

SİSTEM PLÂNLAMASI

Yazan :

V. A. THIEGMANN
Elektrik Mühendisi
Ebasco Services Incorporated
New York

Çeviren :

Ahmet Süzi ÖRNEKOL
Y. Müh - EİE.

Bayanlar Baylar,

Sizlerle sistem plânlaması mevzuunda konuşmak fırsatına malik olduğum için çok memnunuz. Hepimiz başkalarının tecrübelerinden faydalanabiliriz. Sizlere Birleşik Amerika'da enerji nakli ve tevzii tatbikatını ve bu tatbikatın tecrübelerine dayanan esbabı mucibesini izaha çalışacağım.

Sizler Türkiye için sadece bir enerji şebekesi inşa etmekle kalmıyor, aynı zamanda halkın yaşama standardının yükselmesine yardım ediyorsunuz. Elektrik halen insan ve hayvanlar tarafından yapılan fizikî işlerin yerini alabilir ve almalıdır. Bu hususu evvelâ biz mühendislerin elektrik sanayiine tatbik etmemiz icap eder. Bilhassa elektrik santrallerinde insan gücü yerine elektrik enerjisi ikame edilmelidir. Transformator istasyonları ve hidro elektrik veya termik santraller otomatik olarak veya uzaktan kumanda suretiyle çalıştırılabilirler.

Sistem plânlamasında esas hedef elektriği makûl seviyede bir servis kalitesiyle ve asgarî maliyetle halkın 'ayağına kadar götürmektir.

Burada servis kalitesinin makûl derecesi üzerinde biraz durmak istiyorum. Elektrik maliyetinin büyük kısmı servisin takviye edilmesi için yapılan tesislere bağlıdır. Genel olarak böyle tesislerin maliyeti ile serviste elde edilen salâh arasında bir muvazene olmalıdır. Eğer, elde meselâ hava hattınızın 100 Km. si başına bir yılda vukubulan arızaların sıklığı ve arıza müddetleri hakkında tecrübî kayıtlar yok ise serviste elde edilen salâh sadece bazı faraziyelere istinaden yapılan bir tahminden ibarettir. Servis kalitesi servis kesilmelerinin yanında gerilim ve frekans değişmelerini de ihtiva etmektedir.

Servisin standard seviyesinin tâyininde şüphesiz önce abonelerin elektrik servisi için ne ödemek istediği ve neye muktedir olduğunu nazarı itibare almak şarttır. Halk jeep tipi bir servisi tercih ediyorsa Cadillac tipi bir servis vermeye çalışmak lüzumsuzdur, Farzedelim ki, ortalama bir ev abonesi Kwh başına 25 Krş. ödemekte ve servis senede 20 saat müddetle kesilmektedir.

Zanneder misiniz ki aynı abone Kwh için 35 - 40 kuruş ödemek suretiyle senelik servis arızasının 10 saate inmesini istiyecektir?

Şüphesiz her abone için, ödemek ve sahip olmak istediği elektrik servisinin derecesini tâyin etmek imkânsızdır, fakat abone basma elektriğin ortalama istihlâk miktarındaki artışa göre hüküm verebilirsiniz. Elektrik, fiyatı ucuz olduğu nisbette fazla istihlâk edilecek ve yaşama standardı daha çabuk yükselecektir. Halen Türkiye'de nüfusun üçte biri elektriğe kavuşmuştur. Nüfusun üçte birine yüzde 99.9 nisbetinde elektrik servisi vermek yerine nüfusun tamamına elektrik verebilmek ve fakat elektrik servisinin yüzde 99.7 nisbetine düşmesine razı olmak doğru olmaz mı?

Bazı aboneler ortalama servisten biraz daha iyisini isterler. Hastane, polis ve yangın koruma gibi âmme hizmeti ve emniyeti ile alâkalı müesseselere istenilen güvenilir servisin temini neticesinde artan maliyet umumiyetle elektrik işletmelerince karşılanır. Normalden üstün bir servis istiyen sanayi müşterileri bunun için gereken ilâve yatırımı karşılamalıdır. Bazan böyle müşterilerden transformatör ve salt teçhizatını kendisinin satın alması ve sahip olması istenilir, bilhassa eğer teçhizat standart olmayan bir tipten ve sistemin başka bir yerinde kullanılamaz cinsten ise bu böyle istenir. Eğer salt tesisi, sistemi bölüyorsa müşterinin bu tesisin sahibi olması doğru olmaz, bu takdirde müşteriden, inşaata yardım olarak yatırım için gerekli iştiraki istenilir ve işletme tesisin sahibi olur, işletir ve bakımını yapar. Bazı hallerde kritik yükü karşılayacak kadar bir yedek jeneratör tesis etmek müşteri için daha ucuz olabilir, kritik yük müşterinin toplam yükünün ekseriyetle küçük bir parçasıdır.

Ortalama bir müşteri için, arızalar, ister santal, nakil veya isterse tevzi tesislerinden dolayı meydana gelmiş olsun, mühim olan şey toplam arıza müddetidir. Bu yüzden sistemi teşkil eden başlıca kısımların servis kaliteleri birbirleriyle muvazenede tutulmalıdır. Meselâ, ortalama

ma müşteri için arıza müddeti senede, 20 saat ve bu müddetin taksimi de aşağıdaki gibi olsun:

İstihşâl	0,5 saat/senede		
Nakil	4,5	»	»
Tevzi	15,0	>	>

Aşikârdır ki, istihşâl tesislerinde takviye yapmakla serviste çok az bir ıslah elde edilebilir ve servisin ıslahı için en iyi sarf yeri tevzi sistemidir.

İstihşâl, nakil ve tevzi kısımlarında arıza ihtimallerinin tayin edilmesinde benzer metodlar kullanılır. Yedek jeneratör kapasitesi mevzuunda geniş ölçüde literatür mevcuttur, ben burada gayet kısa olarak bahsedeceğim. Yük azaltma ihtimalini tayin için arıza ihtimali ile yükün elde kalan kapasiteyi geçmesi ihtimali birleştirilir. Ortalama ihtimâl temin edildiği müddetçe, ilâve jenerasyon yapılmadan hemen önceki yıllarda yedeğin daha az nisbette olmasına müsaade edilebilir. Yedek kapasitenin maliyeti de işe girecektir, zira eğer maliyet yüksek ise yedeğin daha az tutulması justifiye edilebilir.

Elektirik istihlâkinin düşük olduğu Lâtin Amerika'da umumiyetle ya pek az veya hiç yedek kapasite bulundurulmaz, aynı durum harp esnasında Birleşik Amerika'da mevcuttu. En büyük ünitenin pik yük esnasında arızalanması ihtimali çok azdır. Böyle bir arıza vuku bulsa dahi, frekans ve gerilimi düşürmek suretiyle yükü sistemin taşıyabileceği seviyeye indirmek kabildir.

