

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Elektrik Şebekelerinde Enerji Kesil,
Dağıtım Etk. Tek. ve Mali Ver. ile İnc.

Yüksek Lisans Tezi

Ömer Özdemir

T. C.

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ — SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Elektrik Şebekelerinde Enerji Kesilmelerinin
Dağıtımına Etkisinin Teknik ve Mali
Veriler ile İncelenmesi

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Tez Yöneticisi : Doç. Dr. Bedri IŞIL

Hazırlayan : Elk.Müh. Ömer ÖZDEMİR

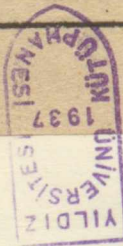


İstanbul 1986

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

R 363⁴⁴

Kot :
Alındığı Yer : Fen Bil. Enst.
Tarih : 16/3/1987
Fatura :
Fiatı : 1000TL
Ayniyat No : 1/6
Kayıt No : 44748
UDC : 658.5 373.242
Ek :



Ö N S Ö Z

Türkiye'mizde Elektrik Enerjisi güncel bir konu olup her geçen gün önemini korumakta ve arttırmaktadır. Sanayimizin ve ekonomimizin gelişmesi sürecinin en önemli basamağı sayıldığından kullanımda stabil besleme güvenilirliği sağlanmış bir elektrik enerjisi üretmek tüketmek ideal istemimizdir.

Tezimin ana konusu da enerjinin sürekliliğinin önemi ve sağlanması hususunda işletmecilik yönünden Mühendis meslektaşlarıma aynı konudaki araştırmalarına katkısı olması amacı ile hazırlanmıştır. Elektrik kesilmeleri hiç bir zaman tamamiyle önlenemez ancak araştırmamın konunun öneminin belirtilmesine faydalı olacağı kanaatindeyim.

Tezimin düşünce safhasından başlayarak bitirilmesine kadar tüm araştırmalarımın değerli yardımlarını esirgemeyen Saygıdeğer Hocam, Doç. Dr. Bedri IŞIL Bey'e en derin teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ömer ÖZDEMİR

Elektrik Mühendisi

İ Ç İ N D E K İ L E R

A-Enerji planlamasının gereği

A.1-Enerjinin önemi

A.2-Türkiye'de enerji planlaması ve öneriler

B-Enerjiye güvenilirlik değeri

B.1-Geçmiş uygulamalar

B.2-Gelecekteki uygulamalar

B.3-Elektrik enerjisinin ekonomik gelişmedeki yeri

C-Dağıtım şebekeleri hakkında genel kavramlar

C.1-Dağıtım şebekelerinde olan arızalar, nedenleri, önlenmesi

C.2-Koruma, röleler ve röle koordinasyonu

C.3-Kesiciler, kesicilerin elektrik kesilmelerindeki önemi

D-Bir kesintinin öyküsü "Newyork kesintisi"

E-Enerji kesilmesinin neden olduğu zararlar ve bunlara karşı önlemler

E.1-Güç transformatörü ve fider korumaları

E.2-Sonuç

A-Enerji Planlamasının Gereği

AI-Enerjinin Önemi: Türkiye'nin son yıllardaki en önemli sorunlarından biri, ülkenin içinde bulunduğu enerji dar boğazıdır. Bu güncel konu tüm ülke düzeyinde tartışılmakta ve muhtelif kuruluş ve kişilerce çoğu zaman birbirleriyle çelişen çözüm seçenekleri önerilmektedir. Bu seçenekler arasında uyum sağlanamamasına karşın enerji krizinin uzun süreli olduğu ve ulusal enerji planlamasının gereği üzerinde görüş birliği vardır.

Enerji hem bir üretim girdisi hem de bir tüketim maddesi olarak ikili bir karaktere sahiptir. Aynı ifade enerjinin bir kaynak ve aynı zamanda bir kısıt olarak nitelendirilmesinde de görülebilir.

Başlıca üretim girdileri arasında, enerji, emek, sermaye ve hammaddeyi sayabiliriz. Çeşitli hammadde türleri, sermaye ve emek, teknolojinin elverdiği oranlarda birbirleriyle ikame edilebildiği halde enerji girdisinin ikamesi oldukça zordur. Ancak emek ile enerji arasında belli oranda bir ikame olasılığından söz edilebilir. Buna karşılık, enerji türleri ve kaynakları arasında ikame teknolojik olanakların ve sermayenin elverdiği ölçüde gerçekleştirilebilir.

Enerji türleri arasında ikame aşağıda belirtilen etkenlere bağlıdır.

- 1-Eldeki enerji kaynakları ve sermaye,
- 2-Değişen enerji teknolojisi ve maliyetler,
- 3-Refahtaki değişimleri ve kullanıcı tercihleri,
- 4-Öngörülen teşvikler ve çeşitli kısıtlayıcı önlemler,
- 5-Ulusal enerji politikası.

Enerji bir tüketim maddesi olarak özellikle konutlarda, kamu binalarında ve ulaştırma sektöründe kullanılmaktadır. Doğa koşullarına bağlı olarak ısıtma veya soğutma ihtiyaçları, sıcak su, pişirme, aydınlatma için ve çeşitli ev aletlerince sarf olunan enerji binalardaki enerji tüketiminin büyük bir bölümünü oluşturur.

Enerji ile ekonomi arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Ekonomik olarak gelişmiş kabul edilen ülkelere ait "enerji tüketimi/ulusal tüketim" oranlarının birbirlerine yakınlığı bu ilişkinin en belirgin kanıtıdır (1). Bu oranı etkileyen en önemli unsurların o ülkenin ulusal enerji kaynaklarının zenginliği, ekonomik yapısı ve teknolojik düzeyi, iklim koşulları, demografik ve coğrafi özellikler ile ithal edilen enerjinin maliyeti olduğunu biliyoruz.

Dünyada tüketilen toplam enerjinin hızla artması yanı sıra "tüketim için enerji/üretim için enerji" oranı da büyümektedir. Refahtaki değişimler ile kullanılan enerji türleri arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır.

Enerji ile ekonomi arasındaki bağların kuvvetli olması, sağlıklı bir ekonomik gelişme için planlı bir enerji üretim ve dağıtım alt yapısının gereğine işaret etmektedir. Enerji sektörünün planlı gelişmesinin zorunlu olmasına neden, bu sektörde yatırım ve üretimin uzun süreleri gerektirmesidir.

(1) Berndt, E. and D. Wood, "An Economic Intergration of the Energy-GNP Ratio " Energy: Demand, Conservation, and Institutional Problems, The MIt Press, London 1973.

Yenilenebilir enerji kaynakları olarak, umut verici kaynaklar arasında güneş, jeotermal, rüzgar ve dalga enerjilerini sayabiliriz. Ancak bu kaynaklardan yararlanılan yoğun enerji üretim veya tüketim teknolojilerinin halen gelişme sürecinde olduğunu ve ticari olarak pazarlanabilecek aşamaya daha en az 20 yıl bulunduğunu belirtmeliyiz. Aynı şekilde, alışlagelmiş enerji kaynaklarından yeni türde yakıt üretimi teknolojisi için de en az 15 yıllık bir süreye ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar arasında hidrojen üretimi, kömürün sıvılaştırılması ile kombine gaz ve buhar çevrimleri sayılabilir.

Enerjinin gerek üretimi, gerekse tüketimi çevreyi etkiler. Kimyasal kirlenmeye yanı sıra, termik ve estetik yönden doğanın olumsuz yönde etkilenmesi de planlama gereğini vurgulamaktadır.

Enerjinin tüm bu özellikleri, enerji sektörünün dikkatle ve sürekli planlamasını gerektirir.

A2-Türkiye'de enerji planlaması ve öneriler: Türkiye'de enerji yatırımlarını, dağıtım ve tüketimini doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyen kararları almak, yürütmek ve denetlemek ile görevli birçok bakanlık ve kamu iktisadi teşebbüsü mevcuttur.

Alınan kararların sağlığı ve uygulamadaki etkinlik büyük ölçüde bu kuruluşların yapılarına ve aralarında gerçekleşen iletişim düzeyi ve işbirliğine bağlıdır. Dolayısıyla mevcut enerji sorununa çözüm arama ve çözümleri uygulama olanakları bu işbirliğinden kaynaklanmalıdır. Ancak bu mekanizmadaki bozukluğun da çözüm arama sürecinin en önemli kısıtını oluşturacağı gerçeği unutulmamalıdır.

Türkiye'de enerji ile ilgili kuruluşların yapılarının sağlıklı, kuruluşlar arasındaki iletişim düzeyinin koordine edilmiş ve karar verme süreçlerinin yeterli ve sistematik olduğu söylenemez.

Enerji türlerinin üretim, tüketimi, dağıtım ve fiyatlandırılması ile ilgili olarak ülkemiz için çeşitli seçenekler mevcuttur. Tüm seçeneklerin belirlenmesi ve gerçekçi bir değerlendirme sonucu en uygun seçeneklerin saptanması zorunlu görülmektedir. Konu karmaşıktır, çok boyutludur ve aşırı belirsizliklerle doludur. Böyle bir konuda karar verici kişi ve kadrolar ne denli deneyimli ve sezgi yeteneğine sahip olurlarsa olsunlar kararların alınabilmesi için çeşitli araç ve yöntemlerin (istatistikî ve probabilistik analizler, matematiksel modeller, vb.) Ülkemizin planlama işleri ile görevlendirilmiş olan Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) enerji planlaması çalışmalarında kendi bünyesinde veya başka bir kuruluştaki oluşmuş bir gruptan destek almak yerine, 4-5 yılda bir kurulan özel ihtisas komisyonlarının çalışmalarını esas kabul etmekte ve bununla yetinmektedir. Halbuki sorunun önemini kavramış birçok ülke görevi yalnızca enerji planlaması olan enstitüler, gruplar oluşturmakta ve enerji planlaması için gerekli çeşitli model çalışmaların etkin gruplar tarafından yapılmasını sağlayarak sonuçlarından planlama çalışmalarında yararlanmaktadır.

Diğer taraftan, hâlâ Türkiye'nin genel bir enerji planı bulunmamakta, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından bu amaçla başlatılan bir çalışma ise enerji üretim ve tüketim sisteminin analizi aşamasında bulunmaktadır.

