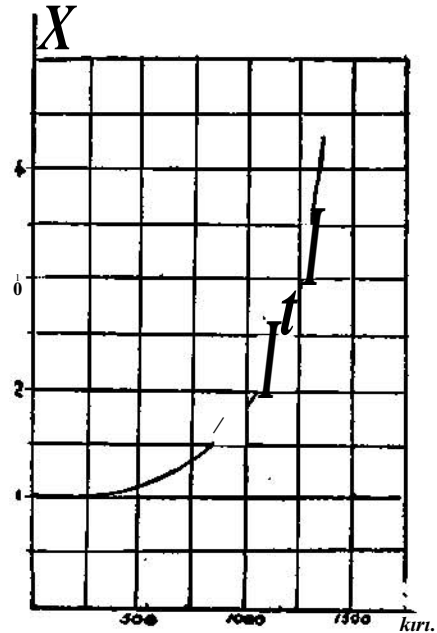


Şekil: 2

Demeti teşkil eden iletken sayısına bağlı olarak reaktans

limin seçimi muhtelif gerilimler için yapılacak ekonomik hesapların karşılaştırılması ile yapıldığı halde çok yüksek gerilimlere gidebilmek için önce bazı teknik güçlüklerin yenilmesi gerekir. 400 kV. la enerji nakli ancak 500 Mw. dan büyük güçler bahis konusu olduğu zaman iktisadî oluyor. Bu takatin güç faktörü bire eşit olacak şekilde istihsalı ayrıca reaktif takati nakletmekten doğacak masrafların minimuma indirmeyi sağlar. Sistemin ihtiyacı olan reaktif takat 220 kV. luk şebekede istihsal edilecektir. Boşta çalışma halinde kapasitif akımların ayrıca kompanse edilmesi gerekir. 100 Km. lik 380 kV. luk bir hat boşta çalışma halinde devre başına yaklaşık 60 - 70 MVA lik kapasitif takat istihsal edecektir. Boşta çalışma halinde bu kapasitif takat ancak gerilim şebekesi tarafından absorbe edilemeyeceğinden bobinler kullanmak gerekir. Bu bobinler meselâ 400/220 kV. luk trafoların 30 kV. luk tersier sargılarına bağlanabilirler. (5)

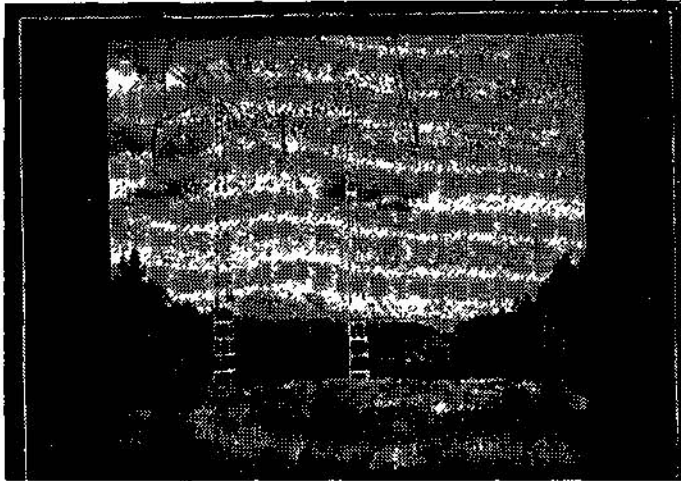
İşletilmekte olan hatlar ve tecrübe istasyonlarından kazanılan bilgilerle 500 kV. a kolayca geçilebileceği görülmüştür; ancak gerilimi daha yükseltmeden önce korona kayıplarının, zayıf akım devrelerine tesirlerin müsaade edilir sınırın altında kalması, stabil çalışmanın temini gibi problemlerin bahis konusu olan gerilim ve akım değerleri için de çözülmesi gerekir. Bu problemlerden en önemli bir tanesi korona kayıplarıdır.



Şekil: 3

U nihayet eğilimi, u başlangıç gerilimi

Korona deşarjı, AIEE nin tarifine göre «çevresinde belirli bir kritik değen aşan alan şiddeti bulunan bir iletkenin etrafında hava iyonlaşmasından dolayı beliren ışıklı deşarj» dır. Bugün bu kritik alan şiddeti olarak 30 kV./Cm. alınmaktadır. Paralel iletkenlerin birbirine mesafesinin iletken çapına oranının üçü tecavüz ettiği hallerde korona başlar. Enerji nakil hatlarında bu oran verilen değeri aştığından korona kayıpları kaçınılmazdır. Ancak bu kayıpların ekonomik enerji nakline imkân verecek belirli bir sınırın altında kalmasına çalışılır. 1898 de Dr. c. F. Scott tarafından yapılan tecrübi çalışmadan bu yana korona kayıpları kontrolü için pek çok zihin yorulmuştur, peek (6) Peterson (7) Carroll ve Rockwell (8) korona kayıplarının hesaplanması için üç ayrı amprik formül vermişlerdir. Bugün bir çok araştırma-merkezinde bu problem üzerinde çalışılmaktadır. Fakat kaydedilen terakki olay üzerinde tam bir kontrol sağlayacak mertebeye ne yazıkki henüz erişememiştir. Bununla beraber elde edilen tecrübelerden faydalana-