Bazı zamanlar sistemin bir kısmı veya tamamında çalışan jeneratör kapasitesi toplamı, mevcut yükten daha az olabilir. Bu sebeple birçok sistemler yük atma programları hazırlarlar ve en az önemli olan yüklerle kesilebilen yükler programın başına konulur. Bu maksatla düşük frekans rölelerinin kullanılması tavsiye ve arzu edilir, zira eğer frekans normal frekansın % 55 inden aşağı düşerse bu takdirde termik santralin kapasitesi düşer.

Sistem plânlaması yükten başlar santrale kadar gider. İstihşâl, nakil ve tevzi birbirine sıkı surette bağlıdır ve aralarında bir koordinasyon yapılması icap eder. Her kısmı bütün sistemi nazarı itibare almalı ve sistemin diğer parçalarının kapasiteleri ve tahditleri hakkında malûmat sahibi olmalıdır.

Tevzi şebekeleri umumiyetle lâyük olduğundan daha az dikkati çekerler. Çünkü tevzi şebekelerinde yüksek gerilim enerji nakil hatlarının parlaklığı ve cazibesi yoktur. Buna rağmen öyle zannedirim ki, tevzi şebekeleri, sistemi teşkil eden unsurlar arasında en önemlisidir. Bunun başlıca sebepleri şunlardır : Tevzi şebekelerine

yapılan yatırım miktarı nakil şebekelerinden çok daha büyüktür, hattâ bazı hallerde istihşâl ve nakil tesislerinin tamamına yapılan yatırımdan dahi büyüktür. Abonenin elektrik servisi, istihşâl ve nakil tesislerinin tahditlerinden dolayı değil daha çok tevzi şebekesi kifayetsizliklerinden dolayı kısılır veya kesilir. Maliyette ekonomi ve kayıpların azaltılması imkânları da gene sistemin diğer kısımlarından ziyade tevzi şebekelerinde daha çok mevcuttur.

Birleşik Amerika'da mümkün olan her yerde tevzi şebekelerinin yüksek ve alçak gerilim devreleri hava hattı olarak inşa edilmektedir. Yeraltı kablosu ancak şehirlerin en kesif iş muhitleri gibi yüzde yüz mecburiyet olan yerlerde kullanılmaktadır. Hava hatları hem yeraltı kablolarına nazaran çok daha ucuza mal olurlar ve hem de fazla aşın yüklenme kapasitesine maliktirler. Hava hatlarının diğer bir mühim avantajı artan yükleri ve değişen şartları karşılamak üzere daha fiesdbl oluşlandır.

Hava hatlarında, tevzi geriliminin yükseltilmesi, iletgen kesitinin değiştirilmesi veya aynı direk hattı üzerine yeni fiderler ilâve edilmesi oldukça kolaydır. Transformatorlerde direkleri üzerine monte edilebilir ve bu takdirde transformatorlerin ileride değiştirilmesi veya yeni noktalarla ilâve transformatorler konulması daha kolaydır.

Yukanda hava hatları için zikredilen avantajlardan maliyete ait olanı müstesna diğerleri alçak gerilim hatları için varit değildir. Zira alçak gerilim kısmında hattın (veya kabloların) işletme gerilimi belki hiç bir zaman yükseltilmiyecektir. Yük arttığı zaman da alçak gerilim fiderlerinin kesiti arttırılmayıp, mevcut transformator postaları arasına ilâve transformatorler konulmakla mesele halledilecektir.

Hava hatlarındaki arıza miktarı yeraltı kablolarından fazla olmakla beraber umumiyetle bu arızaların giderilmesi çok daha az zamana ihtiyaç gösterir. Ben New York'un bir mahallesinde oturuyorum, tevzi şebekesinin yüksek gerilim tarafı hava hattı şeklinde ve transformatorler direklerde olup alçak gerilim fiderleri yeraltı kablolarıdır. Şahit olduğum en uzun arıza, beş sene evvel bu yeraltı kablolarına bir kasırgayı müteakip su girmesi neticesinde vuku buldu ve 36 saat sürdü.

Birleşik Amerika'da tevzi şebekesi hatlarında ve 230 Kv'a kadar yüksek gerilim enerji nakil hatlarında ağaç direkleri kullanılır. Tevzi hatlarında mesnet tipi izolatörler, 69 Kv. ve daha yukarı gerilimlerde ise zincir izolatörler kullanılır. Mamafih bazı hallerde 90 Kv'a kadar da mesnet tipi izolatörler kullanılmaktadır. 34.5 Kv'a

kadar olan tevzi hatlarında normal olarak koruma teli kullanılmamaktadır, 69 Kv ve daha yukarı gerilimlerdeki hatlar da ekseriya koruma telsiz olarak inşa edilmektedir, maamafih bazan transformatör İstasyonlarından itibaren birkaç kilometrelik kısıma koruma teli konulur

34.5 Kv dahil-bütün gerilimlerde elektrik hatları üzerinde cereyan varken çalışılır, bunun için özel takımlar kullanılır. Tevzi hatlarında bu metodlarla direkler değiştirilir, seksiyonörler, branş hatları veya transformatörler devreye bağlanır.

Reaktif takatin çok uzaklara veya çok büyük miktarda nakli ne ekonomik ve ne de pratik bir çaredir. Gsrlım düşümü ve kayıplar bakımından reaktif takatin ya yük merkezinden veya ona çok yakın bir yerden temin edilmesi daha iyidir, bu suretle reaktif takat temini mevzuu tevzi şubesinin bir problemi olmaktadır. Birleşik Amerika'da gerilim düşümünü ve kayıpları azaltmak için tevzi şebekesinin hem yüksek ve hem de alçak gerilim tarafında kapasitörler kullanılmaktadır. Tevzi geriliminin regülasyonu şalterli (anahtarlı) kapasitörler tarafından temin edilir. Yalnız tevzi şebekesinde elde edilecek tasarruflar, güç faktörünü % 95'e kadar yükseltmek için konulacak kapasitörleri justifiye etmektedir. Eğer enerji nakil şebekesindeki tasarruflar da gözönüne alınırsa bu takdirde güç faktörünü daha fazla yükseltecek değerde kapasitörler konulması rantabl olabilir.

