

J. R. MORTLOCK

Ph D, B So (Eng), M I E E, Mem A I E E

Çok yüksek gerilimde enerji nakli

1. O - Giriş :

Mevcut yükler pek cüzi bir doyma belirtisi ile artmaya devam etmekte ve yeni büyük yükler nakliye, işçilik ve ham madde bakımından müsait mahallerde teessüs etmektedir. Hidro - elektrik santrallerin mevkileri sabit olduğu halde primer enerjinin diğer şekillerinde umumiyetle santral mevkiinin tâyininde bir tercih imkânı vardır. Bu tercih imkânı da bazı faktörlerle tahdit edilmiştir. Bu faktörlerden başlıcaları nakliye, su temini problemleri ve atomik santraller halinde kesif nüfuslu mntakalardan uzaklaşmak zarureti ve hattâ normal termik santrallerde da havanın kirlenmesinin önlenmesidir.

Burada ele alacağımız problem 1000 MW ve daha büyük takatların vasat mesafelere ve b azan da uzak mesafelere nakledilmesidir. Mesafe uzadıkça problem zorlaşmaktadır. Termik santrallerin ünite kapasiteleri devamlı olarak artmaktadır. 500 MW lık üniter sipariş edilmiştir ve 2000 MW m üzerinde takatta termik santraller tahakkuk ettirmek üzeredir. Ayrıca 500 MW hk atomik santraller inşa halindedir ve 300 MW lık hidrolik üniter pek yakın istikbalde tahakkuk edecektir.

Büyük takatların randımanlı bir şekilde nakledilmesi son harpten beri ciddi bir problem olmuştur. Bu problem ilk defa ekonomik normal yakıt kaynakları pek cüzi olan, geniş hidrolik imkânları şimalde ve büyük yük merkezleri cenupta bulunan İsveçte-mey dana çıkmıştır. Finlandiyada da aynı problemle karşılaşmıştır ve 400 KV luk enerji nakil hatları inşa halindedir. Rusyada problem biraz farklıdır, şöyle ki; Cenupta geniş kömür yatakları ve aynı zamanda büyük hidrolik imkânlar mevcuttur. Ancak ekonomik hesaplar hidrolik kaynakların inkişafının daha uygun olduğunu göstermektedir.

Bu yazı İngiliz A E I firması «Engineering Department» menejeri Dr J R Mortlock'ın 10/Ağustos/1959 tarihinde Elektrik İşleri Etüt İdaresinde verdiği konferans'ın metnidir

Tercüme Edenler:

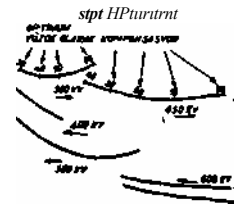
Ahmet Surf ÖRNEKOL - E. t E.
H. Sezai DİREN - E. t E.

Lâbradorun Hamilton Falls mntakasında 6.000.000 HP hk ve Şimalî İngiliz Kolumbiasının Piece LMard mntakasında daha da büyük enerji kaynaklarına sahip olan Kanada da aynı problemler mevzu bahisdir. Fransada şartlar bazı bakımlardan Rusyadaki şartlara benzemektedir. Enerji naklinin kifayyetli olabilmesi için Avrupa şebekesi 400 kV nominal gerilimde inşa edilmektedir.

Birleşik Amerikada kömür, gaz ve petrol rekabetinin mevcudiyeti dolayısıyla şartlar farklıdır, 200 milin üzerinde enerji nakli pek nadirdir. İngilterede halihazır azami en yüksek gerilim 275 kV tur, fakat şebekeye son üyeler istikbalde 400 kV kullanılma imkânı nazarı itibare alınarak projelendirilmektedir. Cenubi Afrikada halihazır azami gerilim 281 kv tur ve Rodezya da 330 kV luk bir şebeke inşa halindedir. Afrikadaki bu hatlar izolasyon seviyesi bakımından 400 kV luk gerilim sınıfındadırlar.

Türkiyede büyük hidrolik enerji kaynakları doğuda buna mukabil nüfus ve sanayi batıda toplanmış bulunmaktadır.

Rokotun, Miroluboy ve Jancke tarafından (Şekil 1) verilen RW başına maliyetler uzun mesafelere çok yüksek gerilimle enerji nakli ekonomisinde iyi bir kriteriyumdur.



U»
rv afji** tuHCT'ic
i TMAT

ŞEKİL : 1

2.0 - Demet İletkenler :

Demet iletkenlerin kullanılması 1909 da Thomas tarafından ortaya atılmış ve klâsik teori bir çok seneler önce, teessüs etmiştir. Buna rağmen umumi tatbikat tek iletkenlerin kullanılmasında ki güçlülük pek çoğaldığı bu zamana kadar gecikmiştir. Demet iletkenleri kullanmadan evvel mekanik özelliklerini (titreşim ve gerilmeler) ve bilhassa buz tutma durumunu incelemek "Korona ve radyo enterferans bakımından elektriki karakteristiklerini tesbit etmek zaruri idi. Bu problemlerin birçoğu halledilmiş olmakla beraber bazı şartları suni olarak temsî etmek imkânsız olduğundan bir çok memleketlerde modeller ve sistemler üzerinde araştırmalar halen devam etmektedir. 400 kv ta yapılan araştırmalar ve şimdiye kadar edinilen işletme tecrübeleri, Rusların 430 kv lük sistemlerini 500 kv ta kullanmasına ve 600/660 kv luk yeni sistemler tesis etmesine amil olmuştur.

Ekstrapolasyonda gerekli itina göstermeden ve tecrübelerle istinat etmeden daha yüksek bir gerilimde yeni bir hat tesisi mahzurludur. Nitekim Birleşik Amerikada ekstrapolasyona istinat edilerek inşa edilen tek direkli 345 kv luk bir hattın yıldırımlara karşı korunması kifayetsiz kalmıştır. Zira izolasyon seviyesindeki farka rağmen direklerin yüksekliği arızaların tek devreli 132 kv luk hatlardaki arızalarla mukayese edilebilecek miktarda vuku bulması sebep olmuştur. Netice olarak söylenebilir ki yüksek gerilimler düşünüldüğünde yatay tertip kullanılmalıdır ve bu pek tabiidir.

Kullanılma kolaylığında ayrıca demet iletkenlerin diğer bazı faide ve mahzurları vardır. Etkin geometrik ayrı çapları aynı kesitteki tek iletkenlere nazaran büyük olduğundan, demet iletkenlerin kullanılması sen reaktansın küçülmesine ve şönt kapasitesinin büyümesine, sebep olur. Seri reaktansın küçülmesi faydeli, şönt kapasitenin büyü-

mesi mahzurludur. Bununla beraber herhangi bir başka şekil mevcut olmadığından bu son mahzurun kabul edilmesi lâzımdır. Bu şönt kapasitenin büyüklüğü hakkında bir fikir vermek için 380 kv luk tipik iki iletkenli 100 millik bir hattın şarj kapasitesinin 90 MVA olduğu ve bu miktardan genlimin karesiyle orantılı olarak değiştiği zikredilebilir.

Arzu edilen korona ve enterferans karakteristiklerini elde etmek için ve kısa devre akımlarının elektromanyetik tesirlerinden dolayı demeteki iletkenlerin mesafeleri hat boyunca aynı tutulmalıdır. Bu husus demetlerde bütün hat boyunca separatorler kullanılmasını zaruri kılar ve çok kompleks mekanik problemler yaratır. Analitik çalışmalarda ve tecrübe hatlarında elde edilen iyi neticelere rağmen, tesis edilmiş separatorlerin binlercesini değiştirmek icabetmiştir. Bu separatorların ne şekli ve nede hat üzerinde tevzii nihai şeklini bulmuş değildir.

Kısmen alçak gerilimlerde 14 ilâ 20 inç aralıkla iki iletken kullanılmaktadır. Rusyada 3 ve Almanyada 4 iletkenli demetler 400 kv'a kadar tatbik edilmiştir. 400 kv un üzerinde ise 4 iletken kullanmak tercih edilmektedir, iletkenlerin sehimi, başlangıçta ehemmiyetli miktarda sonradan pek az olmak üzere zamanla arttığı için, daima tam olarak kıymetlendirilemez. Netice olarak, şayet iki nakilli demet iletkenine bir üçüncü nakil ilâve edilirse, zaman - zaman karakteristikleri farklı olacağından, bu uç iletkeninde aynı sehimi muhafaza edebilmek müşkül olabilir.

400 kv luk mevcut sistemlerin muvaffakiyetini analitik tekniğinde ve cihazların imalatındaki son terakkilerle imalât imkânının genişlemesi temin etmiştir. Enerji nakli kapasitesinde bir kv luk artışın izafi maliyetinde diğer bir amil olarak gösterilebilir. Bu mevzuda Rusyadaki çalışmalardan alınan neticeler tablo I de verilmiştir.

Tablo I

Varyant	350 MW m üzerinde MW naklinde yüzde olarak artış 43	KW artışı başına izafi maliyet
1 — Bir iletgen yerine üçlü demet iletgen		1.041
2 — 1 inci varyant gibi zait transformator reaktansında 4 % indirme	43 + 33 = 76	1.5468
3 — 2 inci varyant gibi zait generatör transiyent reaktansında 10 % indirme	76 + 27 = 103 103 + 131 = 234	
4 — 3 üncü varyant gibi zait 40 % seri kondansatörle kompanzasyon		ihmal edilebilir.
5 — 4 üncü varyant gibi zait hususî gerilim regülatörü	234 + 23 = 257	

Rokotlan ve Lebedev (6) hususî gerilim regülatörü kullanmakla çift devreli Kuibishev - Moskova ve Stalingrad - Moskova hatlarında enerji nakil kapasitesinin 1150 MW tan 1500 MW'a yükseltildiğinden bahsetmektedirler.

Jancke (50) işveçlilerin tecrübelerini hulasadek optimum tertibin aşağıdaki şekilde olabileceğini yazmaktadır.

- (a) 20-25 % transiyent reaktansla generatorler
- (b) Süratli devamlı tesirli gerilim regülatörlerinin kullanılması
- (c) 10 % reaktanslı generator transformatörleri
- (d) Mümkün oldukça Oto - transformatörlerin kullanılması
- (e) Hatların" alıcı uçlarında büyük senkron makinelerin kullanılması
- (f) Seri Kondansatörlerin kullanılması
- (g) Azami 3 periyottuk kesine zamanlı, disjunktörler
- (h) Azami çalışma zamanı 1 periyottuk korunma teçhizatı, (i) Ana devrelerde süratli tekrar kapama

3.0 - izolasyon Seviyesi :

Enerji nakli maliyetine diğer bütün faktörlerden daha çok tesir eden yegâne faktör izolasyon seviyesidir. Düşük gerilimlerde yıldırımdan korunma ehemmiyetlidir ve izolasyon seviyesi maliyetlerle servis devamlılığının karşılıklı mukayesesi yapılarak tâyin edilir. Uç noktalarda, teçhizatın korunması mevzu bahis olduğunda periodik 'olarak aşım gerimlere maruz kalan parafürların çalışma tarzı esas izolasyon seviyesinin seçilmesine amil bir faktördür.