Enerji planlamasını amaçlayan çalışmaların oldukça güç koşullar altında yürütüleceğini burada vurgulamak istiyorum.Çünkü, bu tür çalışmaların altyapısı Türkiye'de henüz yeni oluşmaktadır.Birçok enerji türünün üretimi,tüketimi dağıtım-ve fiyatlandırılması ile ilgili kararlarda kullanılabilecek herhangi bir model bulunmamakla birlikte,Türkiye Elektrik Kurumu (TEK),bilhassa elektrik enerjisi yönünden stabil bir analiz yapabilmektedir.

Planlı döneme geçiş sürecinde yapılması gerekli ilk çalışma enerji yönetim sistemimizde yer alan kuruluşlar arasındaki iletişim düzeyinin ne olduğunun incelenmesi olmalıdır.Böyle bir çalışmada mevcut durum ve optimal durum belirlenmeli ve aralarında bir karşılaştırma yapılarak halen aksayan yönler ve çözüm seçenekleri saptanmalıdır.Özellikle enerji yönetimindeki karar süreçleri analiz edilmeli ve bozuk yönleri belirlenmelidir.Matematiksel modeller planlamacılar kararlarında son derecede yardımcı olan birer araç olarak kabul edilmektedir.Model sonuçlarının aynen uygulanması veya model ile kurucusunun karar vericinin yerini alması diye bir şey söz konusu değildir.Model ve sonuçları sadece karmaşık bir konudaki problemi berraklaştırarak karar vericinin daha sistematik bir şekilde en doğru karara ulaşmasını sağlamaktır.Bakanlık bünyesinde kurulacak bir bilgi işlem merkezinde:Ulusal gelişmenin gerektireceği enerji talebi,çeşitli enerji talep senaryoları geliştirilerek incelenebilir ve buna paralel olarak enerji kaynakları ve üretim olanakları analiz edilebilir.

Önümüzdeki 15-25 yıl içinde dünya petrol ve doğal gaz kaynaklarının tükenmeye yüz tutacağı ve fiyatlarının artacağı bilinmektedir.Hal böyle iken,Türkiye enerji ihtiyacının % 60 ını (2) dışarıdan karşılamakta olup,dışa bağımlılık hızla artmaktadır.Türkiye'nin ithal olanakları kısıtlı olduğu gibi bu yakıtları önümüzdeki 15-25 yıl içinde yerli olarak yeterli düzeyde üretme olasılığı da oldukça düşüktür.Bu şartlar altında iki seçenek vardır:

- 1-Yerli kaynaklardan daha çok yararlanmak,
- 2-Enerji kullanımında tasarruf sağlamak ve verimini arttırmak.

Bu seçeneklerden birincisi alışlagelmiş ve yeniyenebilir kaynaklarımızın incelenmesini ve bu kaynaklardan ne şekilde yararlanılabileceğinin saptanmasını gerektirir.Bu kaynakların başlıcaları oldukça bol olan linyit rezervlerimiz,biyogas, hidrolik potansiyelimiz ile güneş,rüzgar,dalga ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji türleridir.Bu kaynakların potansiyelinin saptanması ve yeni kullanım alanları ile ikame olanaklarının araştırılması başlı başına bir çalışmayı oluşturacaktır.Türkiye için geliştirilmiş bir "Ulusal Enerji Modeli"(3) vardır.Bu model yenilenerek çeşitli ekonomik gelişme ve enerji

(2) Kavrakoglu,I.,Enerji Sorunu:Kısa vade çözüm önerileri

Boğaziçi Üniversitesi,Bebek,İstanbul 1980.

(3)Kavrakoglu,I., ve diğerleri,Türkiye Enerji Modeli,Boğaziçi Üniversitesi,Bebek,İstanbul,1977.

kaynaklarının geliştirme seçeneklerinin regelelendirilip optimal enerji stratejisi belirlenmelidir. Buna ek olarak bir "Ulusal Enerji Modeli" amaçlanmalıdır. Bu merkezde yapılabilecek araştırmaların önemli bir bölümünü de kapsamlı enerji maliyeti analizi, fiyat politikası uygulaması ile tasarruf önlemleri ve enerji teknolojisi seçeneklerine yönelik çalıştırmalar oluşturmaktadır. Üretim alanında enerji tasarrufunu en iyi gerçekleştirecek yatırımların, projelerin ve teknolojilerin uygulanmasını sağlayacak, tüketim alanında da tüketicinin enerji harcamalarını bencil olarak kontrol edecek önlemlerin ortaya konması gerekmektedir. Uygulanmakta olan önlemlerin etkinliğinin ölçülmesi, ilk kez önerilenlerin ise etkinliklerinin bilimsel olarak tahmin edilmesi zorunludur.

Enerji alanında önerilen çözümlerin sosyal ve ekonomik kalkınma hedefleri ışığında değerlendirilmesinin tarafsız ve bilimsel olarak yapılmasını sağlamak, belirlenen genel enerji politikasının stratejik değerlendirilmesini yapabilmek ve tek tek enerji üretim projelerinin çevreye etkilerini değerlendirmek, maliyet/fayda oranlarını ve fayda/risk oranlarını kapsamlı olarak hesaplayabilmek için Türkiye şartlarına uygun bir yöntemler dizisinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bunlar da Bilgi İşlem Merkezi tarafından gerçekleştirilebilir.

Çeşitli kez vurgulandığı gibi enerji mutlak planlanması gereken bir sistemdir. Üretim girdisi ve tüketim metal, kaynak ve kısıt gibi ikili karakterleriyle enerji, her plan aşamasında ayrıntılı olarak incelenmek zorundadır.

B-Enerjide güvenilirlik değerlendirmesi ve istatistikleri

Enerji güvenilirliğine artan ilgi özellikle aşağıdaki şu etkenlere dayanır:

1-Elektrik enerjisine her geçen gün daha çok ihtiyaç duyan müşteri birikimine kaliteli hizmet sunma ve hizmetin güvenilirliğini hesaplayabilme yükümlülüğü,

2-Geleceğin ağır şebeke yüklerini karşılayabilmek için gereken yeni şebeke tasarımlarının güvenilirlik ölçütünün önceden saptanarak, bu öngörülen güvenilirlik derecesi çizgisinde yurt ekonomisine uygun tesis planlaması yapılması zorunluluğu

3-Güvenilir olmayan enerji miktarının şimdiki ve ilerideki yıllar için hesaplanarak tahmin edilip yurt ekonomisine ve kurumun kasasına vereceği zarar ve mali portrenin planlamada göz önünde tutulması.

BI-Geçmiş Uygulamalar: Geçmişteki uygulamada, önerilen yeni şebekelerin güvenilirliği o zamana değin kurulmuş işletmelerden toplanmış bilgi ve tecrübeye dayanarak kalıplaşmış bazı aritmetik denklemlere başvurularak hesaplanmış. Kalkınmakta olan bazı ülkelerde ise güvenilirlik hiç hesaplanmıyor. Ancak modern istatistik tahmin ve mühendislik yöntemlerinin geliştirilmesi ile sistemlerin güvenilirliğini hesaplama ve geçmiş işleyip geleceğe tahminlerde bulunmak artık fantazi değil ihtiyaç durumuna gelmiş. Ayrıca bugün dünya üzerinde güvenilirlik etüdları bilgisayarlardan uzay kapsüllerine ve balistik füzelere, telefon sistemlerinden otomobil fabrikalarına ve hatta suni kalp cihazlarından televizyon aygıtlarına kadar girmiştir.

Güvenilirlik, bir sistem veya şebekenin tanımlanan görevini belirli bir zaman aralığı içinde başarma ihtimali olup sayısal bir özelliğe sahiptir. Ancak bizdeki yaklaşım, enerji şebekesinden amaçlı ve tutarlı güvenilirlik istatistiki arıza verileri toplama alışkanlığının olmaması, uygun matematiksel analiz modellerinin aranmaması ve en belirgin ise sayısal bir değerlendirmeye gerek olmadığı kanısı ile "nasılolsa güvenilirmez" ümitsizlik ve kötümserliğidir. (4). (5). (6).

Dünyadaki enerji kurumları artık şebekenin planlaması, üretim, iletim ve işletme aşamalarındaki doğal kaynak, çevre ve maliyet kısıtlamalarının rahatsız edici etkilerinin bilincine varmışlar ve en az yatırımla en güvenilirli aramaya koyulmuşlardır. Örneğin, A.B.D. gibi enerji üretim güvenilirliği çok üst düzeyde yüzde yüze yakın seyreden bir ülkede bile (A.B.D.'de 10 senede 1 günlük yük kaybı, yani % 99,9 güvenilirlik hedef alınır) son yıllardaki enerji krizinden doğan tasarruf seferberliğinin en belirgin yansıması, bu ülkenin Enerji Bakanlığı ve EDRI-Elektrik Enerjisi Araştırma Kurumu'nun ortaklaşa güvenilirlik projelerine ayırdığı milyonları bulan fonlardır. Türkiye'de 5200 MW'ı bulan kurulu güç ve 28 milyar kW saatlik enerji potansiyelinin acaba güvenilirlik etüdü niçin yapılmaması diye bir soru düşünebiliriz? Demek ki güvenilirlik hesaplaması şebekenin üretim ve iletim öğelerinin istatistik geçmişinden yararlanılarak yapılan, mühendislik ve ekonomi gerçeklerini kullanan bir tahmin yöntemi ve planlamanın doğal unsurudur Türkiye'de örneğin 1986 yılına ait yük tahmini ve stabilite ile kısa devre etüdüleri yapılıyor da bunun mantıki uzantısı olan, mesela 1985 yılının güvenilirlik endeksi olarak, o yıl zarfında harcanan kW-saat enerjinin harcanması gereken toplam kW-saat enerjiye bölünmesiyle bulunan bir "verimlilik" katsayısı ile yetinmekteyiz. (4). (6).