En iyi nakil gerilimini temin etmek maksadıyla ekseriya transformatör postalarında ilâve kapasitörlere ihtiyaç duyulur. Yük altında kademede değiştiren tertibatı haiz transformatörler umumiyetle kullanılmamaktadır. Bu tertibat şebekeye hiç reaktif takat vermez ve nakil sisteminden de ya pek az reaktif gelir veya hiç reaktif yoktur. Bu tertibat transformatör bedelinin takriben % 20 fazla olmasına sebep olur ve transformatörün sistemde başka bir yere nakli halinde buna lüzum olmayabilir. Halbuki aynı gerilim regülasyonu şalterli kapasitörler vasıtasıyla çok daha ucuz bir şekilde temin edilebilir, üstelik kapasitörlerin aktif ve reaktif kayıpları azaltması gibi ayrıca bir avantajı vardır.

Birçok işletmeler transformatör kademesini hafif yük esnasında arzu edilen gerilimi elde edecek şekilde ayarlar. Pik yük sırasında gerilimin uygun bir değere ulaşmasını temin için de şalterli kapasitörleri kullanırlar. Siz tevzi gerilimini temin ederseniz, nakil gerilimi kendiliğinden gerekli değeri bulur.

Bir tevzi sisteminde alçak gerilim, fiderlerin uzunluğunu tayin eder. Alçak gerilim fiderlerinin uzunluğu ve yük miktarı da fider ileten

kesitini ve tevzi transformatörünün kapasitesini tayin eder. Transformatör kapasitesi büyük olduğu nisbette trafo primer gerilimini yüksek seçmek daha ekonomik olur. Primer gerilimin yüksekliği ile orantılı olarak beher fidere ve transformatör istasyonuna isabet eden yük de artar. Büyük ünitelere gidilmesi neticesinde ise beslenen yükün beher kilovattı daha ucuza mal olmuş olur.

Birleşik Amerika'da alçak gerilim şebekeleri umumiyetle 115/230 volt, tek fazlıdır. Bunun neticesi olarak biz Avrupa'ya nazaran daha kısa alçak gerilim fiderleri ve daha küçük transformatörler kullanılmaktadır. Avrupa'da kullanılan 230/400 voltluk trifaze alçak gerilim fiderleri Birleşik Amerika'daki fiderlerin altı misli kapasiteyi taşıyabilmektedir.

Tevzi şebekelerinin primer gerilimleri daima yükselmektedir, evvelce şehirlerde umumiyetle 4 - Kv kullanılmaktaydı, fakat şimdi 15 - Kv sınıfındaki gerilimler hâkim vaziyettedir. Düşük primer gerilimlerde çok fazla sayıda küçük transformatör postaları tesis etmek icap etmekteydi. Bukadar çok sayıda transformatör postası için yer temini çok güç veya hemen hemen imkânsızdı. Halâ bazı 4 - Kv'luk tevzi şebekeleri veya parçaları mevcuttur, zira bir gerilimi elimine etmek için çok uzun zamana ihtiyaç vardır. Düşük bir gerilimden yükseğe geçmek güç bir ameliyedir. Mevcut sahanın hudutları etrafındaki kısımlarda yemine edilecek şebekede daha yüksek bir gerilim kullanılır. Düşük gerilimde artık transformatör satın alınmaz ve daha yüksek gerilime tahvil edilen bölgelerden sökülen transformatörlerde düşük gerilimle beslenen ve gittikçe daraltılan kısımdaki ihtiyaçlar için kullanılır.

Birleşik Amerika'da birçok şirketler 25 - Kv'u primer gerilim olarak seçmişlerdir. Birkaç sistemde ise tevzi gerilimi olarak 34.5 - Kv kullanılmaya başlanmıştır, bunlarda transformatör ve teçhizat 25 - Kv'a tekabül eden İzolasyon seviyesine sahiptirler. Avrupa'da, kullanılan alçak (sekonder) gerilim daha yüksek ve tevzi transformatörleri daha büyük olduğuna göre primer tevzi geriliminin 34.5 - Kv olması Birleşik Amerika'ya nazaran daha kolay justifiye edilmelidir. 34.5 - Kv'un mevcut olduğu yerde bu, tevzi primer gerilimi olarak ideal bir çözüm teşkil eder, » bu takdirde artık 15 - Kv gibi ikinci bir gerilime inmek icap etmez. 400 - Amp. lik bir fider 34.5 - Kv gerilimde 25 - Mva taşır, aynı fider 15 - Kv gerilimde 10 - Mva taşır. Mesnet tipi izolatörler kullanmak ve koruma teli çekmemek suretiyle * inşa edilen 34.5 - Kv'luk bir hattın maliyeti aynı kesitte ileten haiz 15 - Kv'luk hattâ nazaran pek az farklıdır.

Sistem plânlamasının her parçasında kilowatt başına maliyetin mümkün mertebe küçük tutulmasına çalışmak esastır. Maamafih şurasını da unutmamalıdır ki, ilk tesis masrafı bakımından en ucuz olan çözüm nihai olarak da en ucuz çözüm şekli olmayabilir. Bu bilhassa indirici transformatör istasyonları için doğrudur. Büyük üniteler küçüklerinden daha ucuzdur ve küçükleri gibi kısa zaman sonra kullanılmaz hale gelmeleri ihtimali yoktur. Üç fazlı ünitelerin ve cebri soğutma ile temin edilen kapasite artışının sağladığı ekonomiden azamî şekilde faydalanmak şarttır. Kullanılabilecek yerlerde oto-transformatörler büyük ölçüde tasarruf sağlarlar.

Uygun şekilde bakımı yapılan bir transformatör daimî olarak çalışabilir. Transformatör yanar veya tahrip olursa sargılan -yeniden sarılabilir ve bu işin maliyeti yeni bir transformatör bedelinin 1/4 ilâ 1/2 si kadardır. Transformatörün devre dışı edilmesinde en mühim faktör kullanılmaz hale gelişidir. Bir transformatör ya çok küçüktür veya sargı gerilimleri uygun değildir, bu yüzden sistemde kullanılamaz hale gelmiştir. 40 - 50 senelik bir transformatör ömrü içinde normal kullanılmaz hale geliş vukubulabilir. Transformatör, ömrü boyunca, beş veya altı muhtelif noktada tesis edilmiş olabilir.

Mevsimsiz bir kullanılmaz hale geliş önlemek için transformatörlerde standardizasyona gidilmesi şarttır. Transformatörlerin kapasitelerinin, empedanslarının ve cebri' doğutmalı haldeki çalışma değerlerinin standardizasyonu şayanı arzudur. Maamafih empedansta % 10 kadar bir tolerans umumiyetle kabul edilmektedir.

Bir transformatör halen bulunduğu yerde daha fazla çalışamayacaksa ve henüz kullanılabilir ömrü varsa bu takdirde gerilim, kademe ve faz münasebetleri gibi hususların fevkalâde ehemmiyeti vardır. Gerilim nisbetlerindeki küçük farklar bile, transformatörler paralel bağlandığı zaman, sirkülasyon akımlarına sebebiyet verirler.