Umumiyetle hatların izolasyon seviyesi uçlardaki teçhizatın izolasyon seviyesinden daha büyük değildir. Şalterlerin açılmasında husule gelen aşım gerilimler ikinci plânda kalmaktadır. Ancak bunlar parafürların hasara uğratmaya kâfi enerji taşımamalıdır

Çok yüksek gerilimlerde dönüş yolunu elde etmek için makul ve pek pahalı olmayan tedbirler alındığında yıldırımdan dolayı servisin Kesilmesi imnci planı kalır. Yıldırım atlamasında akımın büyüklüğü üzerine hattın geriliminin tesiri pek cüzdür. Normal yükseklikteki pylonların tepesinde meydana gelecek gerilim takriben darbe akımı ile pylon toprak direncinin çarpımına eşittir. Netice olarak, 1.5 Ohm luk bir toprak direnci için, 200.000 amper direk tepesinde 1500 kV husule getirecektirki bu birçok 400 kV luk hatların izolasyon seviyesi civanndadır. 200.000

Amperlik bir darbe akımı ihtimali çok yıldırınmü mıntakalarda binde birdir. Toprak hattı ile iletkenler arası mesafe büyük olduğundan teller arası atlamalar nazarı itibare alınmaz.

Yıldırımdan dolayı servis dışı kalmalar ihmal edilebilecek kadar küçük farzedilirse, izolasyon seviyesinin seçilmesine tesir eden faktör şalter açılmasında meydana gelen aşım gerilimlerdir.

Disjunktör imalatındaki son terakkiler direkt topraklanmış sistemlerde şalter açmasındaki aşım gerilimlerin normal faz - nötr geriliminin 2,5 mislini asmamasını temin etmiştir. Muhtemeldir ki pek yakın istikbalde bu faktör daha küçülecek ve yeni sistemler için 2.3 misli kabul edilebilir bir değer olacaktır. (Bölüm 6. Q; a bak)

Genel olarak şalterlerin açılıp kapanmasında meydana gelen aşım gerilimler bir kaç yüz ilâ 100.000 frekanslıdır. Bu frekanslarda izolasyonun çalışması çok ehemmiyetlidir. Halen, darbe ve frekans tecrübeleri ile mukayese edilirse bu sahada pek fazla bir tecrübe yapılmış değildir. Fakat elde mevcut malumat bu tip aşım gerilimlerde kritik darbe değerinin 0.9 mislinde izolasyon delinmesi faraziyesini teyit etmektedir. Harper (8) 0.8 ve Wollaston 0.87 faktörünü kullanmayı tercih etmektedir.

Transformatörler için aşım gerilimler darbeye dayanma geriliminin 0.8 mislinde tahdit edilebilirse transformatörün normal ömründe mühim bir azalma olmayacağı kabxü edilmektedir.

Buna göre, müstakbel sistemler için toplam olarak $(2.3/0.9 \times 0.8) = 3.2$ faktörünü kullanmak uygun olacaktır ve 600/660 kV luk bir sistem için mutlak asgari izolasyon seviyesi,

$$660 \times 2 \times 2.2/\sqrt{3} = 1730 \text{ kV olacaktır.}$$

Bu, yağmur ve toz gibi, en kötü şartlarda aranan seviyedir, Esas izolasyon seviyesi kuru ve temiz şartlara tekabül ettiğinden 1730 kV'u hattın geçtiği arazinin şartlarına uydurmak için bir miktar arttırmak lâzımdır.

Mutasavvur enerji nakil hattın tiplerinde yalnız yağmur için pratik olarak bütün hat boyunca * asgari izolasyon seviyesini % 10 yükseltmek icabedecektir. Dış yüzleri pek büyük olmayan cihazlar için bu toleransın ilâvesine lüzum yoktur.

Bütün kötü şartların aynı ana tesadüf etmeyeceği düşünölmeli ve ticari bir muha-

keme kullanılarak uygun bir seviye seçilmiştir. Buna göre esas izolasyon seviyesi olarak 1850 kV elverişli görünmektedir. Çok uzun hatlarda hattın açık ucunda volta 660 kV'un pek üzerine çıkıyorsa ve muhit pek tozlu ise bu seviyenin bir miktar artırılması mümkündür.

Wollastom, Callander ve Clay'in (9) İngiliz Kolombiyasında 345 kV luk bir transformator istasyonu için yapmış oldukları son analizleri teklif edilen 1850 kV luk seviye ile mukayese etmek yerinde olacaktır. Onlar şalter açılmasında meydana gelen aşın gerilmeleri için aşağıdaki faktörleri teklif etmektedirler.

Azami işletme gerilimi "	1.1
» Açma aşın gerilimi	2.7
Effektif faktörü	V^2
Atlama gerilimi/dayanma gerilimi	1.1
Kritik darbe/Aşın gerilim	1.15
Kuru atlama gerilimi/Yaş atlama gerilimi	1.1
Tozlanma faktörü	1.1

Bu faktörler 600 kV luk bir sistem için 2230 kV izolasyon seviyesi verir. Fakat Şalter açma aşın gerilim faktörü 2.3 olursa bu miktar 1900 kV'a düşer. Bununla beraber bir çok yerlerde tozlanma faktörü nazan itibara alınmayacağından bu miktardan 1.1 misli küçülterek esas izolasyon seviyesi 1730 kV seçilir. Görülüyorki esas izolasyon seviyesininin 1850 kV alınması tatminkârdır.

Bu gerümlerde, bir dakikalık normal frekansta gerilim tecrübesine büyük ehemmiyet verilmelidir. Zira bugüne kadar edinilen tecrübe, cihazların esas boyutlarının dolayısıyla maliyetlerinin darbe tecrübesiyle değil bu tecrübe üe teıbit edileceğini göstermektedir. Pratikte, tecrübe için, bu büyüklükte normal frekansta gerilmeler hiçbir hakiki sistemde elde edilemez.

Şalter açılmasındaki frekansta gerilmelerle tecrübe yapmak çok enteresan olacaktır. Fakat halen imkânlar mahduttur ve bu tecrübelerin tekniğinde genel bir esas vazedilmemiştir.

4.0 . Enerji Nakil Hatları: g

Nakillerin ebadı ve tertibi ısınma, korona, radyo enterferans ve kayıp ekonomisi nazan itibara alınarak tesbit edilir. Büyük ihtiyaçları karşılayacak şekilde standart olmayan iletkenler kullanmak hususunu incelemek faydalı olur. Kullanılacak iletkenlerin kesit ve dış çapları sabit olmakla beraber çe-

lik nüvesiyle alüminyumun oranı kullanılan direkler arası açıklığa tabi olarak değişebilir. Bu kullanılan direklerin yükseklik ve ağırlığına da tesir edeceğinden en ekonomik şeklin tayıni için her direkler arası açıklıkta problemin incelenmesi lüzumludur.

Direkler arası açıklıkla maliyetin münasebeti asgari maliyet civarında pek az değişmektedir. Meselâ Rusyadaki 400 kV luk hatlarda asgari maliyet direkler arası açıklık 350 mt. içindir ve 450 mt. açıklıkta maliyet % 6 artmaktadır.

Lenteli direklerle % 15 •*- 25 ekonomi yapılması mümkündür, yazar bu tip direklerin Kanada'da, Finlandiyada ve Rusyada kullanıldığına işaret etmektedir. Halen Amerikada 345 kV luk hatlar eskisi gibi inşa edilmekte ve bu arada farklı tertipler üzerinde de tecrübeler yapılmaktadır. Tatbikat metodları daha alçak gerilimli hatlardan elde edilen tecrübeye istinat ettiğinden tekrar kıymetlendirilmeleri zaruridir. Hattın geçirileceği arazi pek çok değişiklikler gösterebilir (10). Miroluibov ve Rokotian (3) 40 + 500 kV luk enerji nakil hatlarınının daha alçak gerilmelere tatbik edilen metodlarla inşası halinde, kilometre başına daha çok metal sarfiyatı olacağından, 400 kV luk hattın maliyetinin artacağını göstermektedirler.

Umumiyetle maliyette azami tasarruf iyi bir proje ve inşaatın programlanması ve kontrolü ile temin edilebilir, iletkenlerin maliyeti toplam maliyetin 40 % ve pylonlar, temeller, izolatörler gibi diğer kısımların maliyeti ise % 40-50 sidir. İzokronik seviyenin düşük olduğu mahallerde, bilhassa çift devreler müstakil olarak tesis edilmişse toprak tellerinden vazgeçebilir. Bu İngiliz Kolombiyasında 345 kV luk hatlarda ve Finlandiyada da 220 kV ve daha yukarı gerilimlerdeki hatlarda tatbik edilmiştir. Mezkûr memleketlerde İzokronik seviye 8 •+• 14 arasındadır.

Çok yüksek gerilimli hatlar için son zamanlarda tahmin edilen tipik maliyetler şöyledir :

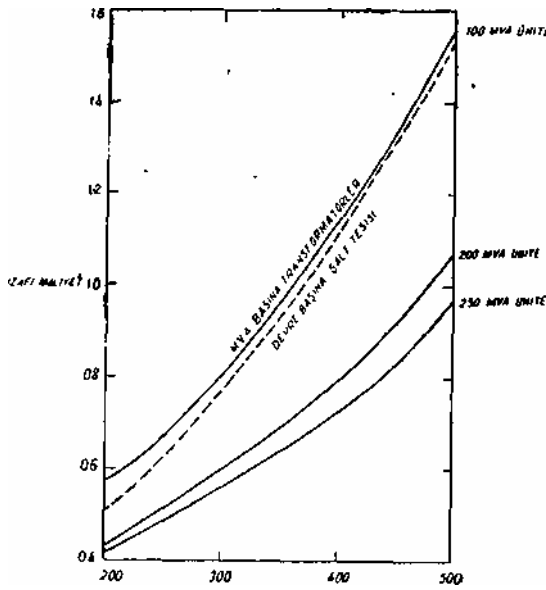
2200 MVA taşıyacak 400 kV luk bir hattın kilometre maliyeti 60 000 Sterlin ve 3000 MVA taşıyacak 600/660 kV luk hattın ki ise 80 000 Sterlindir.