B2-Gelecekte olabilecek Uygulamalar: Türkiye'de gurur verici enerji büyümesini gerçekleştiren (T.E.K.) ve özel sektör (Kepz, Çukurova, vb) kurumların, günümüzde güvenilirlik etüdülerini amaç edinmeleri olası dahilindedir. Geleceğe dönük beş veya on yıllık planlamalarında, örneğin yük tahmin ve stabilite raporları gibi, güvenilirlik tahminlerini de, bu ülkenin vatandaşları olup gerekli "know-how" ve yetenek için yıllarını veren modern istatistikçi mühendis ve ekonomist teknokrat kadrosu ile Avrupa'nın 40 yıl önümüze geçmesini beklemeden başlatmaları, sanayiye patlamaya hazır Türkiye'ye yakışır bir adım olacaktır. Mevcut istatistiklere göre ortalama 5 saatte bir arıza yapan (arıza oranı 0,2/saat) ve her arızasının ortalama bir saatte onarıldığı (onarım oranı 1/saat) ve her biri 5 MW net kapasitede olan 15 santraldan oluşan, mesela, 1985 yılı için planlanmış küçük bir üretim şebekesini ele alalım. Yine, mesela, 1985 yılının ilk 20 saatlik yük tahminine göre talep şöyle olmuş

(4). Mehmet Şahinoğlu, "Use of Markov Modeling in Power System Reliability Studies", Master of Science Dissertation. University of Manchester Institute of Science and Technology England, October 1975.

olsun:1 ila 4 saatler arası 46 MW,4 ila 20 saatler arası 50MW Bu üretim şebekesinin,1985 yılının ilk 20 saatlik zaman aralığındaki yük tahminine göre vereceği güvenilirliği bulmak amacıyla yapılan hesaplar sonucu en yaygın bir endeks olan "beklenen yük kaybı" 7,31 saat yani % 37'lik güvenilirlik veya %63 lük bir güvenilirlik elde edilir.Aynı 20 saatlik zaman aralığı içinde diğer kullanışlı bir endeks olan "beklenen enerji kaybı 34MW-saat olarak hesaplanır.Bu cins bir çalışmaya,arıza erteleme meleri ve ateşleme gecikmeleri ile birbirleri arasındaki bağımlılık vb. gibi işletme gerçekleri de katılabilir.(7).(8). Ayrıca,sözü geçen üretim şebekesinin arıza ve onarım oranları sabit birer ortalama değer olarak değil de,veri yetersizliğinden istatistiksel hata miktarı mevcut birer rassal değişken olarak alınırsa sonuçta yük kaybı 6,76 saat ortalaması ve 2,95 saat kare varyansı olan bir ihtimal dağılımı arzeder.Enerji kaybı ise 43,47 MW-saatlik ortalama ve 256 MW-saat kare varyansı olan ihtimal dağılımını verir.

İlk deterministik ve sonraki istatistik yaklaşımlar sonucu şebekenin kasasına ve yurt ekonomisine mal olan zarar portresi mühendislik ekonomisi hesaplarına göre bulunabilir.

Devlet ve özel sanayi kuruluşlarında gerek enerji,gerek elektronik ve gerekse diğer üretim dallarında güvenilirlik kavramının yerleştirilip kantitatif özelliğe kavuşturulması dolayısıyla mevcut sistemin güvenilirlik endekslerinin hesaplanması,geleceğe tahmini ve sistemin daha güvenilir olması yolunda planlama hedefi insan gücüne bağlıdır.

(5).Mehmet Şahinoğlu, "A Basic Reliability Study in Electric Power systems" (Başlık:Enerji Sistemlerinde temel Güvenilirlik Çalışması) T.E.K. Planlama ve Koordinasyon Dairesi Yayın No:23,Haziran 1976.

(6).Mehmet Şahinoğlu,"380 kv. İletim sistemlerinde Güvenilirlik Değerlendirmesi Çalışmaları 1975-76" (Title:Reliability Evaluation Studies in 380 kv.Transmission System).T.E.K. Planlama ve Koordinasyon Dairesi,Yayın No:24,Temmuz 1976.

(7).A.D.Patton,C.Singh,M.Şahinoğlu, "Operating Considerations in Generation Reliability Modeling-An Analytical Approach", IEEE Winter Power Meeting Paper No.A80-082-8,Newyork,N.Y.USA Feb 3-8 1980:IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems Vol.100,pp 2656-63,May 1981.

(8).C.Singh,M.Şahinoğlu,"On Network Methods in Transmission and Distribution Networks" Proceedings of the Eight Annual Reliability for the Electric Power Industry,Portland,Oregon,USA, pp.183-189,April 1981.

B3-Elektrik Enerjisinin Ekonomik Gelişmedeki Yeri:Herhangi bir ülkenin enerji tüketimi,o ülkenin ekonomik yapısındaki gelişme durumunu veya insanların yaşam niteliklerini ne-dereceye kadar yansıtabildiği,öncelikle enerji ve ekonomik faaliyetlerin temel global göstergelerinin üzerinde bir dereceye kadar tereddütler bulunduğu ve hassas olmadıkları gözönünde tutulmalıdır.Gerek kömür veya petrolün ton cinsinden değeri ile verilsin,gerekse ısı veya elektriksel eşdeğerleri ile verilsin birincil enerji girişi,doğrudan veya ikincil bir enerjiye dönüşümünden sonra kullanılacak olan ve ısı,tahrik gücü,aydınlatma veya elektro-kimyasal şekilleri gibi gereksinmelere cevap verecek durumları içerir.Bu ülke ihtiyaçları o ülkenin enerji kaynakları,gelişme düzeyi ve endüstriyel yapısı gibi varlık ve oluşumlarını yansıtır.Büyük bir ölçüde su gücüne bağlı Norveç gibi bir ülkede kişi başına kullanılan kömür eşdeğeri miktarı,katı yakıt ve ısı gücüne bağımlı İngiltere'den çok daha farklı görünümünde olacaktır.Bu yanılma kwh'in teorik ısı eşdeğeri ısı santralının ortalama dönüşüm verimini yansıtan,örneğin 2500 kcal/kwh yerine 860 kcal/kwh alınması ile daha açık olur.Her bir ülkenin birincil enerji girişi,örneğin ,yerleşim yerlerindeki tüketim ve endüstrinin artıkları gibi ticari olmayan enerji kaynaklarını tüm içinde kapsamıyorsa noksan bir toplam olacaktır.Birçok endüstrisi gelişmiş ülkelerde bu hatalar sadece yüzde birkaç değerde azalma ya neden olabilirken Afrika ve Asya'daki gelişen ülkelere % 50'yi aşabilmektedirler.Bununla beraber araştırmamızda veri noksanlığı nedeniyle ülkelerarası karşılaştırmalarda ticari olmayan yakıt istatistikleri ihmal edilecektir.Tüm enerjinin tek bir göstergesi,dönüşüm kayıplarının ve israfli kullanım nedeniyle değişen değerlerde nihai verimin de dışında çeşitli belirsizlikleri içerecektir.

Bir ülkenin toplam faaliyetlerini belirleyen GDP'nin "Gross Domestic Product" anlamı,üretilen tüm eşya ve hizmetlerin değeridir.Muhtelif periyotlarda enflasyonun zamanla getirdiği değişimler resmi kur üzerinde ki bir baz paraya dönüşümle sabit değerlere çevrilir.Resmi para dönüşüm değerlendirmeleri genellikle ulusal paraların satınalma gücünü yansıtmakta ve yanıltıcı olmaktadır.GDP kavramını geliştirmek için ülkenin gerçek gelişimini belirleyen,parasal olmayan muhtelif fiziksel göstergelere ağırlık verilmektedir.Örneğin,kişisel tüketim düzeyi,haberleşme ,sağlık,eğitim,konut gibi...Bu yapıldığında önce aralarında geniş farklar bulunan ülkelerarası durum değişmektedir.Yapılan son araştırmalarda enerjinin total kullanımı ile toplam ekonomik faaliyetlerin sıkı bir şekilde bağıntılı olduğu genel olarak kabul edilmektedir.

Avrupa ülkelerinde nüfus artışı çok yavaş olmaktadır.Batı Avrupa'da yıllık artış % 0,6 civarında olup diğer ülkelere bundan biraz daha fazladır.Yalnız Türkiye'de (%2,17) ve Güney Avrupa'da oran daha fazla olmaktadır.Toplumdaki aktif kısmın artışıda benzer oranlarda artmaktadır.Ancak kalkınmakta olan ülkelere tüm gerçek üretim oranında daha hızlı ilerleme görülmektedir.Bu, enerjinin rolü üzerinde temel faktör olmaktadır.Eğer gelişmiş ülkelere sözkonusu gerçek üretim,örneğin, yıllık % 5 veya daha fazla artma gösterirse bu artışın hemen hepsi,çalışan kişi başına ortalama daha yüksek üretimle karşılanır.Istatistiklere bakılacak olursa,görünümün en ilginç

tarfı herbir endüstri işçisi için üretim artışı, hemen hemen bir işçinin ortalama kWh kullanımının yıllık artışı ile paraleldir. Sayısal örnek olarak, 1969-71 yıllarında Federal Almanya'da endüstriyel tüketim %6 artmış, işçi başına kWh kullanışı yılda ortalama % 4 ve üretim ise işçi başına % 4,5 artış göstermiştir. İtalya'da benzer bir artış göstermektedir. Bu ülkede endüstriyel tüketimde yıllık % 4,7 artış sonucu işçi başına kWh kullanımında % 3 ve üretimde de buna paralel bir artış meydana gelmiştir. Bununla beraber örneğin endüstriyel yapıda değişme ve organizasyonda gelişmeler gibi etkenlerle yıllara göre bu bağlantıda sapmalar olabilmekte, iş alanlarının bol, üretimin karmaşık olduğu az gelişmiş ülkelerde ekonomilerindeki bağlantı zayıflamaktadır. Gelişmiş ekonomilerde ise endüstrideki işçi sayısı toplamın yarısından az olmakta ve pek çok kimse enerji kullanımının önemsiz olduğu alanlarda iş bulmaktadır. Bununla beraber enerjinin ve bilhassa elektrik enerjisinin ekonomik işlemlerin yürütülmesinde temel gereksinim olduğu durumlarda enerji girişiyle GDP olarak gösterilen üretim arasında benzer sıkı bir bağ bulunmaktadır.

Yakıt ve elektrik enerjisinin tüketici düzeyinde GDP gelişmesine katkılarını gözönüne alalım. Eğer ilk önce ulusal endüstri sektöründe son olarak tüketilen enerjinin toplam ısı kısmını gözönüne alacak olursak görüyoruz ki, 1960'lı yıllardan beri kilokalori olarak verilen bir giriş aynı ve hatta daha fazla oranda, toplam endüstriyel bir üretimle birlikte oluşmaktadır ki bu miktar, endüstriye verilen elektrik enerjisini de kapsar.