Eğer ileriye plânlamazsanız, faz münasebetleri bir çok güçlüklerle sebebiyet verebilir. Hattâ her iki gerilimde de transformatörü paralel çalıştırmanız ihtimali olmasa dahi faz münasebetlerindeki bir fark transformatörleri muhtelif noktalara nakledebilmek imkânına büyük ölçüde set çeker. Bu sebeple ben sisteminizde halen mevcut olan faz münasebetlerini muhafaza etmenizi kuvvetle tavsiye ederim. Hattâ bu, top-raklama transformatörü veya diğer teçhizat için daha fazla para sarfını icabettirse dahi buna katlanmanız lâzımdır. Halen mevcut transformatörlerin faz münasebetlerinde bile farklar bulmanız kabildir, bu takdirde gelecek için bir tanesini seçmeniz icap edecektir.

Gerilimler bakımından ideal şekil enerji nakli için bir ve tevzi şebekesi primer tarafı için de bir gerilime sahip olmaktır, fakat bu mahariyet çok az işletmeye nasip olmuştur. Arkansas, Louisiana ve Mississippi'de faaliyet gösteren Middle South System'ı 40 sene evvel 115 - Kv'u enerji nakil gerilimi ve 13.8 - Kv'u ise tevzi gerilimi olarak adapte etmişti. Bu iki gerilim, sistem yükünün 40 misline çıktığı zaman zarfında uygun ve kâfi bulunmuştur. Şimdi 115 - Kv'un üzerine 230 - Kv eklenmektedir, fakat 115 - Kv ikinci derecede bir nakil gerilimi olarak uzun bir gelecekte de faideli olmaya devam edecektir. Yunanistan'da Public Power Corporation ise nakil gerilimi olarak 150 - Kv ve tevzi gerilimi olarak da 15 - Kv kullanmaktadır.

Bir tek nakil ve bir tek tevzi gerilimi kabul etmenin birçok avantajları vardır. Herşeyden evvel tek gerilim transformasyonu, çok transformasyona nazaran daha az yatırım ister ve kayıplar birincisinde daha düşüktür. Bir tek gerilim değiştirme nisbeti halinde yedek transformatör adedinde azalma olacaktır. Bir nakil ve bir tevzi gerilimi oluşu, transformatörlerin, sistemin bir noktasından diğer bir noktasına nakledilmesi işini basitleştirir.

Maamafih Birleşik Amerika'daki ekseri sistemlerde müteaddit gerilimler vardır. Bunlar aslında böyle plânlanmış değillerdir, fakat bu durum farklı gerilimleri haiz muhtelif bölge-lerin enterkonneksiyonu neticesinde hâsıl olmuştur. Genel olarak ekseri işletmeler sisteme yapılacak ilâveler için muayyen gerilimlerde standardizasyona gitmişlerdir. Standart olmiyan gerilimler sadece mevcut oldukları bölgelerde bırakılmış ve tevzi şebekelerinde daha yüksek gerilime geçişte kullanılan metoda benzer usullerle standart olmiyan gerilimde beslenen yükler zamanla azaltılmıştır.

Ben 69 - Kv için hiçbir yerde fazla istikbâl göremiyorum. 69 - Kv nakil için çok küçük, tevzi için ise çok yüksek bir gerilimdir, bu hiç olmazsa hâlen böyledir. 69 - Kv'un mevcut olduğu yerlerde şüphesiz bu gerilimin kullanılmasına devam edilecektir, fakat ileride aynı bölgeye 161 - Kv götürmek icabettiği zaman bu yüksek gerilimden doğruca tevzi gerilimine inmek tercih edilmelidir, bu suretle 69 - Kv transformatörlerinin kapasitesini arttırmak mecburiyetinde kalınmaz.

Transformatörler ve gerilimler mevzuunu birtirmeden evvel üç sargılı transformatörler hakkında da bazı hususları belirtmek istiyorum. Otuz yıl evvel Birleşik Amerika'da bazı yerlerde üç sargılı transformatörler kullanılıyordu, çünkü bunlar iki sargılı transformatörlere nazaran ilk tesis bedeli bakımından daha ucuzdurlar. Maa-

Graph showing the dependence of the coefficient of resistance to impact (K) on the length of the impact line (L , cm) for different types of impact: V (vertical), R (rotational), N (normal), and W (shear). The curves show that K decreases as L increases, with R having the highest values and W having the lowest values.

E. M. M. 46 - 40

formatör İlk tesis edildiğinde umumiyetle Üzerindeki yük normalin altındadır, şuhalde, aynı transformatörün değiştirilmeden önce son birkaç sene ağırlı yüklenmesine müsaade edilebilir.

Arıza hallerinde transformatörler normal aşırı yüklenme kapasitelerinin üstünde yüklenebilirler, bunun miktarı yükün suresine bağılı olarak değişir. Arıza işletmelerinden dolayı senede ortalama yüzde bir nisbetinde ömürden kayıp makul bulunmaktadır. Bunu şöyle izah edebiliriz; meselâ, on senede bir defa olmak üzere bir transformatör, ömründen yüzde onunu kaybetmesine sebep olacak değere kadar aşırı yük alabilir. Transformatörler, umumiyetle yükün bir kısmını transfer edebilmek için gerekli açma kapama İşlemlerini yapmaya yetecek kadar devam edecek kısa süreler içinde yüzde 100 aşırı yüklenebilirler. Aşağıdaki liste, bir indirici postada mevcut transformatörlerden birinin arızası halinde diğerleri tarafından geçici bir zaman için taşınabilecek yükleri tâyin eden tipik bir hesabı göstermektedir :

Transformatör Adedi	ömürden Kayıp %	Gösterilen arıza sürelerine göre azamî kapasite- sinin yüzdesi cinsinden arıza halindeki yüklenme nisbetleri			
		3 Gün	1 Ay	2 Ay	3 Ay
2	20	146(73)	137(68.5)	131(65.5)	128(64)
3	10	140(93.3)	131(87.3)	125(83.3)	122(81.3)
4	6.7	136	128(96)	122(91.5)	118(88.5)
5	5	134	125	120(96)	116(93)
6	4	132	123	117(97.5)	114(95)
8	2.9	129	121	115	112(98)