Aşın gerilmelerin sebeplerinin ve kontrolünün iyice anlaşılması mevcut yüksek gerilimli hatların daha yüksek gerilimlerde kullanılması neticesini vermiştir. Rusyada 400 kv luk sistem 500 kV ta kullanılmaya ve 110, 150, 220 kv luk sistemlerde 150, 220, 330 kV ta kullanılmaya başlanmıştır. İsveçte bazı

400 kV luk hatlar istikbalde 500 kV'ta kullanılabilir. Simpson (52) 115 kV luk hatların küçük ilâvelerle 230 kV'ta kullanılabileceğini ve ekseriyetle 262 kV ta işletilebileceğini izah etmektedir.

5.0 - Transformatörler :

Çok yüksek gerilimlerde en büyük güçlük transformatörlerin mahalline nakledilmesidir. Son yıllarda darbe testlerinde, aşın gerilimlerin sargılara tevziinde ve aşın airim ossilograflarında ve bilhassa dijital hesap makinalarının transformatör proje hesaplarında kullanılmasında mühim ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu ilerlemeler sayesinde teklif edilen bir transformatör tertibi için, uygun ve makul bir fiyat tesbiti mümkündür. İma-



MANIPYK vr Şjir HİSLİPIHI
VOLTAJA TABI OLAKAK İZPRİ MİLIBİTİTİ"

ŞEKİL : 2

lâtçuar büyük ebadda transformatörlere doğru temayül göstermektedir.

Büyük takatlarda transformatörler kullanmanın faydeleri şekil 2 den görülebilir. Bu eğriler üç tek fazlı transformatörün Dillard ve Maxwell (15) tarafından verilen tesis maliyetlerini göstermektedir. Halen 500 •+- 600 MVA lık transformatörler nadir sayılmamakta ve İsvetçe 1000 MVA hk transformatörlerin kullanılması teklif edilmektedir.

İnteresan bir problemde transformatör reaktansı ile sistemin takat limiti arasındaki

münasebettir. Transformatör reaktansının azaltılması takat naklini artırmaktadır. Fakat transformatörün maliyeti yükselmektedir. Umumiyetle irtibatlar 400 •*- 600 kV ile 220/330 kV luk şebekeler arasındadır ve Oto-transformatörler kullanılabilir. Ekseriyetle transformatörlerin üçgen bağı üçüncü sargılan kompensasyon için kullanılır. Diğer büyük bir problemde, üç sargı reaktansları arasındaki ekonomik muvazenenin elde edilmesidir. Esas sistemler arasındaki reaktansın düşük olacağı bedihidir. Fakat MVA ihtiyacına göre iki sistemle üçüncü sargı arasındaki reaktansında düşük olması icabedebilir. Ayrıca bazı projelerde ilk işletme düşük gerilimde nihai işletme ise daha yüksek gerilimde düşünülebilir. Meselâ 600/660 kV luk sistemin başlangıçta 300/330 kV ta çalıştırılması gibi. Bu takdirde transformatör her iki gerilimde işletmede uygun olmalıdır.

Yük altında gerilim aynı sargılarda kademe ayan veya seri kademe değıştiricilerle yapılmalıdır.

6.0 - Salt Teçhizatı:

Disjonktörlerin tertibindeki inkişaflar çok yüksek gerilimli enerji naklinin ekonomik olarak tahakkukuna iletkenler müstesna di-



BESİM: 3

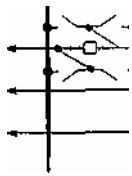
Fransız 380 kV luk sisteminde kullanılan 10000 MVA, 420 kV, 1250 A hk tek'kutuplu tazyikli havahlı disjonktörün görünüşü.

ger faktörlerden daha fazla yardım etmiştir. Arızaların bitaraf edilmesine ilâve olarak disjonktorler esas izolasyon seviyesinin seçilmesinde tesir etmektedir. Ark olayının henüz hesaplarla tesbiti mümkün olmamasına rağmen, uygun imalat tertiplerini tâyin etmeye kâfi amprik malumat mevcuttur. Tertipteki inkişaflara paralel olarak disjonktorlerin açılmasında esas sistemde husule gelen olayların daha iyi bir şekilde anlaşılması hususunda da ilerlemeler olmuştur. Bu maksatla transiyent ve normal şebeke modelleri ve yakın zamanlarda da dijital hesap makinalarının geniş mikyasta kullanılmaktadır.

Evvelce işaret edildiği gibi çok yüksek gerilimlerde disjonktörlerin meydana getirdiği aşın gerilimler ehemmiyetlidir ve bunların büyüklüklerinin tahdit edilmesi esas gayedir. Yağlı ve az yağlı disjonktörler 400 kV'a kadar imal edilmiş ve kullanılmış olmakla beraber daha yüksek gerilimlerde kullanılmaları şüphelidir. Çok yüksek gerilimlerde esas rolü tazyikli havalı disjonktörler oynayacaktır. Bu disjonktörler seri kesme kontaklı tiplerdir ve istikbalde muhtemelen istisnasız olarak dahili izolasyonlu olacaklardır. Her türlü şeraitte disjonktörün ucundaki gerilimi bütün kesme kontaklarının müsavi şekilde paylaşması için bir tertibat alınması bu imalât için zaruridir. Bu izafi olarak çok yüksek rezistanslarla, bazanda paralel kapasitörlerle temin edilebilir. Bu usulle gerilimin tevzii tesirli olarak kontrol edilebilmekle beraber, şalter açmalarında husule gelen aşın gerilimlerin büyüklüğünün kontrolü pek cüzi nisbette mümkündür. Bunu temin etmek için küçük değerlerde rezistanslar kullanmak lâzımdır Fakat

	k_1		k_2		
		k_3		k_4	
	f		k_5		

Kanşık fazlar (Fransız) : 1 1/2 bölüm için iki devre



Konvansiyonel: Bölüm başına bir âevre (en çok kullanılan)

RESİM: 4

Salt teçhizatının en çok kullanılan konvansiyonel ve yeni tertipler

bu ikinci bir yüksek kapasiteli kesme anaharına lüzum gösterir. Transiyent ve normal şebeke modelleriyle ve hesapla aşın gerilim faktörü ile rezistansların omik değerleri arasında ki münasebeti tâyin etmek dolayısıyla belirtilmiş bir aşın genlim faktörü için uygun disjonktor tertibi tesbit etmek mümkündür.

Halen Fransada işletilmekte olan 380 kV luk sistem için, aşın gerilim faktörü 2,5 tesbit edilmiş ve bu az yağlı ve tazyikli havalı disjonktorlerle uygun bir şekilde karşılanabilmektedir. (16) Hakikatte, bu hat için kapasitif akımları açmada aşın gerilim faktörü 1.1 fakat indüktif akımlarda (bir şönt redüktörle birlikte) daha yüksek bulunmuştur. Az yağlı disjonktörün açma zamanı 5 periyot (0.1 Sn) ve tekrar kapamak için geçmesi lâzım gelen zaman 0.25 saniyedir. Tazyikli havalı disjonktörlerin ise azami açma zamanı 4 periyot (0.08 Sn) ve tekrar kapama zamanı 0.25 saniyeden biraz azdır. Yerden ekonomi yapmak için orijinal buluşlardan biriside şekil 3 te gösterilen çelik konstrüksiyona asılı bir tertiptir. Transiyent stabilite anza giderme zamanına bağlıdır ve istikbalde bir disjonktor için 3 periyoddan fazla toplam anza giderme zamanının kabul edilebileceği şüphelidir.

Ruslann 400 kV şebekesi aşın gerilim faktörünün mevcut disjonktorlerle 3.0 ten 2,5 a indirilmesi sayesinde 500 kV a yükseltilebilmiştir (3) Bu ilk maliyette % 4 artışa mukabil enerji nakil kapasitesinin % 40 artmasını temin edecektir.

2000 amperlik devamlı akıma kadar disjonktörün imalinde belli başlı bir müşkilât yoktur. Son zamanlarda 600/660 kV şebekede kullanılmak üzere 3000 amperlik disjonktörler sipariş edilmiştir. Bu 600 kV ta 3100 MVA ya tekabül etmektedir. Mezkûr disjonktör 25000 MVA açma kapasitesindedir ve hali hazır ihtiyaçlara kâfidir. Ancak istikbalde bazı yerlerdeki hidrolik kaynakların inkişafı için 40 000/50 000 MVA açma kapasiteli disjonktörlere ihtiyaç olacaktır.

Halen, kullanılmalarına kati olarak lüzum gösterecek kâfi tecrübe edinilmiş olunmamasına rağmen, tek fazlı tekrar kapama arzu edilen bir şekildir.

Çok yüksek gerilimlerde normal gerilimlerde kullanılan salt sahası tertipleri kullanılırsa, son ve ara istasyonlar için lüzumlu sahalarda çok büyük olabilir Fransızlar (18) yer kazanmak için salt sahası tertiplerinin halinde bazı yenilikler göstermişlerdir. Bu tertipler şematik olarak 4 No. lu resim de gösterilmiştir. Bu hususî salt sahası plânlarına

uyabilmek için seksiyonerler ıki mesnetli ve iki kollu yatay açmalı, üç mesnetli düşey açmalı veya seri pantograf düşey hareketli tip olabilir.

Daha alçak gerilimlerde Almanyanın istikbaldeki tatbikatlarını tarif eden Roser (19) üç sargılı transformatörler üzerinden doğrudan doğruya 380 kV luk şebekeye 15 kV luk disjonktörlerle bağlı 300 M<W lik generatörler derpiş eder. Bu 15 kV luk disjonktörler 13000 amperlik devamlı akıma ve 5000 MVA lik açma kapasitesine ihtiyaç gösterir. Bu nevi disjonktörler halen kullarulmamışsada istikbalde bu yöne doğru bir gidiş vardır. Bununla beraber ayn 380 kV disjonktöherle bağlı transformatörler tertibide . ekonomik olabilir. Diğer taraftan, Kros - Kompaund 325 MW lık gruplar için Shew ve Myers (20) in kullarıldığı şema da kullanılabilir. Şoyleki iki 20 kV luk ünite devamlı olarak 20 kV luk baraya ve oradan iki trafo vasıtasıyla bir 138 kV luk disjonktöre bağlıdır. 20 kV luk salt teçhizatına ihtiyaç yoktur.

7.0 - Generatörler:

Çok yüksek gerilimlerde enerji naklinin tahakkukuna yardım eden diğer bir faktörde büyük takatta 'generatörlerin inkişaf ettirilmesi'dir. Bu, bağlantı devrelerin azalması dolayısıyla, salt teçhizatı malzemesinin maliyetinde esaslı bir azalmaya sebep olmuştur. (Şekü 2 ye bak) Halen'500 MW lık ' termik üniteler inşa edilmiş ve 300 MW lık hidrolik üniteler sipariş edilmiş bulunmaktadır. Hidrolik ünitelerde atalet momenti ve reaktans taleplerini karşılamakta daha serbest hareket imkânı vardır, fakat gerek termik gerekse hidrolik ünitelerin her ikisinde de maliyet ile karakteristikler arasında bir denge elde etmek şarttır, bu karakteristiklerden bilhassa kısa devre nisbeti,, takat faktörü (Cos0) ve transient reaktans başlıcalandır.