Bununla birlikte artan enerji talebinde bulunan endüstri sektörünün, büyük bir kısmının (inşaat sektörü hariç) yavaşlamakta olduğu ve temel endüstrinin, birçok yönleri kapsayan toplam faaliyetler içinde daha az etkili bir kısmı oluşturduğu görülmektedir.

Ana tüketici gruplardan bir diğeri olarak konutlar, tarım ve ticaret nihai yakıt ve elektrik tüketimi gözönüne alındığında en fazla dinamik yapı göstermektedirler. Bu, bilhassa konutlarda ve diğer alçak gerilimle tüketim yapılan yerlerde ağırlıklı olarak görülmekte, artan konut yapımı ve kişi başına yükselen ortalama gelir ile her yerde geniş bir şekilde farkedilmektedir. Ekonomik gelişme arttıkça elektrikle çalışan ev eşyaları ve tarım uygulamaları paralel bir artış göstermektedir. Açık-tır ki, bugün ekonomik gelişme için ulusal ekonomiye yeterli bir birincil enerji enjeksiyonu, gerekli bir önkoşul olmaktadır. Enerji tüketimindeki görünen verime bakarak, muhtelif ülkelerdeki yapısal değişikliklerin uniform olduğunu söylemek mümkün değildir. Elektrik enerjisi yaklaşık tavan değer olarak bir ülkenin toplam enerji girişinin %80 değerine çıkabilir.

Önemli diğer bir nokta elektrik gücü sisteminde sürekli ortalama artışın % 7 civarında oluşudur. Elektrik enerjisi girişinin toplamdaki yüzdesi arttıkça öyle bir noktaya gelinecektir ki verim artışı bu kritik noktada duracaktır. Bilindiği gibi son yıllarda ekonomik gelişim kriterlerine etkili olan bazı değişimler oluşmaktadır ki bunların başında ve en önemlisi dünya yakıt fiyatlarındaki ekonomik politikadır. Bu durumda sorun, enerjinin çok daha ekonomik nasıl uygulanabile-

ceğine yönelmektir. Birincil enerjinin ikincil şekline dönüşmesi sürecinde enerjinin nakil ve dağıtımında küçük verimlerle çalışılmasında, binalarda ısı yalıtımının zayıf olmasıyla enerjinin dikkatsiz ve savurganca kullanılmasıyla büyük kayıplar olabilmektedir.

TABLO: I) GDP'nin % I artışında, ülke içinde kullanılan yakıt ve elektrikte artışlar.

<u>Ülke</u>	<u>Yakıt</u>	<u>Elektrik</u>
Türkiye	0,60	1,21
Portekiz	0,72	1,32
Yunanistan	0,88	1,23
İtalya	1,39	1,47
İsveç	1,23	1,40

Ekonomik gelişmenin, birincil enerji kaynaklarının elektrik üretimine ayrıldığı kısma yoğun bir şekilde bağımlı olması bir anlamda birçok ülkede ısı çıkışının % 65 oranında atmosfere veya suya verilmesine ve bu arada yükselen oranlarda kü-kürt, nitrojen oksitleri ve son derece zararlı atmosferik parçacıkların oluşumuna neden olmaktadır. Elektrik üretiminde kaybedilen ısı enerjisinin önemli bir kısmı endüstride, evlerde veya tekrar elektrik üretiminde kullanılabilir. (9). Ve atmosferik kirlenme ilave masraflar ile kontrol altına alınabilir. Bu yöntemlerin uygulanmasında ihmal ve gecikmeler ile artan ısı kayıpları, hava kirliliği, üretim artıkları ve benzer oluşumların getireceği ilave aşırı masraflar, yukarıda belirtilen üretimdeki kritik noktanın ve bu nedenle ekonomik gelişmenin hızla düşmesine neden olacaktır.

Netice diyebiliriz ki, bir ülkede kullanılan elektrik enerjisi o ülkenin kalkınma düzeyini gösteren simgedir.

(9). H. Nusret Yükseler: "Elektrik Enerjisi-Ekonomi İlişkisi" Kaynak Dergisi, Sayı 33, Temmuz/Ağustos 1985,.

C-Dağıtım Şebekeleri hakkında genel kavramlar

Enerji dağıtımının konusu: Elektrik enerjisinin elde edilmesi ve tüketicilere kadar ulaştırılması için yapılması gereken tesisleri üç gruba ayırmak mümkündür.

- Üretim tesisleri
- İletim tesisleri
- Dağıtım tesisleri

Üretim tesisleri, elektrik santralleridir. İletim tesisleri elektrik enerjisini, üretim tesislerinden, tüketim bölgelerine ileten tesislerdir ve dağıtım tesisleri ise, bir tüketim bölgesinde, elektrik enerjisini üretim veya iletim tesislerinden alıp, tüketicilere dağıtmak için yapılması gereken tesislerdir. Sözü geçen tüketim bölgesi, örneğin, bir şehir, bir kasaba, bir köy, bir sanayi tesisi, bir fabrika olabilir. Buna göre dağıtım tesisleri bir veya iki kademeli orta gerilim şebekesi ile alçak gerilim şebekeleri ve transformator merkezlerinden teşekkül eder.

Dağıtım tesisleri ile iletim tesislerini gerilime göre ayırmak mümkün değildir.Yani şu gerilime kadar olan tesisler dağıtım tesisleri,bundan yüksek gerilimli tesisler iletim tesisleridir,şeklinde bir ayırma yapılamaz.34,5 kV'luk ve 15 kV luk bir hat,yerine göre bir iletim veya dağıtım hattı olabilir Örneğin,enterkonnekte şebekeden bir köye enerji ileten 15 kV' luk bir hat bir iletim hattı,köy dahilindeki 0,4 kV'luk şebeke ise bir dağıtım şebekesidir (burada 0,4 kV'luk şebekeden 220/380 V'luk şebeke kastedilmiştir,çünkü,transformatör merkezinde 380 V,yaklaşık 400 V,yani 0,4 kV değerindedir).

Keza enterkonnekte şebekeden bir kasabaya enerji ileten 34,5 kV'luk bir hat iletim hattıdır.Kasabada 34,5 kV,15 kV'a düşürülerek,kasaba dahilindeki transformatör merkezleri 15 kV'luk hatlarla beslenmiş olsun.Bu durumda,kasaba dahilindeki 15 kV'luk orta gerilim şebekesi,15/0,4 kV'luk transformatör merkezleri alçak gerilim şebekeleri,dağıtım tesislerini teşkil eder.Kasabayı besleyen 34,5/15 kV'luk transformatör merkezine gelince,bu transformatör merkezi,kasabaya enerji satışı 15 kV üzerinden yapılıyorsa,dağıtım tesislerine dahildir.

Büyük bir şehirdeki,örneğin İstanbul'daki durumu gözönüne alalım:İstanbul'a enerji iletimi halen 154 kV ve 380 kV'luk hatlarla yapılmaktadır.380/154 ve 154/34,5 kV'luk transformatör merkezleri de iletim tesislerine dahildir.Dağıtım tesisleri 34,5 ve 10 kV'luk orta gerilim şebekeleri ile,0,4 ve 0,2 kV'luk alçak gerilim şebekelerini ve 34,5/10, 10/0,4 , 10/0,2 kV'luk transformatör merkezlerini içine almaktadır.Görüldüğü gibi İstanbul'da orta gerilim şebekesi iki kademelidir.Fakat küçük şehir ve kasabalarda orta gerilim şebekeleri genellikle bir kademelidir.İstanbul'da alçak gerilim şebekeleri de 0,4 ve 0,2 kV'luk,yani 220/380 ve 110/190 V'luk olmak üzere iki çeşit ise de,bunlardan 110/190 V'luk olanlar işletme yönünden 220/380 V'luk standart sisteme çevrilmektedir.

CI-Dağıtım şebekelerinde olan arızalar,nedenleri,önlenmesi:

Dağıtım hatlarında oluşabilecek arızaları aşağıdaki gibi genelleştirebiliriz.

1-A.G.(alçak gerilim) tesislerinden O.G.(orta gerilim) tesislerine intikal eden arızalar,

2-Ayırıcı arızaları,

3-Sigorta arızaları,

4-İzolatör kırığı ve bağ teli kopması,

5-İletken kopması

6-Agaçlar ve binalar

7-Heyelan (toprak kayması)

8-Direk devrilmesi

9-Proje üstü doğa şartlarının etkileri

Sürekli ve kalıcı hat arızalarına işletme gereği çözüm aramak ve belirlemek gerekir.Bu arızalar ise,

1-Tekrar eden arızalar,

2-Ağırlık ve rüzgar menzili,

3-Aplikasyon hatası,

4-Kış şartları,

5-Rüzgar,

6-Kuş bölgeleri,

7-Kesişen hatlar,

8-Yerleşim bölgelerinden gelen arızalardır.

Kalıcı ve geçici olarak iki grupta incelediğimiz arızaları minumum süre içerisinde giderebilmek amacıyla kalifiye personellerden oluşan ideal organize edilmiş bakım ekiplerinin olması ve gerek O.G. ve gerekse A.G. şebekelerinin muhtelif devre ve kontrol aparatlarının belirli sürelerde, periyodik bakımlarının yapılması plan dahilinde olmalıdır.

Hangi tür şebeke olursa olsun tüm şebekelerde koruma yönünden kesici ve role koordinasyonunun önemi çok büyüktür. Olabilecek arızaları en kısa süreye indirebilmek ve şebekeleri koruma amacı ile aşağıda kısaca tanımlayacağımız gibi ideal bir kesici, role koordinasyonunun dizayn edilmesi gerekmektedir.

C2-Koruma, roleler ve role koordinasyonu: Seçici bir koruma olma dan günümüzde bir güç sisteminin işletilmesi olanaksızdır. Koruma rolelerinin uygulanmasıyla, güç sisteminin herhangi bir noktasında oluşan arıza saptanır ve arızalı bölüm sistemden ayrılır. Arızalı bölüm sisteme bağlı kaldığında, aşağıda belirtilen üç ana etken nedeniyle sistemin bir bölümü veya tümü tehlikeye düşer.

a) Generatörlerin senkronizasyon koşullarını kaybetmeleri ve sistemden kopmaları,

b) Arızalı bölümün hasar görme olasılığı,

c) Arızasız bölümün hasar görme olasılığı.