Yukarıdaki hesap, bir transformatörde ortalama olarak 20 senede bir arıza olacağı ve arıza halinde alçak gerilim çıkış hatlarının birbirine bağlanabileceği dolayısıyla da yükün *gen* kalan transformatörlere transfer edilebileceği faraziyesine dayanmaktadır. Kalan transformatörlerin yükü paylaşmalarında şüphesiz yukarıki listede gösterildiği gibi ömürden kayıplar mevzuubahistır. Meselâ, 3 transformatör halinde bunlardan her biri on senede bir, diğer iki transformatörden birinin arızası halinde üzerine arızî yük almalıdır, bu netice listedeki % 10 ömür kaybını izah etmektedir. Siyah dizilmiş olan rakamlara gelince bunlar gene arıza halinde aşırı yüklenebilme değerleridir ancak bu değerlere kadar transformatörün aşırı yüklenebilmesi için normal haldeki yükün tahdit edilmesi icap etmektedir. Parantez içindeki rakamlar transformatör azamî kapasitesinin yüzdesi cinsinden normal pik yükünün ne kadar olabileceğini göstermektedir. Gene üç transformatör misâlini alırsak, diğer iki transformatör yükün yüzde 80'in taşıyabilir, bunu üçle böldüğümüzde 93.3

buluruz. Bu demektir ki, her üç transformatörün normal pik yükü, azamî transformatör kapasitesinin yüzde 93.3'ünü almamalıdır, bu da fazla bir azaltma sayılmaz. Beyaz dizilmiş değerler İçin transformatörün azamî kapasitesi ne ise normal pik yük de azamî o değere çıkabilir.

Üç günlük arıza süresi, yedek transformatörün nakledilip arızalı transformatörün yerine konulması için geçecek olan zaman düşünülerek kabul edilmiştir. Diğer kolonlardaki daha uzunca süreler ise yedek transformatör bulunmadığı ve arızalı transformatörün yerinde tamir edildiği faraziyesine göre tâyin edilmiştir. Yedekli ve yedeksiz hallerde tekabül eden normal yüklenme nisbetlerindeki fark bilhassa küçük indirici postalarda bir yedek transformatör bulundurmanın avantajını açıkça ortaya koymaktadır.

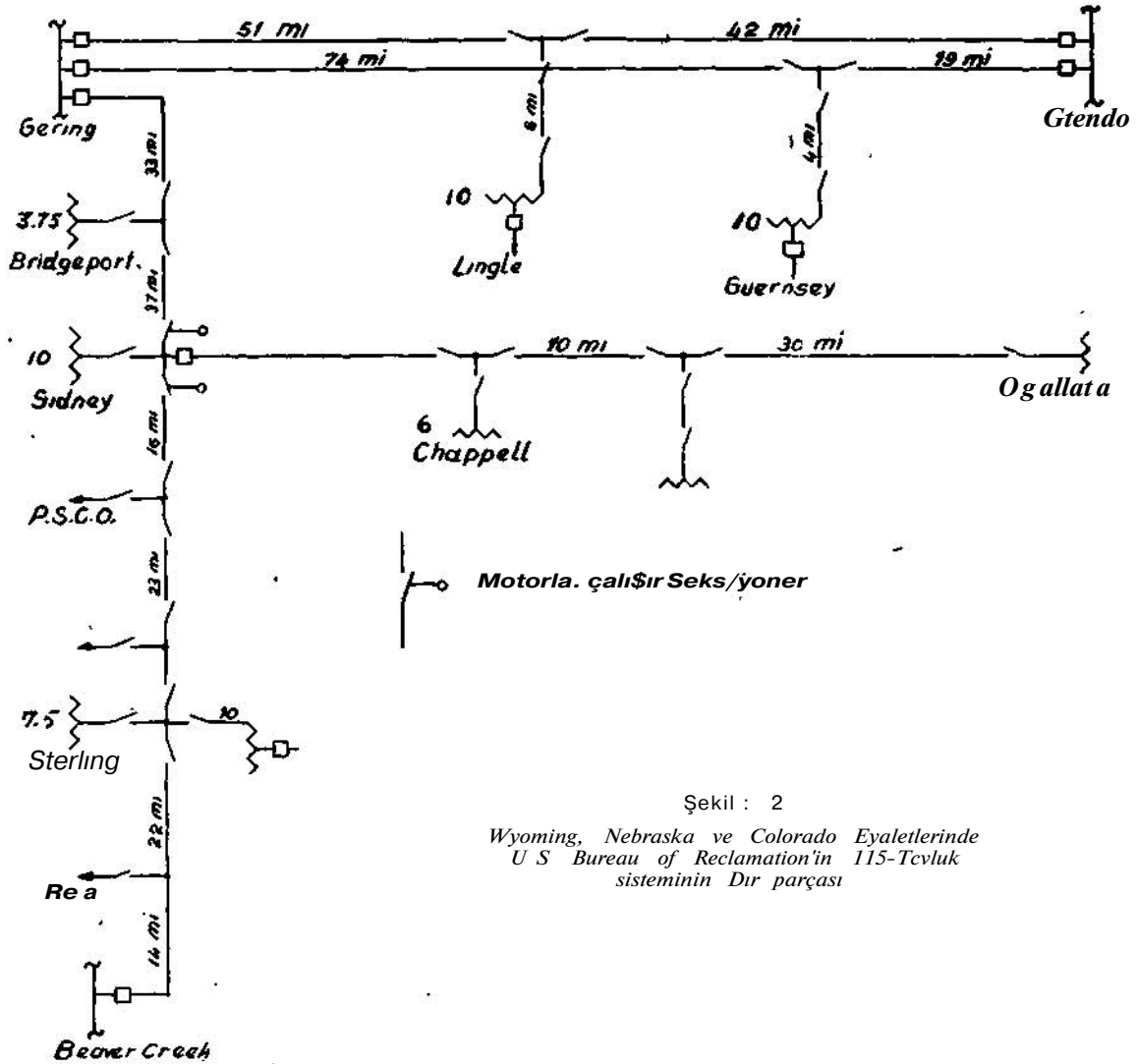
Yukarıdaki hesaplar belki fazla konservatiftir, çünkü modern transformatörler çok emniyetlidir. Transformatörler için bir arıza nis-

beti elde etmek güçtür, fakat öyle zannederim ki bu nisbet yüzde birden daha düşüktür. Trafö geçit izolatörü arızası gibi ufak arızalar hariç, umumiyetle transformatörün tamiri oldukça uzun bir zamana ihtiyaç gösterir. Arıza süresini bu suretle üç" ay farzederek, yüzde bir arıza nisbetine göre 25 senede bir arıza olacağı kabul edilmiş demektir. Siz Kuzey-Batı ve Batı Anadolu sistemlerinin 154 ve 66—Kv'luk transformatörleriyle 239 transformatör - yıllık bir tecrübeye sahipsiniz ve anladığıma göre hiçbir transformatör uzunca bir müddet devre dışı olacak şekilde hasara uğramamış veya anılanmamıştır. 10 transformatör arızası olmuş olsaydı bile bu da her 24 senede 1 arıza demek olurdu. Eğer bir transformatör arızalanırsa ekseriyetle ya İlk tesisin hemen akabinde veya yeni bir yere naklini müteakip bu arıza vukubulur.