Meselâ (21) Coş 0 si 0,95 ve kısa devre nisbeti 1.9 olan bir' generatörün kısa devre nisbeti l'e indirilirse bu aynı ebaddaki generatörün takatini % 25 arttıracaktır. İngilterede umumiyetle Coş 0 si 0.85 ve kısa devre nisbeti 0.6 olan üniteler şart koşulmaktadır.

Şayet modern otomatik gerilim regülâtörlerinin bütün avantajlarından istifade edilebilirse Coş 0 si 0.9 ve kısa devre nisbeti 0.4 olan generatörler kullanılması mümkün olabilir. Model cihazlarının ve dijital hesap makinalannın sayesinde otomatik gerilim regülâtörlerinin sistem çalışmasında oynayabileceği büyük rol daha iyi takdir edilebilmektedir.

Bilhassa bunların kullanılması daha düşük kısa devre nisbetini tahakkuk ettirebilir ve dolayısıyla makinanın ebatları ve maliyetinde bir indirme temin eder (22) (23) (24) Aynı şekilde sistemin geçici rejimlerde çalışmasında da bu regülâtörler ehemmiyetli rol oynuyabilirler. (24) Normal olarak ölü bantlı mekanik röleler vasıtasıyla harekete geçen endirekt tip regülâtörler modern standartlara göre pek yavaşlardır. Halen gidiş yalnız elektrik kontrollü ve devamlı çalışan direkt tiplere doğrudur, genel olarak direkt tiplerde elverişli toplam uyarım hızı ikaz makinası bünyesinin levhalı olarak imaliyle elde edilebilir.

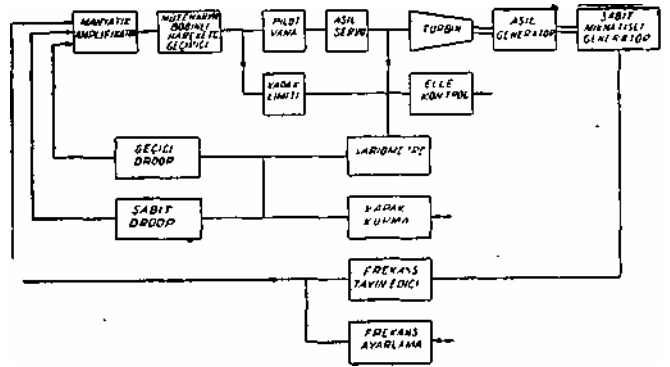
Fakat bazı hallerde buda kâfi değildir. 600/660 kV luk 625 mil uzunluğunda, transiyent stabilitenin ehemmiyetinin fazla olduğu bir projede, makina imalatçıları aşağıdaki şartlarda mutabık kalmışlardır.

Uyarım zamanı, (bir arızadan sonra değişiklik işaretinden ikaz değişikliğinin harekete geçirilmesine kadar) 0.05 saniye : 8 defa normal ikaz ulaşma zamanı: 0.05 saniye.

Bu halde ikaz ızgaralarında faz kontrolü olan cıva buharlı redresörlerden elde edilecektir.

Elektrikle çalışan hız regülâtörleri tekâmül ettirilmiş olup bunlarla hız değişikliğinin diferansiyellerini dahi kolayca takip ve elde etmek kabildir. Bundan başka elektrikle çalışan hız regülâtörleri sayesinde kumanda fonksiyonlarına ilâveler yapmak güç değildir, bu ilâve kumanda fonksiyonlarının izafi hareketleri makinanın devriyle ayarlanabilir.

Bu sınıfın tipik misali 200.000 H. P. ye kadar hidrolik Türbinlerde kullanılan ve son zamanlarda bulunmuş olan hız regülâtörü olup şekil: 5 deki blok diyagramda şematik olarak gösterilmiştir. (21) Kumanda sinyal-



ŞEKİL : 5

lerinde elektrik amplifikasyon kullanmanın bir avantajı da kon-trolu kesiksiz olarak temin etmesidir. Bunlara nazaran mekanik regülâtörler pek yavaş ve hantal olduğundan yakın istikbalde tamamen elektrikli regülâtörlerin ve aşın süratten korunmak için de mekanik cihazların kullanılacağı anlaşılmaktadır.

İyi bir etüdde generatör sistemin bir parçası olarak nazarı itibare alınıp incelenmelidir. Yüküğüdışıatı doğru olarak tesbit edilecekse muharrrik makina, regülâtör ve buhar veya hidrolik, sistem de etüdlere ithal edilmelidir. Mevzu çok enteresan olmakla beraber elde mevcut malûmat bu hususu her zaman tesirli bir şekilde yerine getirmeye kifayet etmemektedir. (25)

Gerilim ve indirekt olarak MVAR durumu generator, gerilim regülâtörü ve harici şebekeden müteşekkil sistemin etüdüyle tâyin edilebilir. Bu etüdlere yapılmadığı takdirde, izafî zaman sabiti öyle bir değerde olabilir ki kolayca osilâsyonlar hasıl olur. Misal olarak, bir arızanın giderilmesini veya sistemin yeniden tanzimini müteakip makinaların sahnımını ele alalım. Bu durumda makinalar salınırken ikazdaki değışmeler senkronlama gücünde bir azalmaya sebep olabilir. Bu da netice itibariyle stabilitenin bozulması demek olacaktır, halbuki regülâtör zaman sabitlerindeki ufak bir değışiklik stabilizeyi emniyete almayı kafi gelecektir. Bu değışikliğin yapılması güç bir iş değildir.

Herhangi bir sebeple senkronizmden ayrılan makinaların tekrar senkronize edilme, si mevzuu büyük önemle etüd edilmektedir, İngilterede 45 MW lık (26) ve son zamanlarda 60 MW (22) lak türbogeneratörler üzerinde denemeler yapılmıştır; Birleşik Amerika'da 64 MVA (27) lık termik üniteler üzerinde ve Rusya'da gruplanmış 105 MW lık (6) hidrolik üniteler üzerinde tecrübeler kazanılmıştır. Rusya'da tekrar senkronlama için standart bir usul araştırılmaktadır. Bu çalışmalar gösteriyor ki, eğer türbin girişindeki muharrrik kuvvet geçici olarak normalin % 20-30 una indirilir ve bu sırada ikaz artırılırsa, kayma küçük olmak şartıyla, makina tekrar senkronize alabilmektedir. Bunun güvenilir bir standart olarak kabul edilebilmesi için yapılması gereken pek çok iş vardır. Bu tahakkuk ettiği zaman, halen transient stabilite tarafından dikte edilmiş olan stabiüte limitlerinin yeniden gözden geçirilmesi ve tesbiti icap edecektir (11 ci kısma bak)

Asenkron olarak çalışmakta olan bir makina, gerilim regülâtörleri bazan akım sa-

lınımlarının büyümesine sebep olabilirler. İkaz sisteminin toplam zaman sabiti ve kayma frekansı öyle değerde olabilir ki makina senkron durumdan 180° ayrılmış iken ikaz azamî ve tam senkron durumda ise sıfır olur.

Doğu Avrupa'da makinalar umumiyetle tam devrine yakın bir değere kadar sıfır ikazda çalıştırılır ve sonra sisteme bağlanırlar,, bunu takiben makinaya ikaz tatbik edilir ve makina kendi kendini senkronize eder. Bu teknik tatbik edildiğinde makinanın devri % 5 yavaş ile % 1 hızlı limitleri arasında kalmalıdır. Zira, % 1 den daha yukarı devirlerde regülâtörün çalışması makinanın anî yüklenmesini intaç edebilir. Stator akımı kaymaya pek fazla tâbi değildir, bunun azamî değeri ise transient reaktansa göre hesaplanan kısa devre akımının değerinden daha küçüktür (22). Bu usulün taammüm etmesi şüpheli olmakla beraber, bazı uzaktan kumandalı hidroelektrik santrallerde endüksiyon " generatörlerinin kullanılmadığı hallerde faydalı olacağı söylenebilir.

8.0 - MVAR Taleplerini Karşılama:

Çok yüksek gerilimde enerji naklinin büyük problemlerinden birisi hafif yük zamanlarındaki MVAR'ın absorbe edilmesi ve maksimum yük zamanlarında MVAR generasyonudur. Bu iki vazifeyi birden uygun bir süratle ve devamlı bir değışiklikle yerine getirebilecek yegâne cihaz veya makina senkron kondansatördür. Bunlar takriben 200 MVA ya kadar üniteler halinde imal edilmektedir, mamafih bunun yan kapasitesi (100 MVAR) daha çok kullanılmaktadır.

Nakil maksattan için şönt statik kapasitörler pek nadiren kullanılırlar, fakat bunlar yük (Coş 0) sinin düzeltilmesinde indirekt bir tatbikat bulurlar. Esas generasyonun termik olduğu sistemlerde, kısa devre nisbeti düşük ve MVAR absorpsiyon kapasitesi de sınırlıdır. Böyle sistemlerde şönt reaktörler kullanılır. Umumiyetle hidrolik santral generatörleri sıfır kapasitif yük faktöründe nominal MVA sini taşıyacak şekilde imal edilir. Fakat bilhassa sistemin ilk yıllarında, hatların şarj kapasitesi pik yüke nazaran büyük ise şönt reaktörler kullanılması icap edebilir. Şönt kapasitör ve reaktörlerin değerlerinin sabit oluşu bir mahzurdur, bu yüzden, eğer makul bir üniforma kontrol isteniliyorsa bunların devreye girişi muhtelif kademeler halinde yapılmalıdır. Her ikisinin MVAR'ı da gerilimin karesi ile orantılıdır ve bu hususiyet, gerilimi tahdit etmek için reaktörler kullanılması halinde bir avantaj ve fakat gerilimi yükseltmek için kapasitörler kullanılması halinde ise de-

zavanta] olur, Doğu akım kumandası kullanmak suretiyle çalışan sürekli değişen şönt reaktörler üzerinde tecrübeler (54) ilerlemektedir, fakat tunların tatbikatında harmoniklerin doğmasına karşı tedbir alınması lâzım gelecektir. Şönt reaktörlerin kullanılması icap edip etmediği büyük ölçüde bir ekonomik problemdir; muayyen bir yük transferi ve düşük yük faktörü halinde şar] MVAR'ı kâfi ve uygun olmakla beraber hafif yük halinde gerilimin tahdidi bir problem teşkil edebilir. Büyük yük transferi halinde muhtemelen sistemde MVAR istihsal etmek icap edecektir. Senkron kondansatörlerle hattın mevcut MVAR'ının hafif yük zamanlarında absorbe edilmesi suretiyle gerilimin kontrolü temin edilmiş olur.