Güç sistemi için tehlikeli olmamasına rağmen, tüketiciler açısından önemli olan diğer bir etkende büyük endüstriyel kuruluşlardaki senkron motorların servis dışı kalarak, hayati sayılabilecek işlemlerinin kesilme olasılığıdır. Kısaca korumanın amacı, kesicilerle birlikte, güç sisteminin her tip arızadan hızla temizlenmesini sağlamaktır.

Koruma rolelerinin uygulanmasında, güç sistemi, özel problemlerine göre, mantıksal bir biçimde çeşitli bölümlere ayrılır. Ancak, tüm bölümlerdeki korumalarda, beş temel ilke her zaman akılda tutulmalı ve uygulanmalıdır:

1. Güvenilirlik: Her tür arızaya güvenilir ve etkin biçimde müdahale edebilmek.

2. Seçicilik : Sistemde devamlılığı sağlamak için, sistemden yalnız arızalı bölümün ayrılmasını sağlamak.

3. Hız : En düşük arıza zamanını ve en az donanım hasarını sağlamak.

4. Basitlik : En az donanım ve devre ile korumayı gerçekleştirmek.

5. Ekonomi : En düşük harcama ile en fazla korumayı sağlamak.

Belirtilen tüm nitelikleri birarada sağlamak olanak dışı olduğundan, bunlardan belirli bir seviyede ödün vermek gerekebilir. Güç sisteminde mühendislerin ve operatörlerin özellikle rine bağlı olarak, çok fazla ya da çok az koruma yapabilme olanağı vardır.

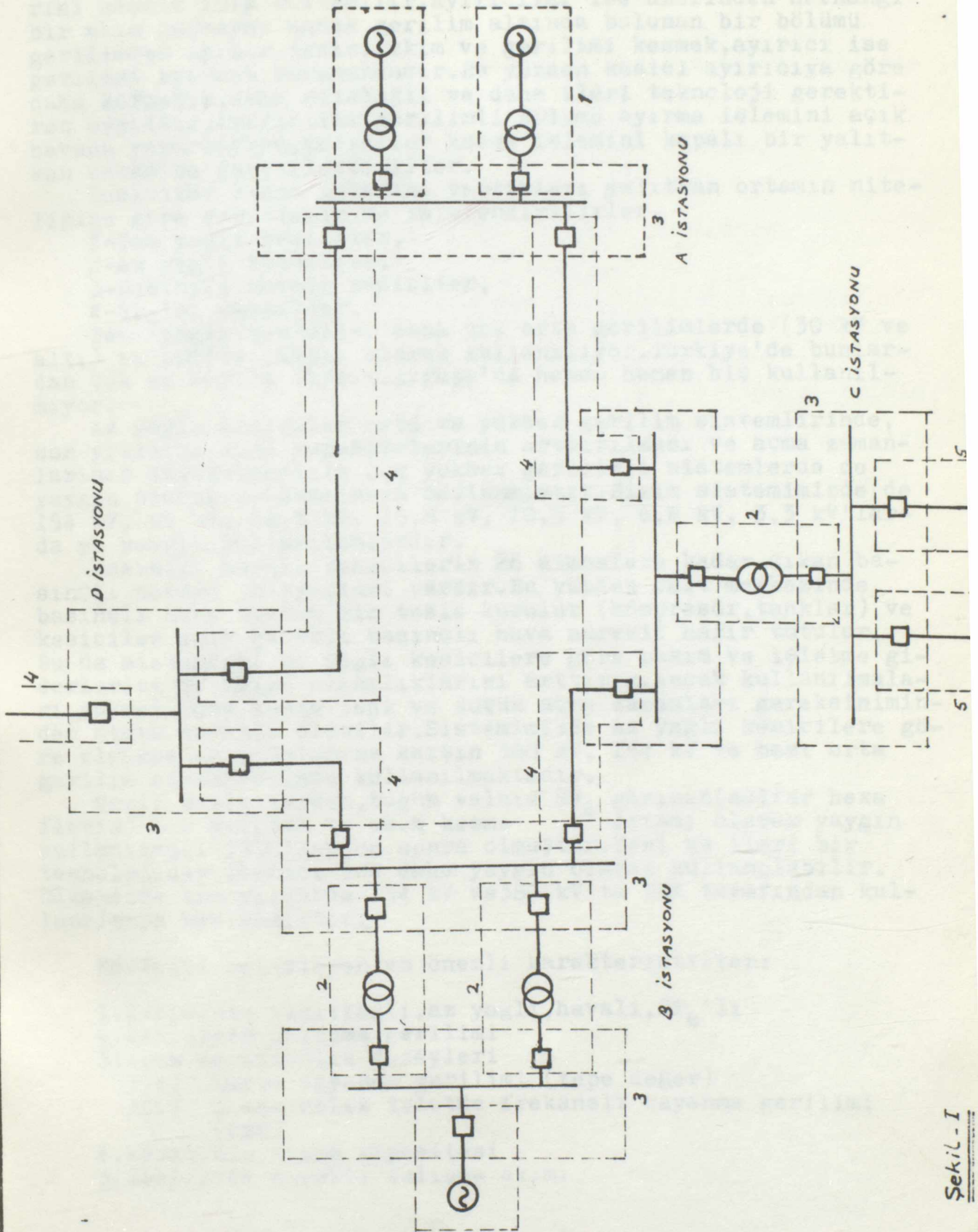
Röle uygulamasının genel felsefesi, güç sistemini koruma bölümlerine ayırmak ve arızalarda en az miktarda sistem parçasını ana güç sisteminden ayırarak uygun korumayı sağlamaktır. Koruma bölümleri şunlardır:

1. Generatorlar

2-5. Transformatörler ve fiderler

3- Baralar

4- Enerji nakil hatları, ... Örnek bir güç sistemi ve koruma bölümleri şekil I'de görülmektedir.



Şekil-I

C3-Kesiciler, kesicilerin elektrik kesilmelerindeki önemi:Kesiciler,sistemin bir noktasından geçen yük ve kısa devre akımlarını kesmek için kullanılır.Ayırıcılar ise üzerinden herhangi bir akım geçmeyen ancak gerilim altında bulunan bir bölümü gerilimden ayırır.Kesici akım ve gerilimi kesmek,ayırıcı ise gerilimi ayırmak durumundadır.Bu yüzden kesici ayırıcıya göre daha karmaşık,daha nitelikli ve daha ileri teknoloji gerektiren aygıttır.Ayırıcılar gerilimli bölümü ayırma işlemini açık havada yaparlarken,kesiciler kesme işlemini kapalı bir yalıtkan ortam da gerçekleştirirler.

Kesiciler kesme işlemini yaptıkları yalıtkan ortamın niteliğine göre çeşitlenir ve isimlendirilirler.

- 1-Tam yağlı kesiciler,
- 2-Az yağlı kesiciler,
- 3-Basınçlı havalı kesiciler,
- 4-SF₆'lı kesiciler.

Tam yağlı kesiciler daha çok orta gerilimlerde (30 kV ve altı) ve ABD'de yaygın olarak kullanılıyor.Türkiye'de bunlardan çok az sayıda vardır.Avrupa'da hemen hemen hiç kullanılmıyor.

Az yağlı kesiciler orta ve yüksek gerilim sistemlerinde, son yıllarda açma kapasitelerinin arttırılması ve açma zamanlarının düşürülmesiyle çok yüksek gerilimli sistemlerde de yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.Bizim sistemimizde de 154 kV, 66 kV, 34,5 kV, 15,8 kV, 10,5 kV, 6,6 kV, 3,3 kV'lar da en yaygın kullanılanlardır.

Basınçlı havalı kesicilerin 26 atmosfere kadar çıkan basınçlı havaya ihtiyaçları vardır.Bu yüzden şalt merkezinde basınçlı hava üreten bir tesis kurulur (komprasör,tanklar) ve kesiciler için gerekli basınçlı hava sürekli hazır tutulur. Bu da sistemdeki az yağlı kesicilere göre bakım ve işletme giderlerini ve arıza olasılıklarını arttırır.Ancak kullanılmaları yüksek açma kapasitesi ve düşük açma zamanları gereksiniminden ötürü zorunlu olabilir.Sistemimizde az yağlı kesicilere göre oldukça az olmalarına karşın 380 kV, 154 kV ve bazı orta gerilim sistemlerinde kullanılmaktadır.

Gazlı kesicilerden,bugün yalnız SF₆ gazının(sülfür hexa florid) bir yalıtma ve akım kesme ortamı olarak yaygın kullanılması 1970'lerden sonra olmuştur.Yeni ve ileri bir teknolojidir.İleride çok daha yaygın olarak kullanılabilir.Ulkemizde son yıllarda 154 kV ve 380 kV'ta TEK tarafından kullanılmaya başlanmıştır.

Kesiciyi belirleyen en önemli karakteristikler:

- 1.Kesicinin tipi:Yağlı,az yağlı,havalı,SF₆'lı
- 2.Kesicinin çalışma gerilimi
- 3.Anma yalıtkanlık düzeyleri
 - 3(i) Darbe dayanma gerilimi (tepe değer)
 - 3(ii) 1 dakikalık işletme frekanslı dayanma gerilimi (rms)
- 4.Kesicinin kesme kapasitesi
- 5.Kesicinin sürekli çalışma akımı

6. Kesicinin açma zamanı

7. Kesici kutuplarının birbirinden bağımsız denetlenebilmesi, tek ya da üç fazlı açma ve kapamalara uygun olması. (IO), (II),

Gerilim arttıkça kesicilerde daha başka niteliklerde aranmaya başlar. Çünkü geçici olaylar ve manevra aşırı gerilimleri daha çok önem kazanırlar. Bu nitelikler,

- 1) Anma çalışma dizisi
- 2) Kısa devre akımının I_{DA}/I_{AA} oranı
- 3) İlk açan kutup çarpanı
- 4) Geçici düzelme gerilimi
- 5) Kısa hat arızaları
- 6) Fazlar kayıkken kapatma ya da kesme kapasitesi
- 7) Kapasitif akımların kesilmesi
- 8) Küçük indüktif akımların kesilmesi
- 9) Açma ve kapama dirençlerinin gerekli olup olmaması
- 10) Kapama ve açmada kutuplar arasındaki en büyük, zaman farkıdır. (I2)

(IO). Hasan Hüseyin AY, TEK İletim Şeb. İşl. Dai. Başkanlığı-Eğitim D. Başkanlığı, YG TEÇHİZATI, 1984.