Transformatör arızaları çok nâdir vukubulduğu için umumiyetle yüksek gerilim tarafındaki disjonktörlerin konulmasından sarfı nazar edilir. Hat arızalarının ihtimalini ve mü-

teessir olacak yük miktarını nazarı itibare alarak enerji nakil hatları üzerindeki disjonktörlerden de kabil olduğu nisbette tasarruf yapılmaktadır. Şekil 2, Wyoming, Nebraska ve Colorado eyaletlerindeki Bureau of Reclamation'a ait 115 - Kv'luk sistemin tipik bir parçasına ait diyagramdır. Burada, Gering ile Beaver Creek'teki disjonktörler arasında 145 mil (250-Km) iik bir hat görülmektedir. Sidney'de ayrılan 75 mil (120 Km.) lik branş hattı üzerine bir disjonktör konulmuştur. Gering ile Beaver Creek arasında başkaca hiç disjonktör konulmamıştır. Bu bölgede 35 - MW yük ve 48 - MVA'lık transformatör kapadftesi mevcuttur, bu rakamlarda diğer işletmelerle olan irtibatlar hesaba katılmamıştır. Hat üzerindeki disjonktörler minimuma indirilmiş ve transformatörlerin yüksek gerilim tarafındakiler ise tamamen kaldırılmıştır.

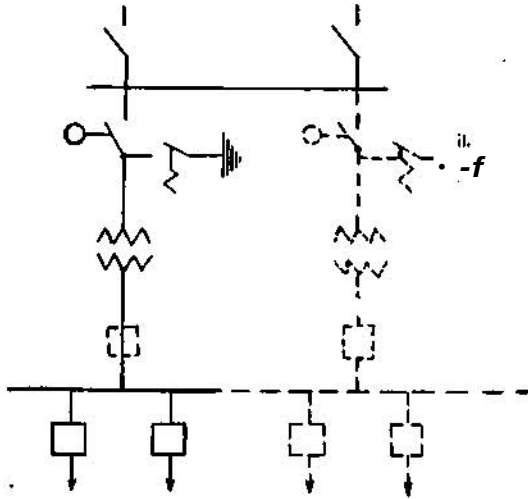
Bir hava hattında, transformatördeki ne zarar daha fazla sayıda arıza olmakla beraber hat arızalan umumiyetle kısa sürelidir. Biraz yukarıda bahsi geçen hat üzerindeki arıza kayıtlarının ne gösterdiğini bilmiyorum, fakat belki senede 10 defa cereyan kesilmesi olabilir ki bunlardan belki dokuzu geçici arızadır. Tekrar kapamalı disjonktörler bir saniyenin üçte biri kadar kısa bir zaman zarfında servisi tekrar vereceğine göre' bu tarzdeki ani arızalar hiçbir şikâyeti mucip olmaz. Bir sene içinde daha uzun süreli bir arıza vukubulması halinde ise hattı kısımlara ayırabilmek için hat boyunca muhtelif noktalara konulmuş olan seksiyonörlerin açılması lâzımdır. Hattın takriben orta noktasında bulunan Sidney'deki iki seksiyonör motorla çalışır tiptendir, bu sayede hattın yarısına servisi tekrar verebilmek birkaç dakikalık bir işten ibarettir. Şüphesiz geriye ser-



Şekil : 2
Wyoming, Nebraska ve Colorado Eyaletlerinde
U S Bureau of Reclamation'ın 115-Kv'luk
sisteminin Bir parçası

vis verilemeyen bir veya birkaç transformatör postası kalıyor, bunlara da ancak bir operatörün gidip elle çalışan seksiyonörleri açmasından sonra servis verilebilir. Bu iş gündüz yapılıyorsa 15 - 30 dakika, gece yapılıyorsa belki iki saat sürebilir. Abonelerin ıkı senede bir ke-re gece yarısı ıkı saat süren bir cereyan kesilmesinden şikâyet edeceğini zannetmem, şahsen siz şikâyet eder mısınız? Şüphesiz eğer abone elektrik saati kullanıyorsa ertesi gün işe geç gittiği için patronu şikâyetçi olabilir.

Transformatörler güvenilir olmakla beraber gene de bir transformatörün arızalanabileceği ihtimaline karşı hazırlıklı olmak lâzımdır. Bureau of Reclamation sistemine ait şekil 2'de yüksek gerilim taraflarında sigortalı seksiyonörler vardır. Bunlar transformatör arızası halinde geri kalan sistemi korumak üzere konulmuştur. Diğer bir tertip tarzı da Şekil 3'de görüldüğü gibi tek kutuplu topraklama seksiyonörü kullanmaktır. Transformatör içindeki bir arızaya kadar olan empedans hattın ucundaki



Şekil : 3

Küçük indirici postaların tipik bir tertibi

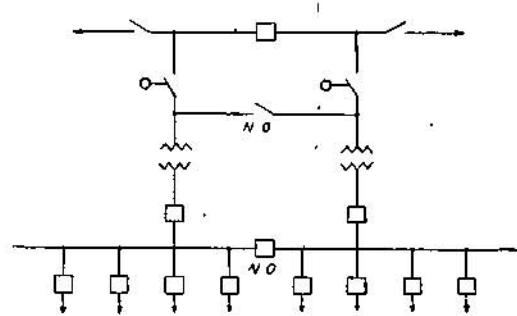
disjonktörü çalıştırmıyacak derecede yüksek olabilir, işte bu halde, transformatör üzerindeki diferansiyel röle çalışır ve topraklama seksiyonörünü kapatır, böylece hat toprağa bağlanmış olacağı için hattın iki başındaki röleler harekete geçer ve disjonktörler açılmış olur. Tekrar kapama tertibatının çalışmasına imkân verecek kadar bir zaman gecikmesini müteakip motorla çalışan (trafo yüksek gerilim tarafındaki) seksiyonör açılır ve bu suretle arızalı transformatör sistemden ayrılmış olur.

Küçük bir indirici postada ilk tesiste yalnız bir transformatör tesis etmek halen genel bir pratiktir. Yuk artınca Şekil 3'de kesikli çizgi ile gösterildiği gibi ikinci bir transformatör

ilâve edilir. Bu tertip tarzına göre beslenebilecek olan yük miktarı transformatörlerin normal ve azamî yüklenme derecelerine ve bir de diğer indirici postalara transfer edilebilecek yük miktarına bağlıdır. Transformatör değiştirmenin pahalı olması sebebiyle, takriben 60-MVA civarındaki en büyük transformatör kapasitesine ulaşıncaya kadar, indirici postalarda ıkiden fazla transformatör konulmaz.