Bir hattın orta noktalarındaki indirici postalarda konulan senkron kondansatörler transient stabiliteye yardım ederler ve geniş yük sınırları içinde efektif olarak gerilimin kontrolünü sağlarlar. Genel olarak bunlar yük transformatörünün veya ototrafonun tersiyer sargısına bağlanabilirler, fakat bu yapıldığı zaman kumandalarının, transformatör üzerindeki yük altında «tap» değiştirme tertibi üe tam koordine edilmesi şarttır. Bu iyi yapıldığında - materyaldan iktisat etmek mümkündür. Senkron kondansatörlerin normal proje tertiplerinde MVAR absorpsiyonunun MVAR generasyonuna oranı 1/2 alınır, fakat umumî maliyette cüz'î bir artmayla 1:1 nisbetinin elde edilmesi kabildir. Burada gene gerilim regülâtörleri ve ikaz sistemleri, sistem çalışmalarının takviyesinde mühim bir rol oynuyabilirler.

Sen kapasitörler (9 cu kısım) şar] MVAR'ının azaltılmasına endirekt olarak yardım ederler. Şar] akımı, seri kapasitörden geçtiğinde bu kapasitör - üzerindeki gerilim düşmesi öyle bir istikamette olur ki çıkış tarafındaki gerilim giriş tarafındakinden daha düşüktür. Bu da normal Ferranti tesiriyle yükselmenin aksinedir ve bu suretle MVAR azalması neticesini verir.

9.0 - Seri Kapasitörler :

Elementer teoriye göre, nakledilebilen azami takat voltajın karesiyle doğru ve toplam reaktansla ters olarak orantılıdır. En yüksek gerilimlerde korona ve radyo enterferens şartlarını yerine getirmek için demet iletkenler kullanmak icap etmektedir, fakat netice itibariyle reaktans küçüldüğünden demet iletkenler aynı zamanda nakledilebilen takatin artmasını temin etmiş olurlar. Makine ve transformatör reaktanslarının azaltıl-

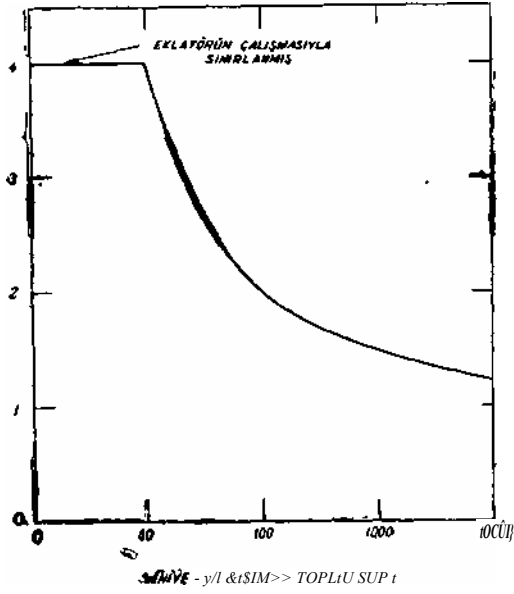
ması da mümkündür fakat fiatın makul hudutlar içinde kalması şartıyla bunu ancak pek mahdut miktarda yapmak kabildir, mamafih gözonüne alınan uzun hatlarda yukarıki tedbirlerin alınmasına rağmen seri reaktans gene de çok büyük olur ve bu hallerde seri kapasitörlere baş vurmak mecburiyeti vardır. 400 kV'a kadar gerilimlerde bu gibi tesisler mevcuttur (29) ve bunların kullanılması faydalı bulunmuştur, şimdiye kadar genel olarak üst limit hat reaktansının % 40' mm kompanse edilmesiydi, fakat pek yakında İsvç'te % 60 kompanzasyon kullanılacaktır.

Kompanzasyonun derecesi muhtemel dahilî aşın gerilimlerin magnetüdüne tesir eder (6) (50), bu magnetüd kompanzasyonun derecesi, hattın uzunluğu ve kısa devre akımlarındaki azalma ile artar. Yüksek değerlerde kompanzasyona gitmeden önce geniş etüdler yapılmalıdır.

Ekonomik bakımdan, kapasite ünitesi üzerindeki azamî gerilim tahdit edilmelidir ve bu gerilim ise geçen akımla doğru orantılı olduğundan, kapasite ünitesinin müsaade edilen gerilim - zaman değeri aşıldığında ünitenin kısa devre edilmesi için bir baypas cihazı kullanılır. (Şekil 6) Bunun manası, ekseri arızalarda kapasitör gurubunun devre dışı olmasıdır, fakat, stabihte bakımından arızanın giderilmesini takiben kapasitörün derhal devreye girmiş olması esastır, bunu temin için hususî şalterler ve manyetik söndürmeli aralıklar tekâmül ettirilmiştir.

Umumiyetle kapasitör bankı hattın merkezinde yerleştirilir; çift devre bir hat için her devresine bir bank konur ve banklar arasında hiçbir irtibat yapılmaz. Bu tertibin, en yüksek gerilimlerde daima en ekonomik ve en iyi sistem tertibi olduğu söylenemez. Hususî bir 600/660 kv projesinde, bankı kendi toplama baralan arasına tesis etmek ve birçok kendi kompanzasyonunu haiz olan çift devreli bir hat halinde, her İŞir devrenin kompanzasyonu, hattın diğer devresi çalışmadığı zaman bir devreye binen azamî yükü taşımaya yetecek kadar olmalıdır; filvaki, eğer iki devre normal şartlarla çalışırken kapasitör bankı üzerindeki MVAR yükü A ise, tek devrenin çalışması halinde aynı bankın MVAR 4 A olacaktır. Aynı münasebet, kapasitör bankları birbirinden ayrı olarak bağlanırsa ve sadece iki bank kullanılırsa, gene mevcut olacaktır, fakat eğer bank adedi meselâ dörde yükseltirise, o zaman toplam bank kapasitesinin sadece dörtte birinin devre dışı bırakılması icap edecektir ve toplam bank kapasitesi iki banklı haldeki kapasitenin sadece

ORTAMA "Vi 2i SA7 SUf>ESINCL OEMHU JAICATI ŞARTIYLA
SI"ı KAPJSITCLPIH nuittBE İDİLİSİLEH TIPI* İSİBİ

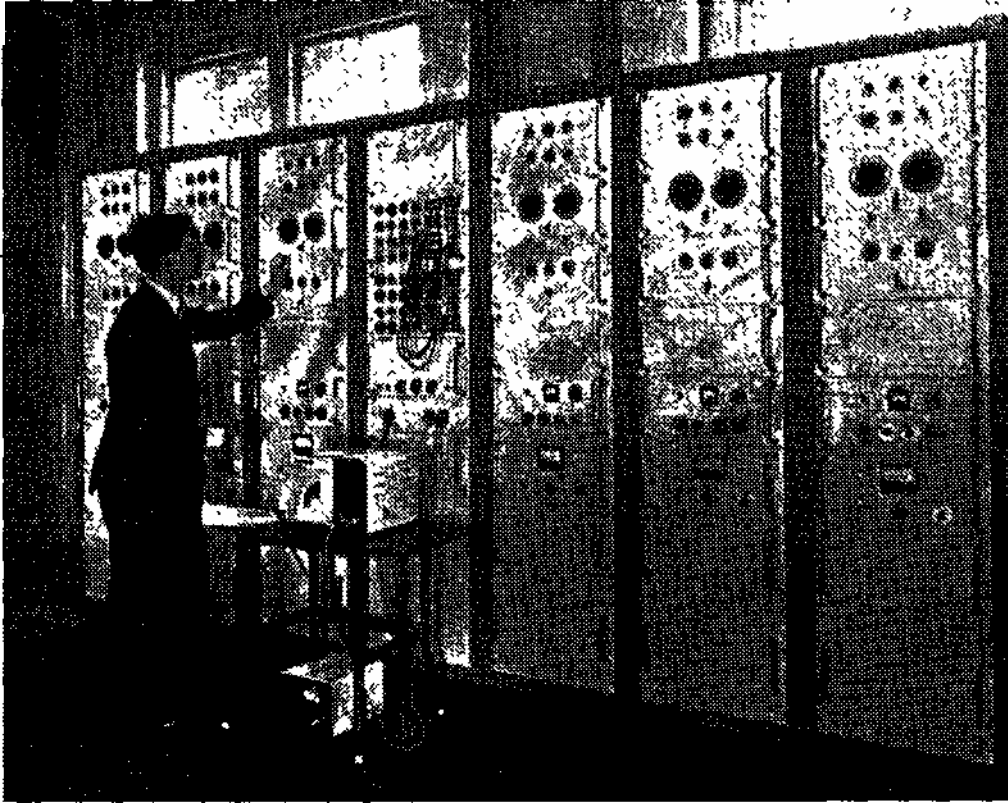


ŞEKİL: 6

takriben % 44 ü kadar olacaktır. Bu suretle kapasite maliyetlerinde temin edilen tasarruf, salt teçhizatının artan tesis maliyetini karşılamak için kullanılabilir.

600/660 kV da ve 3000 MW in naklinde kapasitor bankanın 4 veya 5 üniteye taksiminde tesis bedeli bakımından az bir fark vardır. Böyle bir tertibin faydalan hatların ve kapasitorlerin korunmasının tamamen birbirinden ayrı olabilmesi, kapasitorlerin ara istasyonlarda yerleştirilebilmesi ve bankların münferit ünitelerinin kolayca bakımının yapılabilmesi olarak zikredilebilir. Buna mukabil mahzuruda en iyi şekilde bir misal ile gösterilebilir. Farzediniz ki iki devre var ve % 40 kompanzasyon kullanılmaktadır, ohalde iki devre çalışırken toplam gerilim düşmesi kullanılan bağlantı şeması ne olursa olsun hatın % 60 ma ait olacaktır. Eğer kapasitorler ayrı baralara bağlanırsa,, yalnız bir devrenin çalıştığı durumda kapasitörden geçen akım değişmeyeceği için kompanzasyon % 20 olacaktır, halbuki eğer her devre kendi kapasitorünü haiz olsa kompanzasyonun herbirisinde % 40 olması icap ederdi Bu, bilhassa transient stabiliteye tesir edebilir fakat, genel olarak hat uzunluğu kısımlara bölünür ve

E M. M
33 - 34



RESİM: 7

kompanzasyon dağılır, bu suretle de tesir çok büyük olmaz.

İsveç 380 kv. sisteminde takriben 450 MVAR lik sen kapasitorler kullanılmaktadır, evvelce servise konulmuş olan 15000 münferit üniteden sadece 31 tanesi arızalanmış olup bu arızaların hiçbirisi elektriki sebeplerden dolayı olmamıştır.