Şekil: 4

İki iletkenli demet İsveçteki 380 kV. luk hat rak enerji naklinde daima daha yüksek gerilimlere gidebilmek imkânı sağlanmıştır. Meselâ «demet iletkenler» kullanılırsa korona kayıplarının düştüğü görülmüştür. Demet iletken bir faz için tek iletken yerine paralel bağlanmış bir gurup iletken kullanmak demektir. 380 kV. luk bütün hatlarda demet iletken kullanılmıştır. Demet iletkenler 2, 3 veya 4 iletkenli olabilirler.

Yüksek gerilimli enerji naklinde ikinci problem stabil çalışmanın teminidir. Stabilitate statik ve dinamik stabilite olarak iki kısımda mütalâa edilir, işletme şartlarında

statik stabilite var demektir. İşletme şartlarında vuku bulacak ani değişimlerden sonra da sistem dengesini muhafaza ediyorsa dinamik stabihte sağlanmıştır. Sistemin stabil çalışıp çalışmaması, daha doğrusu stabilite sınırları, sistemi teşkil eden elemanların karakterlerine bağlı olduğu cihetle bu elemanları stabilite sınırlarını arttıracak yönde inşa etmek ilk akla gelen hal çaresidir. Enerji nakil hatlarının reaktansları azaldıkça stabilite artmaktadır. Demet iletken kullanmakla bu temin edilebilir.

Şekil 2 de hat reaktansının demeti teşkil eden iletkenlerin sayısına bağlı olarak nasıl değiştiği gösterilmiştir.

Hat reaktanslarını kompanse etmek sureti ile de stabilitenin artması sağlanır. Ancak seri kondansatörlerle yapılacak bu kompanstasyon dahili aşın gerilimler ve emniyetli rôle korunması gözönünde tutularak muayyen bir miktardan fazla olamaz. (4) Stabilitayı arttırmak veya başka bir deyimle istemde arızadan sonra izafi ivmelenmelere mani olmak gayesi ile hatlar 0,1 veya 0,12 saniyede açan tekrar kapamalı süratli şalterlerle teçhiz edilirler. Su santrallerinin çıkışlarında ani yük değişimlerinde otomatik olarak devreye giren büyük dirençlerin bulunmasında aynı gaye iledir.

Nakil geriliminin yükselmesi, seçilmesi gereken izolasyon seviyesinin yükseltilmesi demek olup bu voltaja dayanacak malzemenin imal edilmesini ve keza sistem elemanlarının bu izolasyon seviyesine uygun değerlerde muayene edilmesini gerektirir. Meselâ 380 kV. işletme gerilimli 500 Km. lik bir hatta kullanılan malzemenin işletme frekansıyla 700 kV. ve 1/50 mikro saniyelik dalga/ile 1300 kV. la muayene edilmesi gerekir İzolasyon problemini ele almadan önce nötr noktasının topraklanması incelenmelidir: Nötr noktası doğrudan doğruya topraklanmış sistemlerde vaki olacak her toprak kısa devresinde bu hat parçasının devre harici edilmesi gerekir. Buna karşılık Peterson bobini üaerinden topraklanmış sistemlerde disjunktörlerin faaliyete geçmelerine lüzum kalmadan ark kendiliğinden söner. Ancak bu halde toprak arızasında arızasız fazlar toprağa karşı 3 kat gerilim yükselmesi gösterirler. Bu da transformatörlerin daha kuvvetli izole edilmeleri demektir. Daha mühimi doğrudan doğruya topraklanmış sistemlerde kullanılacak transformatörlerin kademeli izole edilebilecekleridir. Bu suretle Hem büyük tasavvur elde edilebilir hem de ünitelerin küçük olmaları sebebiyle fabrikadan tesis yerine kadar nakilleri kolaylaşmış olur. Bu arada