(II). E.M.O. , Elektrik Mühendisleri Odası, Elektrik Mühendisliği El kitabı, 1983.

(I2). Y. Elk. Müh. Nusret Alperöz, İDMMA Yayınları, sayı: I28, ENERJİ Dağıtımı (Dağıtım Şebekeleri), İstanbul 1974.

xxxxxxx

D-Bir kesintinin öyküsü "Newyork kesintisi",1977. :13 temmuz 1977 gecesi,dünyanın en büyük kentlerinden biri olan Newyork ta elektrikler kesildi ve 25 saat süreyle dokuz milyon kişi elektriksiz kaldı.Araştırmalarımıza esas teşkil etmesi amacı ile zarar miktarı 350 milyon doları aşan bu yaşanmış olayın gelişmesini dakikası dakikasına incelenmesinde yarar görmekteyiz.

Çağımızda,elektrik enerji sistemlerinin korunması ve güvenliği,elektrik mühendisliğinin en önemli uğraş alanlarından biridir.Tüketim yükünü en ucuz ve en güvenilir bir biçimde karşılayabilmek konusunda,bilgisayarlara önemli görevler düşmektedir.Sorunun bir bölümü,üretilen elektrik enerjisinin depolanamamasından ve üretildiği anda tüketilme zorunluluğundan kaynaklanmaktadır.Bu arada da üretim ve tüketimin sürekli bir şekilde dengede tutulması önemli bir sorun oluşturmaktadır.

Enerji sistemlerinin giderek artan karmaşıklığı,bilgisayarlar ile sistem mekanizmaları denetim altına alınarak çözülmeye başlanmıştır.Karmaşıklık boyutları öyle bir düzeydedir ki,teknolojinin en son olanaklarını kullanan ve her bakımdan güvence de sayılan sistemlerde bile,sistem oturması ve elektrik kesintisi tehlikesi tam olarak ortadan kaldırılamamaktadır.13 temmuz 1977 Newyork kesintisi bunun en güzel örneğidir.

Newyork,artık dünyanın en kalabalık kenti değildir ama, çağdaş teknolojinin simgesi haline gelmiş olan Amerika'nın en büyük ve en bayındır kentidir...Elektrik enerjisi,çağdaş yaşamın o denli ayrılmaz parçası haline gelmiştir ki,bir anlık bir kesinti bile böyle bir kentte önemli aksamalara neden olur.Bunun bilincinde olan elektrik üreticileri,tüm olanakları kullanarak,elektriğin kesintisiz olarak verilebilmesi için her türlü çabayı harcamışlardır.Bütün bunlara rağmen,doğal etkenler ,koruma aygıtlarının yanlış çalışması,sistem operatörüne yetersiz bilgi sunumu ve iletişim güçlükleri akıl almaz bir biçimde üstüste binerek,o gece Newyork'un karanlığa gömülmesine neden olurlar.Üstelik bu olay,ilk kez de olmuyordu:9 kasım 1965 akşamı,hava güzel olduğu halde,içinde Newyork'ta bulunmak üzere ABD'nin kuzeydogusundaki sekiz eyalet ile Kanada'nın doğusu,binlerce fabrikayı ve milyonlarca evi onaltı saate kadar varan süreler için karanlıkta bırakan dev bir kesintiye hedef olmuştu.Oysa o zaman da,normal çalışma koşullarında ve hava durumu önem taşıdığı takdirde,varolan denetim ve acil koruma sistemlerinin herhangi bir kesintiyi,küçük bir bölgeye ve birkaç dakikaya sınırlamaya yeteceği sanılmıştı.

1965 kesintisinin nedeni,Ontario'daki bir kesicinin geçici bir aşırı yüklenme anında açması olarak saptandı.Kesiciye kumanda eden bir yardımcı koruma rolesi ayar düzeyinin üzerinde yüklenince,normal biçimde çalışarak arızasız bir hattı açmış,ondaki yükü devralan dört başka hatta aşırı yüklenerek açmışlardı.Bunun ardından açmalar,bir zincirleme reaksiyon şeklini almış ve oniki dakika gibi kısa bir süre içinde,200 bin km'lik bir alanda yaşayan 25 milyon insan karanlıkta kalmıştı.

Koruma gereçlerinin sistemi bir bütün olarak değil,parça parça korudukları anlaşıncı,bölgenin tümü için bir sistem çözümlemesi yapıldı ve bilgisayarların kontrolunda bir dizi denetim ve izleme sistemleri kuruldu.

Bu iklimsel etkenler kentte tüm elektriğin kesilmesi ile sonuçlanan olaylar zincirini başlatmış oldu. O akşam saat 20.30 sularında Con Ed sistemi, müşterilerine yaklaşık 5860 MW elektrik enerjisi sağlamaktaydı. Bunun 3000 MW'lık kısmı ise şehir içindeki üretim tarafından karşılanıyordu. 870 MW'lık bölümü kentin kuzeyindeki bir nükleer santralda üretilmekteydi. 1200 MW'ı Kanada'dan gelmekteydi. Ayrıca Con Ed sistemi içinden, güneybatıdaki bir şirkete 240 MW ve kuzeydoğudaki bir ortak bölgeden, güneybatıdaki başka bir ortak bölgeye 200 MW enerji akıyordu. Con Ed'e sağlanan enerjinin büyük bir bölümü, kuzeyden gelen beş tane 345 kV'lık besleme hattı üzerinden sağlanmaktaydı ve direklerden birden fazla devre taşımaktaydılar. 20.37 şekil-2'de (olaylar dizisinin kolayca anlaşılabilmesi için, santral, merkez ve semt isimleri büyük harflerle kodlanmıştır.) görülen A ve B kesicileri merkezleri arasındaki bir iletim direğine yıldırım isabet ediyor. Bu direklerdeki devreler, C, N ve R'deki santrallerden şehre 1200 MW güç sağlıyor. Direğin düşük empedansından yüksek akım geçmesi, direk geriliminin yükselmesine neden oluyor ve faz iletkenlerinin izolatörleri, yalıtım kapasiteleri aşıldığından, o direğin taşıdığı her iki 345 kV'lık devrenin faz iletkenleriyle toprak arasında kısa devre meydana geliyor. A ve B'deki kesiciler, arızayı sistemden soyutlamak için derhal açıyorlar. Bu işlem C'deki 900 MW'lık santralin bağlantısını kestiği için, santralin üretimi, gerektiği gibi otomatik bir biçimde duruyor... Normal koşullar altında açan kesiciler, izolatörler üzerindeki kısa devre sönmüldükten sonra otomatik olarak tekrar kapanırlar. Kesicilerin hatalı çalışmalarına karşın yardımcı koruma sistemi vardır. Zaman gecikmeli role, arıza anından itibaren zaman limitinin sonunda kesiciler çalışmamışsa devreyi otomatik olarak açar.

O sıralarda, yeni kesici denetim rollerinin tesis edilebilmesi için B'deki kesicilerden birinin otomatik tekrar kapama yeteneği kısıtlanmıştır. Bu nedenle AB arasındaki çift devre yeniden ilettime geçemiyor. Ayrıca B'deki bir koruma devresinin hatalı tasarlanması sonucu, D'deki bir zaman rolesi BD hattını açıyor ve tek devreye sahip 345 kV'lık BD hattında açık kalıyor. Birçok şirketlerin iletim hatlarının yük taşıma kapasiteleri sistem stabilitesi ile sınırlıdır. Con Ed sistemindeki hat ve kablolar ise, iletkenlerin I²R ısınma limitiyle sınırlıdır.

Con Ed'in enerji denetim merkezindeki sistem operatörü, BD hattının açık olduğunu görünce, kent içi yedek üretimin devreye girmesi için komut veriyor. 20.55 kent içi üretim 550 MW artmıştır. AE hattından başka bir hatta normalin üstünde akım yoktur, ancak sistem güvenilirliği zayıflamıştır.

20.56 hem FG, hem de AG arasındaki 345 kV hatlarını taşıyan bir direğe yıldırım düşüyor. Her iki devrenin ortak fazı ile toprak arasında kısa devre oluşuyor. F, A, G ve H'deki kesiciler açarak arızayı önüyorlar, A ve G kesicileri kapanarak AG hattını enerjililiyorlar. FG hattındaki G kesicisi de kapanıyor, fakat F kesicisi açık kalıyor. Termik santrallerdeki türbin-generator millerinde ilginç bir sorun vardır: Sistemde bir arıza olduğu zaman, generator rotorundaki elektromanyetik burulma kuvveti (tork), birdenbire azalır ve türbin birimleri arasındaki millerin bütün doğal burulma frekanslarını uyarır.

Bunun sonucu olarak birimler arasında salınımlar oluşur. Eğer bu salınımlar yeterince sönümlemeden generator tekrar devreye alınır ve elektromanyetik burulma kuvveti yükselirse, millerde ve kuplaj sisteminde oluşan burulma salınımları milleri parçalayabilir. Ve generatora zarar verebilir. Hem Con Ed ve başka şirketler, bazı generatörleri bu mil burulma salınımlarına karşı korumak için, çalışma biçimlerini değiştirmişlerdir. Özellikle B ve F'deki kesiciler, kesicinin iki tarafındaki gerilim açılırları belli sınırlar içinde kalmadıkça kapama yapamayacak şekilde değiştirilmişlerdir. Bu değişiklik C'deki bir generatör birimini korumak için yapılmıştı, ama bu birim o sırada zaten serviste değildi. Daha önce D'deki kesicinin açmış olması, gerilim açılarını normal sınırlar dışına taşıdığından, F kesicisi açık kaldı. FG hattı yitirilince, AE hattında oluşan akımların büyüklüğü, A'daki aşırı akım rölesini çalıştırdı, aslında A noktası birbirine seri bağlı bir yönlü mesafe rölesi ile sözü edilen aşırı akım rölesi tarafından korunuyor ve hat, ancak her iki rölede çalışırsa açılıyordu. Sonradan yapılan inceleme, yönlü mesafe rölesinin kontaklarının tahrip edilmiş olduğunu ve kapalı konumda eğilmiş olduklarını ortaya koydu. Böylece bu röle sürekli arıza gösteriyor, fakat aşırı akım rölesinden sinyal gelmeyişi, koruma sistemindeki mantık devrelerini uyarmasını önliyordu. Oluşan akımlar aşırı akım rölesini de tetikleyince koruma devreleri arıza ihbarı aldılar ve E'den A'ya enerji taşıyan iki devreden birindeki A kesicisi, F kesicisinin açık kalmasından yarım saniye sonra açtı. Kesici yarım saniye sonra tekrar kapandı, derhal açtı ve bu konumda kilitlendi. Diğer devredeki aşırı akım rölesi de tetiklenmekle birlikte, yönlü mesafe rölesi normal çalıştığı için, kesicisi çalışmadı ve bu hat, devrede kaldı. Birinci mesafe rölesindeki kontakların eğiliş nedeni bir türlü anlaşılamadı.