10.0 - Koruma:

Koruma cihazlarının çalışma suretindeki ilerlemeler devam etmektedir. Akımın asimetrik oluşu ile manyetik devrelerin lineer olmayışından doğan tesirler toroidler kullanmak suretiyle bertaraf edilebilir, Toroidlerin çıkış kapasitelerinin mahdut oluşu da transistorlar yardımıyla ortadan kaldırılabilir. İngiltere'de bu sahadaki araştırmalar aktif bir durumdadır fakat ticari safhaya geçilmek için bir zamana ihtiyacı vardır.

Hali hazırda, ideal şartlarda, arızanın başlamasından, şalterin açılma hareketini başlatan korumaya kadar geçen zaman asgari bir devir (Siki) olabilir fakat genel olarak bu zaman takriben 2 devirdir. Gelecekte, geniş bir arıza bandı içinde, bu müddet 1 devire indirilmiş olacaktır.

Koruma rölesi ile şalterin açma bobini arasına bir açma rölesi yerleştirmek te adet olmuştur. Bu ilâve, toplam anza açma zamanını takriben bir devir kadar arttırabilir, bu toplam anza açma zamanı uzun olduğu vakit pek mühim bir değer taşımazsa da, 3 veya daha az devirde çalışan korumalar için oldukça büyük bir zaman kaybı demek olur. Mîsal olarak Cray (30), hususî bir hal gösterir ki, arıza açma zamanının 0.125 saniyeden 0.10 saniyeye düşürülmesiyle nakledilen takatta 12.5 nisbetinde bir artma olmaktadır. Yaniletgenler sahasındaki araştırmalar göstermektedir ki, adî açma röleleri yerine veya onlarla paralel olarak tiratrona benzer karakteristikleri olan katı cisimden yapılmış bir cihazın kullanılması pek yakında mümkün olacaktır, bu suretle anza açma zamanını 0.02 saniyeye kadar indirmek kabildir. Transient stabilitenin tahdit ettiği yerlerde, açma zamanındaki bu kazanç nakledilen takatta bir artmayı temin edecek ve bu artış ilâve beher kW için gayet cüz'î bir masrafla elde edilmiş olacaktır.

Hava hatlan üzerindeki taşıyıcı kanallarını veya serbest radyo linklerini kullanarak faz mukayesesi yapan metodlar gayet cazip olmakla beraber, genel olarak bunların tatbiki ancak 100 mili aşmıyan hatlarda müm-

kündür. Daha uzun hatlarda ya istikamet mukayesesi, reaktans,, empedans veya admittans tipi koruma veya bunların bir kaçını birden kullanılır. Genel olarak bunlarla birlikte kuranportör kullanmak suretiyle bir hattın her noktasındaki arızalar için iki uçtaki disjonktöflerin aynı anda açılmasını temin edilir.

Arasına, sistem arızasız olduğu halde çok anormal bir hâdise korumanın çalışmasına sebep olabilir. Manyetik fırtınalar, topraklanmış nötrler arasındaki hatlarda tesirli doğru akımlar hasıl edecek derecede toprak gradyenleri doğurabilirler. Persson (53)'a göre bu akım takat transformatörlerindeki akıyı saptırmakta ve böylece birçok harmoniğin bilhas'sa 3 cü harmoniğin doğmasına sebep olmaktadır, bunu takiben de sıfır bileşen rölesi çalışmaktadır.

&

11.0 - Stabilite :

Nihai analizlerinde bir plânın teknik olarak tatbik edilebilir olması en geniş anlamıyla onun stabilitesine bağlıdır Genel olarak nakledilebilir takat transient stabilite ile tahdit edilir ve transient stabiliteyi kontrol eden faktörler de esas olarak şunlardır.

1. Toplam anza açma zamanı
2. Gozonüne alınan arızanın tipi
3. Transfer empedansı
4. Makina karakteristikleri

Statik takat limiti, MVAR istihsal eden tesislerin arttırılması suretiyle yükseltilebilir, fakat nakledilen ilâve MW başına lâzım gelen ilâve MVAR ihtiyacı nakledilen takatla lineer olarak değil daha fazla olarak artar ve bu suretle derhal ekonomik bir sınır empoze eder Modern tip devamlı çalışan gerilim regülâtörleri dinamik şartlarda işletmeyi mümkün kılar, bu suretle de stabil olarak nakledilebilen takatta bir artış olur. (7 ci kısma da bak).

11.1 - Toplam Anza Açma Zamanı:

Halen transient stabilite etüdüleri için, bir bilgi mevcut olmadıkça, toplam anza açma zamanı olarak 0.125 saniye alınmaktadır. Bu miktar; disjonktör açma zamanı için 3 devir, koruma rölesinin çalışması için 2 devir ve bunlara ilâveten 0.025 saniye de bakımla ilgili olarak bırakılan tolerans olmak üzere tesbit edilmiştir. Yakın istikbalde, disjonktör vs. için 3 devir, koruma için 1 devir ve 1 devir de tolerans olmak üzere toplam zamanı 0.1 saniyeye indirmek kabil olacaktır.

11.2 - Amanın Tipi:

Gözonune alınan gerilimlerde, transient stabilitenin tesbitinde trifaze anza bazlarından hareket etmek fazla bir iyimserlik olur. İki faz - toprak arızaları bazına göre stabilitenin değerlendirilmesi daha ihtiyatlı bir kabuldür. Fakat, daha ileri bir tecrübeye ihtiyaç duyulmasına rağmen, tek faz - toprak arızaları da ekonomik bakımdan kabule şayan olabilir. (31)

Bir memleketin özel şartlarının tesiriyle neticeler üzerinde bazı tadiller yapılabilir. Enerji teminin çok mühim olduğu ve diğer kaynaklardan rekabetin büyük olmadığı yerlerde biraz risk göze almak makul olur.

On sene evvel bu makalenin yazarı 3 faz anzası esaslarını kullanırdı. Fakat şimdi, gözonüne alınan gerilimler için, iki faz - toprak arızasını kriteriyom olarak kullanmaktadır. İsveç'in 400 KV sisteminde, işletmeye açılış senesi olan 1954 ten beri bir tek trifaze anza dahi vukubulmamıştır.

11.3 - Transfer Empedansı :

Evvelki kısımlarda toplam empedansı azaltma yönündeki arzulara dair bazı düşüncelerden bahsedilmiştir. MaJdnaların transient reaktansları ve trafoların kaçak reaktanslarını, fiat ve eb'atta bazı artımları göze almak suretiyle, bazı limitler arasında azaltmak kabildir. Seri kapasiteler kullanılabilir ve tecrübe bunların çok tesirli olduğunu göstermektedir.

11.4 - Maklna Karakteristikleri:

Sür*at seçimi umumiyetle geniş sınırlar içinde yapılamaz, bu sebeple normal ataletteki bir artış daha büyük bir kitleyi ve daha yüksek maliyeti intaç eder. Şüphesiz hidrolik tesisler için bunu yapmak ekseriyetle masrafa değer, meselâ, özel bir projede atalet sabiti H (KVA başına kW saniye olarak depo edilmiş enerji) in 5 ten 7 ye artırılması, stabil olarak nakledilen takatta % 10 kadar artış temin etmiştir, bunu temin için takibî masraf ise fazla beher kw için 8 sterlin kadar olmuştur.

Evvelce ifade edilmiş olan reaktansı azaltma metodundan ayrı olarak ikaz sistemi ve bunun kumandasının da nakledilebilir takat miktan üzerinde oldukça büyük tesiri vardır. (3) Ana makina zaman sabiti üzerindeki herhangi bir azaltma faydala olur: Zira nihai olarak bu, efektif akımın değişme nisbetini kontrol eder. (7 ci kısıma bak)

Normal olarak transient stabilite etüdülemede basitleştirme için birçok kabuller yapılır, meselâ, çıkık kutupluluk ve amortizasyon tesirleri ihmal edilir. Tecrübe göstermiştir ki etüd neticeleri hakiki tecrübelerden lehinde ve onlara yakındır. Teknik ilerlemeler, bu kabullerden bazıların kaldırılmasını ve tesirlerinin etüdüde nazarı itibare alınmasını mümkün kılmıştır. Bunu yaparken bonsas hareket edilmeli ve leh veya aleyhte tesirlenn her ikisi de tercihan etüdülere ithal edilmelidir, aksi takdirde hakiki neticeden uzaklaşılır.

11.5 - Otomatik Tekrar Kapama :

Ekseri arızalar geçici cinstendirler ve eğer arızalı devre kısa bir süre için enerjisiz bırakılırsa, devrenin tekrar bağlanması kabil olur. Bundan başka, ekseri arızalar sadece tek faz ve toprağa tesir ederler; İSVEÇ'in 400 kV sisteminde bütün anzalann % 70 i bu tip ten olmuştur. (50) Halihazır temayül, bu anza karakteristiklerinden istifade ederek, otomatik tekrar kapama metodunu kullanmaktadır, fakat bunu yapmadan önce bir çok faktörleri gözonünde bulundurmak şarttır. An-zalı fazı doğru olarak tâyin etmek için lüzumlu koruma cihazı kanşık bir mekanizmadır ve netice itibariyle bu yüzden daha büyük bir yanlış operasyon, riski mevcuttur.

Disjonktörlerin tek kutuplu açma ve kapanması ise bir fazın daimi olarak açık - devre edilmiş olması riskini doğurur ve tecrübeler bunun vaki olduğunu göstermiştir.

Kaynaklar arasında birden fazla hat mevcutsa sistem, bu hatlardan birinin daimi olarak devre dışı olması haline göre tertip edilmelidir. Bu demektir ki bir hattın arızalanması halinde bunun devre dışı bırakılmasıyla hiçbir problem veya güçlük olmaz, halbuki hat üzerinde anza giderilmemişken ve makineler salanım yapıyorken hattın tekrar devreye konulması halinde sistemin stabil sınırlar dışına çıkması gibi büyük bir risk mevcuttur. Maamafih, eğer makinelerin yeni açıl durumlarında yerleşmelerini müteakip devreye enerji verilirse sistemin stabü kalacağı muhtemeldir. Netice şudur ki paralel bir kaç hattın bulunduğu ve stabilitenin bir problem teşkil ettiği yerlerde, yüksek hızlı üç kutuplu tekrar kapama kullanmanın hiçbir avantajı yoktur ve aynı şey daha fazlasıyla tek kutuplu yüksek sür'atlı tekrar kapama için doğrudur."Böyle yerlerde on saniyelik veya daha yukarı mertebede bir geciktirme yapmak tercih edilir.