İki veya üç adet 60-MVA'lık transformatör ihtiva eden indirici postalara ancak en büyük şehirlerde ihtiyaç vardır ve bir tevzi indirici postası için 180-MVA belki bugün azamî sınırdır. Bu azamî indirici posta kapasitesine erişmeden çok evvel aynı bölgede daha başka postaların tesisi lâzım gelecektir. Büyük şehirlerin dışında posta kapasitesi primer tevzi gerilimine bağlıdır. 15-Kv'luk tevzi gerilimi halinde postalar muhtemelen birbirinden 40 ilâ 50 kilometre mesafelerde tesis edilecek ve azamî hat uzunluğu takriben 75-Km olacaktır. 34 5-Kv'luk hatlar kullanıldığında ise mesafeler yukarıdakilerin ıkı misli, posta kapasitesi ise 15-Kv'dakinin dört misli olacaktır.

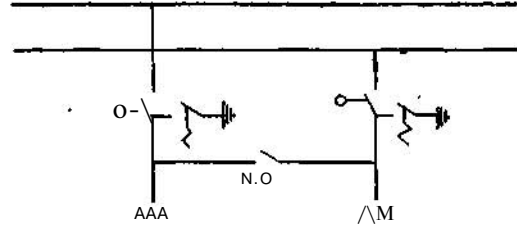
Şekil 4 ve 5 tek ve çift devre hatlar üzerinde ıkı büyük transformatörün bağlantı şemasını göstermektedir. Bu tertip tarzında, bir hat arızalandığında transformatörün birisi de servis dışı kalır, fakat diğer transformatör gerekli açma - kapama ameliyesi yapıncaya kadar geçecek olan kısa bir zaman için bütün yükü üzerine alabilir. Uzun sürecek olan bir hat arızası halinde, transformatörlerin yüksek gerilim tarafında normal halde açık tutulan seksiyonör kapatılarak servis dışı kalan transformatör tekrar servise sokulur. Şekil 4'de transformatörler üzerine topraklama seksiyonörü konulmamıştır. Transformatör arızası halinde röleler açma kumandasını transfer etmek suretiyle hattın uzak ucundaki disjonktörü açarlar.



Şekli : 4

*İki büyük transformatörün tek devreli hat üzerinde bağlantısını gösterir şema
NO = Normal durumda açık*

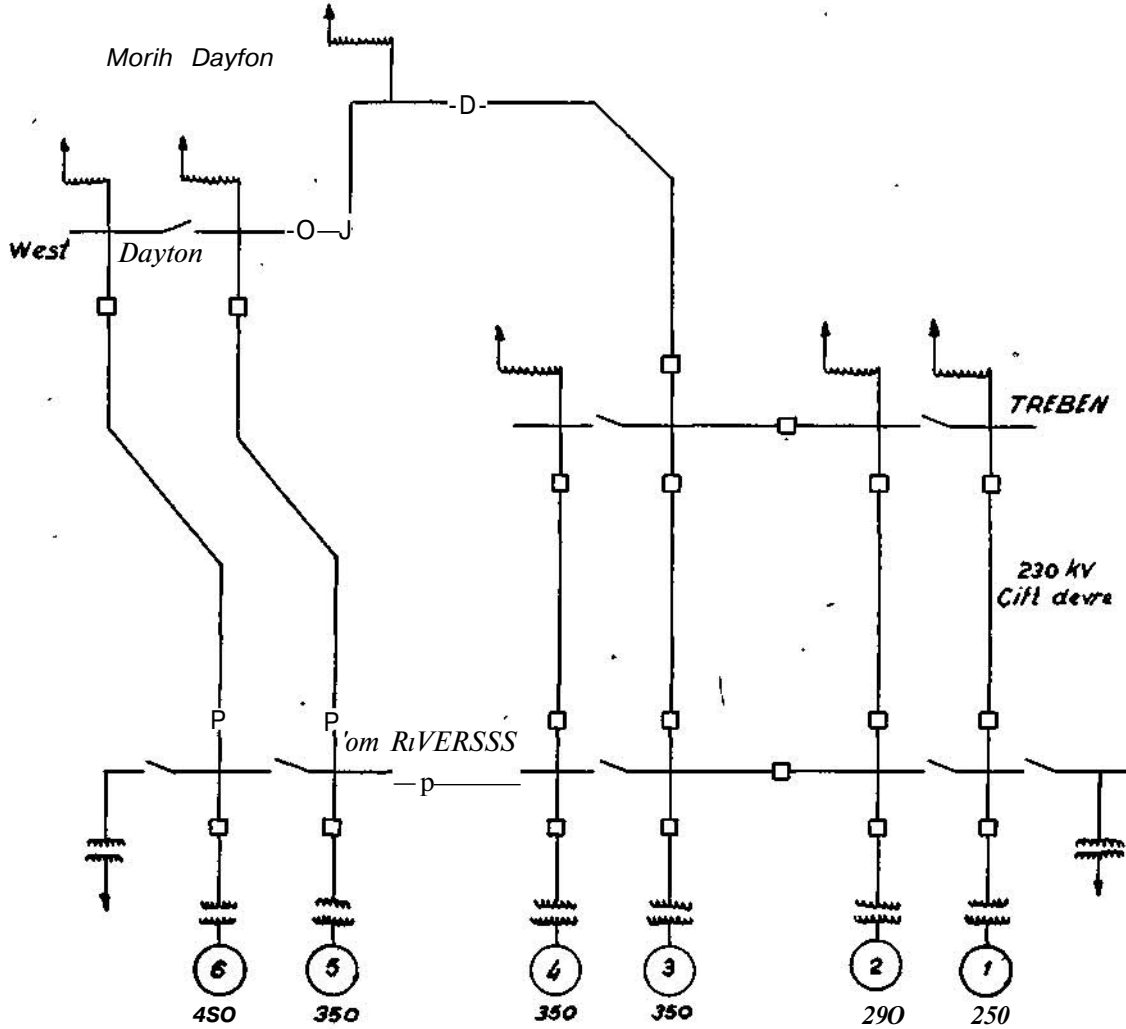
Şekil 5 için alçak gerilim tarafının tertibi Şekil 4'deki tertibin aynı olabilir. Alçak gerilim bara bağlama disjonktörü normal durumda açık olarak görülmektedir, bundan maksat fider disjonktörlerinin açma kapasitelerinin atılmamasını temindir. Bu bara bağlama disjonktörü transformatör disjonktörlerinden biri açıldığı zaman kapanır ve bu suretle tevzi fiderlerinin diğer transformatör tarafından beslenmesini temin eder. Uç transformatör halinde daha komplike bir tertibe ihtiyaç vardır, bu halde arızalı transformatör üzerindeki fiderlerden yarısı birine diğer yarısı öteki transformatöre bağlanmak istenir. Şekil 4'de görülen yüksek gerilim bağlantı tertibi üç transformatör için yapılırsa bu halde de yüksek gerilim tarafındaki bir bara ringinde üç disjonktöre ihtiyaç vardır; bu tertip tarzında üçüncü bir hava hattı çıkışı için de yer mevcuttur.