Bu aşamaya gelindiğinde, kenti kuzey ve batıdan besleyen beş hattan dördü açılmış bulunuyordu, geriye iki kuzey devresinden birisi kalmıştı. AE hatı açınca KU hatındaki yak, 192' MW'dan sıfıra düştü. Açık olan FG hattındaki watmetre bu hataki güç akışının sıfır olduğunu gösteriyordu, fakat bu hattaki akışlar çok düşük olduğundan, Con Ed operatörü (denetim merkezindeki) onu serviste sandı. Bu sırada yöre operatörü, çeşitli kesici merkezlerindeki operatörlerden bilgi alarak, bu bilgileri sistem operatörüne aktarıyordu. F'deki kesicinin durumu da yöre operatörüne video ekranda yansıtıldı, fakat bu yoğun bilgi alışverişi sırasında yöre operatörü yan odada bulunan sistem operatörüne, F kesicisinin açık olduğunu söylemeyi unuttu. Sistem operatörünün video ekranında kesicinin durumu görünmediği için de, operatör durumu öğrenemedi, kendisi IFG hatının işletmede olduğunu, fakat çok az enerji taşıdığını sanıyordu. Bu noktadan itibaren oyların akışı birden hızlandı.

20.55-20.57 Newyork ortak enerji bölgesinin ana dağıtıcısı, Con Ed'e telefon ederek, 230 kV'lık ST hattındaki yükü azaltmasını istiyor. Bu arada işlem yarım saat geçmesine neden olacaktır.

20.58 KJ hatı açıyor, L'deki bir birim devre dışı,

20.59 Ortak bölge dağıtıcısı, Con Ed'e 400 MW yük atmasını söylüyor.

21.00 ilk yıldırım darbesinden bu yana kent içi üretim

600 MW artmıştır, ancak üretim olanakları azalmıştır.

21.01 sistem operatörü S'deki faz açısı düzenleyicisini ayarlıyor.

21.02 yük azaltma konusundaki yardım isteği tekrarlanıyor.

21.04 Bölge dağıtıcısı U'daki şirkete, elindeki bütün üretimi harekete geçirmesini söylüyor.

21.05 hâlâ IFG hattının serviste ve yüksüz olduğunu sanan sistem operatörü, maksimum üretim için alarm çağrısı çıkarıyor ve bölge ile, aşırı yüklemenin AE hattına zarar vermemesi için bu hattı açma konusu görüşülüyor. Bölge bunun daha çok sorun yaratacağını söyleyerek, yük atma önerisini tekrarlıyor.

21.06 Con Ed enerji dağıtıcısı, kentteki diğer gaz türbinlerinin çalıştırılmasını emrediyor.

21.08 FG hattının beslenmesinde bir sorun olduğu sonucuna varılarak yükü 440 MW'a düşmüş olan ST hattından sisteme enerji getirilmesi konusunda anlaşmaya varıyorlar... EM besleyicisi son 18 dakikadır KDAD limitinden 100 MW fazla enerji taşımaktadır. I²R ısınmasının önemli ölçüde artması, iletkenlerin boyunu uzatıyor ve hatlar, yere doğru giderek daha fazla sarkıyorlar.

21.15-21.08 de devreye alınan iki gaz türbini, uyarılarını sağlayan besleyici yitirildiği için devreden çıkıyorlar.

21.18 %8'lik gerilim düşümüne geçiliyor. Ortak bölge yük atmaya başlayacağını söylüyor.

21.03'ten 21.18'e kadar birkaç gaz türbini çalıştırılmıştı ve senkron hıza yaklaşıyorlardı.

21.19 23 dakika süreyle KDAD düzeylerinin üstünde yüklen-dikten sonra, 345 kV'luk AE ve EM hatları yitiriliyor. Isınma-dan doğan sarkma nedeniyle EM hattındaki bir iletken, bir ağaç ya da başka nesneye değerek topraklanıyor ve arıza oluşuyor. Hattın iki ucundaki kesiciler açıyor.

21.21 Sistem operatörü, ST bağlantısındaki yüklenmeyi, faz açısı düzenleyicisi aracılığı ile azaltmaya çalışıyor.

Çeşitli işlemlerden sonra, 21.29 S'deki faz açısı düzenleyici trafo, aşırı yüklenme nedeniyle arızalanıyor. ST bağlantısı koruma rölelerinin kesicilere kumanda etmesiyle iki uçundan otomatik olarak açılıyor. Sisteme son darbe inince, üretim ile tüketim arasındaki 1700 MW'lık açığı kapatmak için tek çare kalıyor, kent içi generatör ve türbin millerinin kinetik enerji kaybı, generatörler enerji yitirdikçe yavaşlıyorlar. Normalde 60 hertz olan sistem frekansı düşmeye başlıyor, otomatik yük atma basamaklarından geçiyor ve müşteri yükleri, büyük bloklar halinde otomatik olarak atılıyor. Sistem yükü bloklar halinde atıldıkça, hafif yükte yeraltı kablolarında oluşan kapasitif etki nedeniyle, kablolardaki gerilim yükseliyor. Bu etki, çeşitli generatörlerdeki otomatik gerilim regülatörleri tarafından algılanıyor ve regülatörler derhal, generatörlerin rotor sargılarından geçen alan akımlarını azaltmaya başlıyorlar. Eğer alan akımının kaynağı arızalanır ya da alan sargısında kısa devre oluşursa, generatörün gerilim denetleme yeteneği yitirilir ve aktif güç verme yeteneği büyük ölçüde kısıtlanır. Bu koşullar altında generatör sistemden çıkartılmazsa, bulunduğu yerde şiddetli bir gerilim düşüşü yaratılır.

O'daki generatörün alan akımının azalması, bu generatöre yoğun biçimde reaktif güç akmasına yol açıyor. Generatörün

uçlarına bağlı olan alan kaybı rölesi çalışıyor ve generatör 850 MW yük taşıdığı sırada devreden çıkıyor. Frekans düşmeye devam ettikçe normal çalışma koşullarını tamamen yitiren sistemden, teçhizatın tamamen tahrip olmasını önlemek için generatörler el ya da otomatik kontrol ile peşpeşe devreden çıkarılıyorlar.

21.36 da ikinci yıldırım düşmesi akabinde, 40 dakika içinde tüm Newyork kenti karanlığa gömülüyor.....Ve, kente aydınlatma, haberleşme, trafik, sağlık hizmetlerinin pek çoğu aksıyor. Hastanelerde yedek generatörler olduğu için hizmetler aksamıyor, fakat kan bankalarının, morgların ve besin depolarının acil sisteme bağlanmamış olmasından doğan çeşitli aksaklıklara rastlanıyor. Bütün bunlar, kendisi modern teknolojiye, teknoloji-si de elektrik enerjisine dayanan her çağdaş kentte olabilecek şeylerdir. Kesinti süresi uzadıkça önceleri birbirlerine yardım düşünen toplumun bazı kesimlerinde büyük çapta hırsızlık, soygun ve kundaklamalara girişiliyor. 1965 kesintisi, serin bir sonbahar akşamında olmuş, topu topu 96 kişi tutuklanmıştı. Buna karşılık 1977 kesintisi, işsizliğin en yoğun bir döneminde ve yazın en şiddetli sıcak dalgasına rastgeldi. Neticede ideolojik olmayan bir anarşinin pençesine düşen Newyork'ta, belediye başkanının deyimiyle, tam bir dehşet gecesi yaşandı.

Sistemin, fırtınanın etkilerine dayanamamasının başlıca nedenleri şunlardı:

1-Cen Ed'in tasarımında, kuzeyden gelen bütün ana iletim hatlarının açması hesaba katılmamıştı. Sistem bu destekten yoksun kalınca çöktü.

2-Kent içi üretim, operatöre önceden bildirilmiş olan düzeye ulaşmayı başaramadı. Reaktif güç akışının, yük atma nedeniyle oluşan gerilim düşüşleri sonucunda, teçhizatın yanlış çalışmasını önleyecek şekilde tasarımlanması gerekirdi.

3-Enerji Denetim Merkezinde, kilit enerji verilerini açık bir biçimde operatöre yansıtan bir gösterim düzeni yoktu.

Bu etkenlerin sonucunda operatör, geçmiş deneyimlerinin ve yetişmesinin ışığında, kuzeyden gelen iletim desteğinin yitirilmesi ile ortaya çıkan acil durumu karşılayacak yanıtı veremedi. Böylece işin insansal yönünden de, sistem simülatörleri ve başka yollarla, hızlı gelişen acil durumlara daha çabuk tepki gösterebilen operatörlerin yetiştirilmesi gereği anlaşılmış oldu.

Sonuç olarak diyebiliriz ki, yüzyılın başında önemsiz bir lüks sayılan elektrik kullanımı, bugün toplumun en temel ihtiyaçlarını karşılamak için zorunlu bir kaynak haline gelmiştir. Başka hiçbir enerji türü, dönüşüm, iletim ve dağıtım isteklerini anında karşılamak zorunda değildir. (I3). (I4). (I5).

Şekil-2'ye ait kodlama anahtarı: Merkez, santral, şirket, vs, isimleri aşağıdaki gibidir.