Kaynaklar arasında sadece bir hat mevcut olan yerlerde ise üç kutuplu tekrar kapa-

ma çok tesirli değildir. Zira, arıza yolunun yeniden kâfi dielektrik mukavemet kazanabilmesi için en az O 3 saniye kadar bir zaman beklemek lâzımdır. Halbuki bu müddet zarfında makineler, açısız bakımdan, tekrar senkronize olamayacak kadar ayrılmış olacaktırlar, (yalnız, arıza öncesi nakledilen takat küçük ise makinelerin birbirinden ayrılması çok olmayabilir) Bu gibi hallerde tek kutuplu tekrar kapama çok faydalı olabilir. Esas mesele anza yolunun dielektrik mukavemetini tekrar kazanmasıdır, bu mes'ele halen tam olarak çözülmüş değildir. Anza arki, arızasız fazların kuplaj yoluyla tesirinden ötürü devam etmeye mütemayildir. Problem, yazar tarafından etüd edilmiş olup denemeler göstermiştir ki, diğer sebeplerden başka, rüzgâr ve arıza akımının da büyük tesirleri vardır. «Snowy Mountains Authority» tarafından ve aynı zamanda «Rhodesian Federal Power Board» tarafından kendi 330 kV şebekelerinde denemeler yapılacaktır. Bunlardan, model denemelerinin doğruluk derecesini tahkik etmek kabil olacaktır. Eğer bu doğru ise, tek kutuplu tekrar kapamanın bütün gerilimlerde muvaffakiyetle tatbiki ihtimalini küçültmek mümkün olacaktır.

Şüphesiz otomatik tekrar kapama geniş ölçüde kullanılmaktadır, 400 kV, tek kutuplu tekrar kapamada Ruslar kısa haüar için 0.4 saniyelik bir ölü zaman ve daha uzun hatlar için de 0.8 saniyelik bir ölü zaman bırakmaktadır. (34,35) İsveçteki tecrübeler (50) 400 kV. da tek kutuplu tekrar kapamanın 250 Km. ye kadar hat uzunlukları için muvaffakiyetle tatbik edilebildiğini göstermektedir.

11.6 - Umumî :

Transient stabilite sınırlan esas itibariyle, senkronizmde kalma derecesini bütün bir sistem boyunca garanti etmek üzere tesbit edilir. Fakat problem halen Rusya da başka bir şekilde ortaya çıkmıştır. Uzak enerji santralının verdiği takatin, sistemde büyük bir rolü yoksa, bu uzak santralın senkronizmden çıkmasına ve verdiği takatta azaltma yapmak vs. suretiyle kendi kendine senkronize olmaya çalışmasına müsaade edilir.

Transient şartlar altında generatörlerin salmımını tahdit etmek için frenleme dirençlerinin kullanılması muhtelif zamanlarda düşünülmüştür. Bu maksatla Rusya'da dirençler kullanılmakla beraber (6), Cra/y (36) bunların faydalılık derecesini çok şüpheli karşılamaktadır. Yazar da yakın zamanda yaptığı bir etütte, bunların konulmasıyla elde edilecek kazancın yapılacak masrafa göre pek büyük olmadığını neticesine varmıştır.

Jancke (50), İsveç 400 kV sisteminde tatbik edildiği şekilde servis- devamlılığı probleminin ehemmiyetini gayet realist olarak ortaya koymuştur. Bu sistemin ilk kuruluş kademelerinde servisin mutlak devamlılığı hedef tutulmamıştı ve ilk birkaç senelik işletmeden elde edilen tecrübeyle artık bir arızanın kaçma mal olduğunu tesbit etmek mümkün olmuştu. Bilâhare bu maliyet, ilâve devrelerin yeri, tipi ve zamanının tâyininde bir faktör olarak kullanılmıştır.

12.0 - Sistem Analizi:

Alternatif akım şebeke modelleri bir müddettenberi kullanılmaktadır. Bunlar, çok faydalı oldukları gibi, sistem tertibinde bizim büyük ölçüde gelişmesine hizmet etmişlerdir. Transient stabilite etüdüleri çok zaman almış ve almaktadır, fakat (37) modern hesap makinelerinin ve çok yakın zamanlarda çıkan «machine simulator» makina modellerinin kullanılması mes'eleyi kolaylaştırmış, tır. (şekil 7.)

Fransız'lar ilk defa kendi model şebekelerine, değişik rotor ve regülâtörlerin uyabileceği döner makine modelleri koydular. Küçük model makinalarda yüksek bir R/X oranı elde etmenin güçlüğü ise amplitüdlerin negatif dirençler olarak kullanılması suretiyle ortadan kaldırılmıştır.

Halen, bu tip işler için dijital hesap makinelerinin kullanılması büyük ölçüde revaçtadır fakat gene de yapılacak çok şey kalmaktadır. Ward ve Hale (39) kullandıkları nodal çözüm metodunun tipik bir tatbikatını tarif ve izah etmektedirler. Yakın istikbalde üzerinde yapılması, ana sistem kurulduktan sonra mes'elenin bir dijital hesap makinasına maledilmesi icap edecektir. Bu sonucunu kayıp hesaplarında daha hassas olup tercihan kullanılır. Ayrıca mükerrer hesaplarda reaktans vs. gibi karakteristiklerdeki küçük değişikliklerin kolayca yapılabilmesini sağlar.

Son senelerde analog hesap makinelerinde çok büyük inkişaf olmuştur ve bunlar, şebeke modelleriyle birlikte, bir problemin esas fiziki yapısını temsil ederler. Bundan başka analog hesap makinelerinin bir-avantajı da bunlar üzerinde zaman faktörünün de hakiki olarak temsil edilebilmesidir. Bu sayede, istenildiği takdirde sistemin kumanda cihazlarının da bu hesap makinelerinde temsil edilmesi kabil olacaktır. Bu balamdan, bunlar, dijital hesap makinelerinden üstündürler.

Bundan şu çıkıyor ki, çok geniş bir problem silsilesi ele alınacaksa yukarıdaki üç tip hesap makinasına da ihtiyaç vardır. Gerekli sistem tertibinin ekonomik olarak tayıni için topyekûn karakteristiklerin nazarı itibare alınması zaruridir. Bu zaruret gün geçtikçe daha iyi anlaşılmakta olduğundan, üç tip hesap makinasının kullanılması arzu edilmektedir. Meselâ küçük bir motor için, bunu besleyen baralar bir sonsuz kaynak farzedilir ve sadece motorun karakteristiklerini nazarı itibare almak kâfidir. Fakat büyük bir generator için ise, bunu, en geniş manasıyla kazan, türbün, regülâtör, generatör ve gerilim regülâtörü ile birlikte diğer enerji kaynaklarını ihtiva eden dış sistemin bir parçası olacak nazarı itibare almak icap eder.

13.0 - Sistem İşletmesi:

Bir şebekenin tatminkâr bir şekilde çalışmasını temin etmek için şart olan esas etüdlerden ayrı' olarak, bilhassa Birleşik Amerika'da, enerji kaynaklarının ekonomik yüklenmesine de büyük ehemmiyet verilmiştir. Bu maksat için muhtelif cihazlar - ceza faktörü hesaplayıcıları gibi (40) - imal edilmiştir, fakat esas ilgi çeken Kirchmayer (41), Nicholson ve Lynn (42) in çalışması olmuştur. Bu etüdlere şebekenin randımanını devamlı olarak optimumunda tutmak için dijital hesap makinalarının kullanılmasına imkân verir. Böyle bir hesap makinası Travers (43) tarafından anlatılmaktadır. Bu, bir sistemde 11 generasyon merkezini ve 1500 MW lık toplam yükü kontrol eder, bu suretle personeli uzun ve sıkıcı aritmetik hesaplarla listeler hazırlama işinden kurtarır. Bu, zamanın % 95 inde kullanılmaktadır ve kendinden beklenenleri yerine getirmektedir. Sırası gelmişken belirtelim ki meskûn mıntakaların elektrik şebekeleri ve tevzi sistemleri için bineer programlama metodları etüd edilmektedir. (44,45) Dijital hesap makinaları generatör yedek ihtiyaçlarının tayıninde de kullanılmaktadırlar; Brovm (46), IBM 650 yi kullanarak, 8 saatlik makına işinin 100 insan - haftalık manuel işe muadil olduğunu bulmuştur.

Maamafih, yazar şahsen modern tekniği tatbikteki iyi niyet ve gayretine rağmen gene de birçoklarıyla beraber şu kanaati tamamen benimsemiştir, o da «Takat sistemi gibi kompleks bir mevzu hiçbir zaman tam tatminkâr bir şekilde kopya edilemez» (47) Şüphesiz, bonsans kullanılmak suretiyle pek çok şey yapılabilir ve unutulmamalıdır ki kullanılan makinalarda bütün mantıki kararlar kontrol mühendisleri tarafından önceden alı-

nırlar. 1842 de Lady Lovelace'ın ifade ettiği şu fikir bugünde doğrudur. «Hesap makinası, kendisine yerme getirmesi için nasıl emir vereceğimizi bildiğimiz her şeyi-yapabilin) 14.0 - Doğru Akımla Enerji Nakil :

Zaman zaman şu veya bu proje için doğru akımla enerji nakli tatbiki tavsiye edilmiştir, fakat bu tavsiyeyi yapanlar hiçbir zaman karar verme mes'uliyetini üzerlerine almamışlardır.

Halen 'bir tek proje böyle çalışmaktadır, o da İsveç ile Gottland adası arasında olup 100 kV da takriben 16 MW taşıy ve azamî çalışma değeri 20 MW tır. Devam etmekte olan diğer bir proje, İngiltere ile Fransa arasındaki irtibattır, bu irtibat ± 100 kV da 160 MW nakletmek maksadıyla ve 2 kablo kullanmak üzere tertiplenmiştir. Daha iddialı bir tesis de Rusya'da Stalingrad'la Donbass arasında ± 400 kV da çalışan 750 MW lık projedir. Bu bir tecrübe hattı olmakla beraber, alternatif akımla iyi bir ekonomik mukayese yapılmasına imkân verecek büyüklüktedir.

Mıroliubov ve Rokotian (3) a göre ancak 750 MW in üstündeki takatlarda ve takriben 1300 -1500 Km den daha büyük mesafelerde doğru akımla enerji nakli ekonomik olabilir. Ancak bu, alternatif akım nakil halinde indirici postaların birbirinden takriben 120 -180 mil mesafede yapılması kaydıyla doğrudur. Servis devamlılığı mevzuunda yukarıda zikredilen yazarlar halen kâfi derecede tecrübe edinemediğinden hiçbir fikir vermemektedir.

Şimdiki teknikle, doğru akımın noktadan noktaya enerji nakline mahsus bir metod olarak tahdidinin devam edeceği anlaşılmaktadır. Bilhassa kablo kullanmak esas olan hallerde veya nakledilen takata nazaran büyük olan sistemlerin asenkron bir bağ ile bağlanması halinde doğru akımla nakil uygundur. Diğer muhtemel tatbikat yerleri olarak oldukça uzun su altı atlamaları, veya büyük takatların nakli ve muhtemelen, gelecekte, şehirlerin dış taraflarından merkezlerine büyük takat bloklarının nakli gösterilebilir. Sonuncusunda esas sebep enerji nakli için geçilecek yerin mahdut oluşudur.