**nakil probleminin bir çok halde göz önüne** alınması gerekli bir faktör olduğunu kaydedelim. Söndürme bobini üzerinden topraklamanın mühim bir mahzuru da toprak arızası anında arızasız iletkenlerin gerilimin yükselmesinin korona kayıplarını arttırdığıdır. Bu hallerde korona kayıplarının müsaade edilir sınırlar altında kalmasını temin iletken kesitini büyütmek yani tesis masraflarını arttırmakla olur. Şu halde doğrudan doğruya topraklama gerilim yükseldikçe daha faydalı oluyor. Nitekim mevcut 380 kV. luk bütün hatlarda topraklama böyle yapılmıştır. Hatların harici aşırı gerilimlere karşı korunmasında toprak telleri ile çoğu zaman yükseltici trafoların alçak gerilim taraflarına konulan parafudrlardan faydalanılır. Sistem harici gerilim yükselmelerine karşı değil sadece dahili aşırı gerilimler gözönüne alınarak izole edilir. Ancak böylece hattın ekonomik inşası sağlanabilir. Direklerin toprak geçiş rezistansları da normal zemin şartlarında 10 ohmu geçmemelidir. Boşta çalışmada Ferranti olayından dolayı vaki olacak gerilim yükselmelerine tahammül (Şekil 3) ve ilk inşa edilen hat olması sebebiyle Harspranget - Hallsberg ne hattında şok - gerilim denemeleri 1775 kV. la yapılmıştır. (10).

Mevcut 400 kV. luk hatlarda azyağlı ve basınçlı havalı disjonktörler kullanılmıştır. 500 kV. için aynı disjonktörlerin kullanılacağı bilinmekle beraber 650 kV. için henüz birşey söylenemiyor. Pantograf seksiyonörler bilhassa büyük yer tasarrufu ve işletme kolaylığı temin etmektedirler, ölçü transformatörleri, baralar ve diğer teçhizat imalatında bir güçlük görülmemektedir.

Hattın mekanik balamdan, uzunluğu itibariyle katetmekte olduğu değişik hava şartlarına göre hesaplanması tesis masraflarını azaltabilir. Mevcut 400 kV. luk hatların bazılarında nizamnamelerdeki hava şartlarından daha sert havalar nazara alınarak hesaplamalar yapıldığı halde bir kısmında nizamnameler aynen tatbik edilmişlerdir. (4) Demet iletkenlere gelen atmosferik yüklerin normal tek iletkenlere gelen yüklerden başka bir özellik göstermediği mevcut hatlarda elde edilen tecrübelerden anlaşılmıştır. 400 kV. luk hatların hepsinde ACSR iletkenler kullanılmıştır. İletken kesiti  $0,5 - 0,6 \text{ A/mm}^2$  akıma yoğunluğu kabul edilip hesaplanmıştır ve demet reaktans minimum olacak şekilde tertiplenmiştir.

Direk tipleri hattın güzergâhının arzedeceği hususiyetlere göre ve alışla gelen tiplere göre memleketten memlekete değişmektedir. İzolatörler zincir izolatörler olup rüzgâr-

lı havalarda doğacak salınımlar amortizörlerle alınırlar.

Şüphesiz gerilim yükseltilmesi ile elde edilecek tasarruf yukarıda zikredilen güçlükleri yenme zahmetine değdiği müddetçe gerilimin daha yükseltilmesi bahis konusu olur.

#### Bibliografya:

- 1 — Viel G. Etüde d'un reseau à 400 000 volts. Revue gen. Elec. 28-729 (1930)
- 2 — Lane F. J. Sayers D. P. ve Forrets J. S. Cigre 1954 Rapor 406
- 3 — Gunnar Jancke ve Sven Lalender Cigre 1956 Rapor 411
- 4 — S. S. Rakotyan ve B. P. Lebedev Rusya'da 400 kV. la enerji, Londra'da IEE nezdinde verilen bir konferans 1957
- 5 — George Ball ve Hermann Roser Cigre 1956 Rapor 409
- 6 — Peek F. W. Jun. Dielectric phenomena in high voltage engineering. Bir kitap 1929
- 7 — Peterson W. S. Development of a Corona formula AIEE Transactions vol. 53 - 1933
- 8 — Carroll J. S. ve Rockwell M. M. Empirical method of calculating corona loss from high voltage transmission lines. Elec. Eng. Vol. 56-1937
- 9 — Rathsmann B. G. Cigre 1952 Rapor 336
- 10 — Wagner W. Probleme der 380 kV. Drehtromübertragungen, Fortschritte der Hochspannung Bir kitap (Neşredener F. Schumann W. O. Prinz H.) 1954 Leipzig



ŞekU: 5

Demeti 4 iletkenli olan 380 kV. luk bir hat