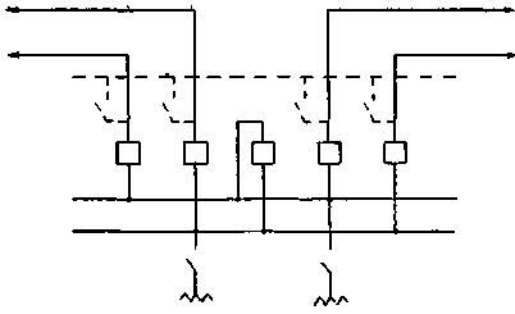
Şekil : 5

İki büyük transformatörün çift deşreli hat üzerinde bağlantısını gösterir şema'

Şekil 7 iki ana baralı bir bağlama postasını göstermektedir, bu tertibin, aynı sayıda disjonktör kullanan bir ana ve bir yardımcı baralı tertibe nazaran avantajları vardır. Bara arızaları seyrek olmakla beraber vukubulabilir.



(Şekil: 6)



(Şekil 7)

Çift baraltı bağlantı postası

iki ana bara bir bağlama disjonktörü ile birbirine bağlıdır. Her bara üzerinde diferansiyel koruma tertibatı konular ve bu, transformatör diferansiyel korumasını da ihtiva eder, çünkü

HABERLER:

Yüksek Gerilim Hatlarında Husule Gelen Arızaların Tesbiti İçin Elektronik Dedektör

Kuzey Iskoçya Hidroelektrik idaresinin kontrolü altında bulunan ve çok arızalı, dağlık araziden geçen 132 kV. luk hava hatları üzerinde meydana gelen herhangi bir arızanın yeri bilhassa kış aylarında hat bakım ekipleri tarafından çok güçlüklerle büyük masraflar karşılığında bulunabilmektedir. Bu sebeple Ferranti Ltd., Edinburg firması hatlar üzerindeki arızaların uzaktan elektronik olarak tesbiti imkânlarını araştırmıştır.

Yüksek gerilim hatları üzerindeki arızalar gizli (meselâ iletkenler ile toprak arasındaki mesafenin minimum değerden aşağı düşmesi) veya geçici (meselâ sert bir rüzgâr neticesinde iletkenlerin çarpışması) veya kaçak yapan (meselâ iletkenin kopması veya izolatörün kırılması neticesinde akımın toprak ile teması geçmesi) tiplerden olabilir. Kış aylarında umumiyetle en çok rastlanan anza, iletkenin sarkmasına sebep olan gizli tipten bir anza halinde başlayan ve en sonunda iletkenin kopması ile kısa devreye sebep olan iletkenlerin buzlanması hadisesidir.

Adı geçen firma tarafından bu iş için geliştirilen arıza tesbit aleti, radar prensibinde çalışan bir cihazdır. Anza yapan iletken boyunca elektronik darbeler gönderilir ve darbeler anza noktasında, karakteristik empedansdaki mevzii değişime sebebiyle, yansiyarak geri döner. Arıza mesafesi, darbenin gönderilmesi ve yansımının alınması arasında geçen zamandan hesap edilerek bulunur.

Bu esasa dayanarak doğru akımla çalışan bir dedektör portatif bir cihaz olarak imal

transformatörün yüksek gerilim girişinde ayrıca bir disjonktör yoktur. Bu şemada bir bara arızasında öteki bara iki istikametten birer hattâ bağlı kalmaktadır. Halbuki ana bara bir tane olsaydı bu takdirde bir bara arızasında bütün irtibatlar açılacak ve belki de stabilite bozulacaktı. Disjonktörlerin bakımını yapabilmek için ayrıca bir yardımcı baraya umumiyetle ihtiyaç yok ise de şekilde kesikli çizgilerle gösterilmiştir. Bu yardımcı bara için disjonktör kullanılmamıştır, hat giriş disjonktörlerinden biri servis dışı olduğu zaman bu hat seksiyonlar yardımıyla aksi istikametteki hatlardan birine bağlanır. Şekil 6. bir sisteme ilâve edilen yüksek gerilim nakil tesislerinin bağlantılarını göstermektedir, gerilimi, mevcut 138 - Kv'a indirmek için ototransformatörlerin kullanıldığı görülmektedir.

edilmiştir. Bu cihaz arızalı hattâ bağlandıktan sonra işletilmekte, ancak kısa devre noktalarının tesbitinde kullanılabilmektedir. Mamafih, cihazın zamanla gelişeceği ve iletkenler buz yükü altında toprağa değmeden evvel buzlanma olayının başlamış olduğunu da tesbit edecek bir hale geleceği kuvvetle ümit edilmektedir.

Diğer taraftan alternatif akım ile çalışan ve üzerinden enerji akan bir hattâ bağlı bir dedektörün geçici arızaların tesbitinde daha faydalı olacağı aşikârdır. Alternatif akımla çalışan arıza dedektörünün geliştirilmesine halen devam edilmektedir.

Doğru akımla işleyen dedektör ise, yapılan bütün deneylerde çok başarılı sonuçlara ulaşılmasını sağlamış bulunmaktadır.

(Teknik özetler, 1960, sayı 1-2)

Son 30 yılda enerji istihlâki iki misli arttı

Birleşmiş Milletler tarafından açıklanan rakamlara göre, 1929 yılından bugüne kadar dünya enerji istihlâki iki mislinden fazla artmıştır.

1929 yılında sıvı yakıtlar toplam enerji istihlâkinin % 16 sini teşkil etmekte iken, 1958 de bu değer % 30'a yükselmiştir. Kömür gibi katı yakıtlar ise aynı süre içinde % 79 dan % 54'e düşmüşlerdir.

Amerika Birleşik Devletleri 1958 yılında nüfus başına 16,8 ton kömüre eşdeğer enerji istihlâki ile büyük endüstri güçlerinde ilk sırayı muhafaza etmektedir. Kanada 11,4 ton ile ikinci, Birleşik Krallık (İngiltere) 10,5 ton ile üçüncü durumdadır.

1929 yılından beri dünya enerji istihlâkındaki artışın % 601 1949 - 1958 devresinde meydana gelmiştir.