15.0 - Netice :

Teknik gelişmeler sayesinde 600/660 kv luk enerji nakil sistemleri inşaya hazır safhadadırlar ve daha yüksek gerilimlere gitmemek için de hiçbir sebep yoktur. Şimdiki halde doğru akım ciddi bir rakip değildir. Bu konferansımızı uygun bir şekilde bitirmek ve

bu sahada şimdiye kadar elde edilmiş olanları işaret edebilmek üzere Corey'in şu ifadesini zikretmek yerinde olacaktır. (49).

«Otuz senelik enflasyona rağmen, elektriğin kilovat saatleri 1929 da kaçta naklediliyor idiye bugün de takriben aynı birim fiata nakledebilmektedir.»

REFERANS

1. Air Pollution : Tougher Controls on the way El. World, 8th Dec., 1958, pp. 64 - 66.
2. Dillard J. K. Maxwell Miles - Economics of extra - high voltage transmission. World Power Conference 1958, Paper 40 D/10.
3. Miroliubov, A. V., Rokotian, S. S. - Economic Characteristics of long - distance transmission in the U. S. S. R. World Power Conference 1958, Paper 118 D/9,
4. Clarke Edith - 3 - Phase multiple conductor circuits, Trans. A. I. E. E., Vol, 51, 1932, pp. 809 - 821
5. Ryle P. J., - Transmission and distribution at 66 kV and over: Overhead lines. Proc. I. E. E., Vol, 105, Part A. pp. 512 - 515.
6. Rokotian S. S. Lebedev B. P. - 400 kV Transmission systems in the Soviet Union. Proc. I. E. E., Part A, Vol. 104, 1957, pp. 471-84
7. Lewis W. W. - The protection of transmission systems against lightning. John Wiley and Sons, Inc., New York, 1950, p. 92
8. Harper O. B. - The selection of insulation levels and tests for high - voltage transformers. I. E. E., Paper No. 2804; January, 1959
9. Wollaston F. O., Callander M. B., Clay R. E. - Criteria for substation design on the British Columbia electric system. A. I. E. E. Trans, Power Apparatus and Systems,, December, 1958, pp. 991 - 1003.
10. Haro L., Magnusson B. - Economic Aspects of the construction of high voltage transmission lines in Finland lworld Power Conference 1958, Paper, 101D/3.
11. Robertson L. M. Wagner C. F., Bliss T. J.- - Public Service Company of Colorado 500 kV high - altitude corona tests. A. I. E. E. Trans, Vol. 76, 1957
12. Abetti P. A. et Alia - «The practice and economics of applying digital computers to engineering problems» and «Philosophy of applying digital computers to the design of electrical apparatus». Trans. A. I. E. E. Part I, Vol. 77, 1958, pp 331 - 42 and pp. 367 - 79 respectively.
13. Oldfield J. V, McDonald D., Humphrey - Davies M. W. - Transformer design with digital computers. Proc. I. E. E., Part B, Supplement No. 1,, Convention on Digital Computer Techniques, 1956.
14. Dent B. M., Hartül E. R., Miles J. G. - A method of analysis of transformer impulses voltage distribution using a digital computer. Proc. I. E. E., Part A, 1958, p. 445
15. Dillard J. K., Maxwell M. - Economics of extrahigh voltage transmission. World Power Conference 1958, Paper 40D/10.
16. Arribe H., Baron Y., Pouard M., Salgues F. - Tests on apparatus-at 420 kV at the Fontenay Test Centre of Electricite de France, Revue Generale de l'Electricite, Vol. 68, January, 1959 pp. 115 -125.
17. Amarlic J., Maury E., Perolini M. - Circuit breakers (for the 380 kV system). Revue Generale de FElectricite, Vol. 68, January, 1959, pp. 65 - 67.
18. Cabanes L., Alban L., Esparbet J., Sallard J. - The 380 kV substations of the line from Genissiat to Le Plessis - Gassot Revue Generale de l'Electricite, Vol. 68, January, 1959, pp. 30 - 43.
19. Roser H. - Three - phase transmission at very high voltage. ETZ - A, No. 22, 11 th November, 1958, pp. 837 - 851
20. Shew E. B., Myers F. W. - Electrical Features of Eddystone Station. Trans. A. I. E. E., Part III, 1958, pp. 707 - 713
21. Beverley J. C., Teasdale E. G., Wilmot A, - British Hydro - electric plant and World Power requirements. British Electric Power Convention 1958.
22. Mason T. H., Aylett P. D., Birch F. H. - Turbo - generator performance under exceptional operating conditions. Proc. I. E. K, Part, A, 1959 (I. E. E. Paper No. 2846).
23. Stability limits: Operation tests on 60 MW alternator - Engineering, 20 th February, 1959,, pp. 254 - 255.
24. Trofimenko D. E. - Dynamic stability of a long transmission line with proporti-

- onal regulation of the excitation. *Elektrichestvo*, 1956, No. 10, pp. 1-6
25. Concordia C. - Effect of steam - turbine reheat on speed-governor performance. To be published in *Trans. A. S. M. E. - Journal of Engineering for power*, available October, 1959.
Zabludowsky A - Generalised steam power plant heat balance for digital computer application. *Trans. A. S. M. E.*, October, 1959 (to be published).
 26. Busemann F., Casson W. - Results of full - scale stability tests on the British 132 kV Grid System. *Proc. I. E. E. K, Part A*, 1958. p. 347.
 27. Modlinger R. - Über das schalten unerregter Synchrongeneratoren (64 MVA machine; Experimental). *ETZ-A*, Bd. 80 H1; ist. January, 1959, pp. 12 -14.
 28. Winfield F. C., Wilcox T. W., Lyon Q. - The design of the 330 kV transmission system for Rhodesia. *I. E. E., Proc.*, Vol. 105, Part A, No. 24, pp. 580 - 604 Also J. R. Mortlock in the discussion.
 29. Jancke G., Smedsfelt K. S., Hjertberg P. - 380 kV series capacitors in Sweden. *C. I. G. R. E, Paris Vol. 15*, 1954. Paper No. 322.
Hjertberg p. - The 380 kV series capacitor at Djurmo. *A. S. E. A. Journal*, Vol. 28, 1955, pp. U9-27.
 30. Crary S. B. - *Power system stability*, Vol. II John Wiley and Sons Inc., 1947, p. 170
 31. Cahen F., Dejoux A., Magnien M. - The planning of the French 380 kV network *Revue Generale de l'Electricite*, Vol. 68, January, 1959, p. 10.
 32. Funk G. - Effect of short - circuits and short interruptions on the dynamical stability of electricity networks. *ETZ - A*, No 1, January, 1959, pp. 15 -18.
 33. Mortlock J. R., Humphreys C. F. - Discussion of, «System Stability, load and frequency control» Group 32, *C. I. G. R. E. Paris*, 1956, 1,, p. 627; also discussion on reference 28.
 34. *Electrical Power in the U. S. S. R.* - *The Engineer*, 2 nd August, 1957, p. 174.
 35. Kinghorn J. H., Barnes H. C., Hanspurg A. - Experience with ultra high - speed reclosing of transmission lines on 345 kV systems in the U. S. A. - *C. I. G. R. E.*, 1958, Paper 121, 15 pp.
 36. Crary S. B. - *Ibid*, p. 193.
 37. Jones K. M. - Eight - machine transient stability computer for use in power system analysis. *B. T. H. Activities*, Vo. 21, 1950, pp. 79-84.
 38. Robert R - *Micromachines and microreseau*. *C. I. G. R. E.* 1950, Paper No. 338.
 39. Ward J. B., Hale H. W. - Digital computer solution of power - flow problems. *Trans. A. I. E. E. Part III*, Vol. 75, 1956, pp. 398 - 404. *
 40. Imburgia C. A., Kirchmayer L. K., Stagg G. W. - A, *Transmission - Loss Penalty - Factor Computer*. *A. I. E. E. Trans.* Vol. 73, Part III, A, 1954, pp. 567 - 570.
 41. Kirchmayer L. K. *Economic operation of power stations*. J. Wiley and Sons, 1958 Also - *Differential analyser aids design of Electrical utility automatic dispatching system*. *Trans. A. I. E. E.*, Part I, January, 1959, pp. 572 - 579. Also - *Improved method of interconnecting transmission loss formulas*. *Trans. A. I. E. E.*, Part III, 1958, pp. 755 - 761.
 42. Nicholson H., Lynn J. W. - *The economic loading of transmission systems*. *I. E. E. Proc.*, Vol. 105, Part. C, p. 407.
 43. Travers R. H. - *Automatic economic dispatching and load control - Ohio Edison System*. *A. I. E. E. Trans. Part III*, 1958, pp. 291 - 301.
 44. Grimsdale R. L., Sinclair P. H. - *The design of housing estate distribution systems using a digital computer*. To be presented early in 1960. *I. E. R.*
 45. Knight U. G. - *The logical design of Electrical Networks using linear programming methods*. To be presented early in 1960. *I. E. E.*
 46. Brown H. E. - *The use of a Digital Computer in a generator reserve requirement study*. *Trans. A. I. E. E. Part, I*, Vol. 77; 1958, pp. 82 - 5.
 47. de Quervain A., Frey W. - *Methods of controlling interconnected power systems*. *Brown Boveri Review*, November, 1957, p. 477.
 48. Bowden B. V. - *Faster than thought; a symposium on digital computing machines* Sir Isaac Pitman and Sons Ltd., London, 1953,
 49. Corey G. R. . *The future of coal and electric power*. *Electrical Engineering*,

March, 1959, p. 205.

50. Jancke G. - Up - to date criteria in the construction of equipment for high voltage power systems according to the experience of the 400 kV system in Sweden. Elteknik, Vol. 1, No. 6, June, 1958, pp. 85 - 92.
51. Burgsdorf V. V., Belyakov N. N. - Conversion of transmission lines to a higher rated voltage without strengthening the insulation. Elektrichestvo, February, 1959, pp. 1 - 5.
52. Simpson J. W., Ogorodnikov V. E. - Conversion of 115 kV lines to 230 kV and subsequent operation at voltages up to 262 kV. C. I. G. R. E., 1958, Paper 407, 15 pp.
53. Persson O.¹ - Disturbances in the Swedish Electric Power System in association with magnetic storms. Elteknik, Vol. 1, No. 6, pp. 93-94.
54. Bruk I. S. - Variable Reactors for Long Transmission Lines. Elektntchestvo, 1958, No. 7, pp. 14 - 19.
55. Varshney M. P. - Stayed Towers for H. V. Transmission Lines. Electrical Times, 22 nd January, 1959, pp. 121 - 3.