A-Millwood West

B-Buchanan South

C-Indian Point (PASNY-Con Ed)

D-Ladentown

E-Pleasant Valley

F-Buchanan North

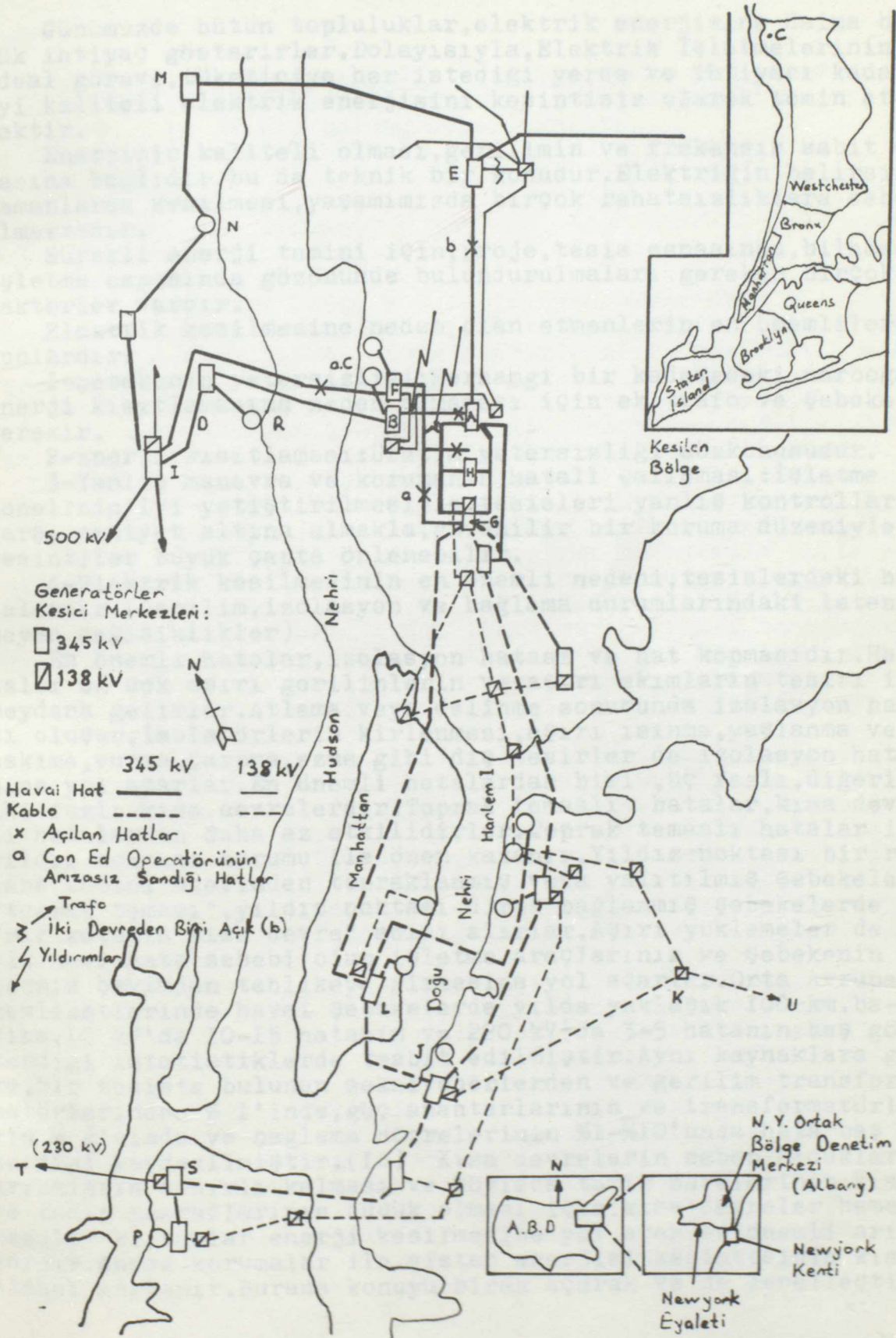
G-Sprain Brook

H-Eastview

I-Ramapo
J-Hodson Avenue
K-Jamaica
L-East River
M-Leeds
N-Roseton
O-Ravenswood
P-Arthur Kill
R-Bowline
S-Goethals
T-Linden (PSE and G)
U-Valley Stream (LILCO)

- (I3). G.L.Wikon, P.Zarakas, "Anatomy of a blackout", IEEE spectrum
C.I5, No.2 (February 1978), S.38-46.
(I4). R.Sugarman, "Newyork City's Blackout: A \$ 350 Million Drain
IEEE Spectrum, C.I5, No.II (November 1978)-S.44-46.
(I5). Time, July 25, 1977, S.I8-26, 3I-33-34, 48-49.

xxxxxxx



Şekil-2: Con Ed Şebekesi Görülmektedir.

E-Enerji kesilmesinin neden olduğu zararlar ve bunlara karşı önlemler:

Günümüzde bütün topluluklar, elektrik enerjisine daima büyük ihtiyaç gösterirler. Dolayısıyla, Elektrik İşletmelerinin ideal görevi, tüketiciye her istediği yerde ve ihtiyacı kadar iyi kaliteli elektrik enerjisini kesintisiz olarak temin etmektir.

Enerjinin kaliteli olması, gerilimin ve frekansın sabit olmasına bağlıdır, bu da teknik bir konudur. Elektrikğin belirsiz zamanlarda kesilmesi, yaşamımızda birçok rahatsızlıklara sebep olmaktadır.

Sürekli enerji temini için, proje, tesis esnasında, bilhassa işletme esnasında gözönünde bulundurulmaları gereken birçok faktörler vardır.

Elektrik kesilmesine neden olan etmenlerin en önemlileri şunlardır:

1-Şebekenin yetersizliği: Herhangi bir kademedeki darboğaz enerji kısıtlamasına neden olmaması için ek trafo ve şebeke gerekir.

2-Enerji kısıtlaması: Üretim yetersizliği söz konusudur.

3-Yanlış manevra ve korumanın hatalı çalışması: İşletme personelinin iyi yetiştirilmesiyle, tesisleri yanlış kontrollara karşı emniyet altına almakla, güvenilir bir koruma düzeniyle kesintiler büyük çapta önlenabilir.

4-Elektrik kesilmesinin en önemli nedeni, tesislerdeki hatalardır. (Gerilim, izolasyon ve bağlama durumlarındaki istenmeyen değişiklikler)

En önemli hatalar, izolasyon hatası ve hat kopmasıdır. Hatalar en çok aşırı gerilimlerin ve aşırı akımların tesiri ile meydana gelirler. Atlama veya delinme sonucunda izolasyon hatası oluşur. İzolatörlerin kirlenmesi, aşırı ısınma, yaşlanma ve eskime, vurma, çarpma, ezme gibi dış tesirler de izolasyon hatasına yol açarlar. En önemli hatalardan biri, üç fazlı, diğeri iki fazlı kısa devrelerdir. Toprak temaslı hatalar, kısa devreli hatalardan daha az etkilidirler. Toprak temaslı hatalar ise yıldız noktası durumu ile önem kazanır. Yıldız noktası bir reaktans bobini üzerinden topraklanmış veya yalıtılmış şebekelerde "toprak teması", yıldız noktası direkt bağlanmış şebekelerde "bir kutuplu kısa devre" adını alırlar. Aşırı yüklemeler de bir nevi hata sebebi olup işletme araçlarının ve şebekenin termik bakımdan tehlikeye girmesine yol açarlar. Orta Avrupa memleketlerinde havai şebekelerde yılda yaklaşık 100 km. başına, 10 kV'da 10-15 hatanın ve 220 kV'da 3-5 hatanın baş gösterdiği istatistiklerde tesbit edilmiştir. Aynı kaynaklara göre, bir tesiste bulunan seksiyonerlerden ve gerilim transformatörlerinden % 1'inde, güç anahtarlarının ve transformatörlerin % 2'sinde ve bağlama hücrelerinin % 1-% 10'unda hata baş gösterdiği kaydedilmiştir. (16) Kısa devrelerin sebep oldukları arızaların sınırlı kalması ve böylece tamir sürelerinin kısa ve tamir masraflarının düşük olması için, kısa devreler hemen kesilir ki, bunlar enerji kesilmesine yol açan en önemli arızalardır. Ancak korumalar ile sistem enerjisi kesintisizinin kısa olması sağlanır. Burada konuyu biraz açarak ve de genelleştire-

rek bir kısa devrenin neden olduğu aşırı akım korumalarına örnek olarak, şebekelerin arızalara açık teknik yönden en önemli yeri sayılan güç transformatörü ve fider korumalarını inceleyelim.

EI-Güç transformatörü ve fider korumaları: Bir güç transformatörüne transformatörün özelliklerine göre aşağıdaki korumalardan tümü ya da bir bölümü uygulanabilir.

- 1-Aşırı ısınma,
- 2-Aşırı akım,
- 3-Toprak arızası,
- 4-Tank-toprak arızası,
- 5-Diferansiyel,
- 6-Buchholz koruma.

EI.1-Aşırı ısınmaya karşı koruma: Transformatör anma gücü, öngörülen en yüksek ortam sıcaklığı üzerinde belirli bir sıcaklık artışına bağlıdır. Bu nokta üzerinde aşırı yüklemek transformatörün ömrünü azaltır. Burada kesinlikle bilinen, sargıların aşırı ısınmasına izin verilemeyeceğidir. En yüksek çalışma sıcaklığı ortalama $96-105^{\circ}\text{C}$ dolayındadır. Bunun $8-10^{\circ}\text{C}$ 'lik bir artış transformatörün ömründen çok şey kaybettirebilir.

Aşırı yüklemeye karşı "termik imaj" tekniği kullanılarak koruma yapılır. Küçük bir cep içindeki termik eleman tankın üst noktasında yağ sıcaklığının en fazla olduğu yere konur. Bu cep içinde sargıdan geçen akıma orantılı bir akımla besli ek ısıtıcı yerleştirilir. Böylece yağ sıcaklığına, çekilen yüklerle orantılı bir sıcaklık ilave edilir, sargı sıcaklığı saptanmış olur. Bu sıcaklık değeri kılcal tüpte bir kadranlı termometreye taşınır, termometrenin belirli ısı değerlerine ayarlanan kontaktlarından soğutucular otomatik devreye sokulur, alarm alınır ve transformatör servis dışı bırakılır. Şekil-4'de termik imaj rölesi görülmektedir.

EI.2-Aşırı akım koruma: Küçük dağıtım transformatörlerinde aşırı akım koruma genellikle sigortalarla yapılır ve kesici kullanılmaz. Seçilecek sigortalar transformatörün en yüksek yük akımından daha fazla akıma dayanmalı, küçük aralıklı aşırı yüklere dayanmalı ve transformatör enerjilenirken mıknatıslanma akımlarından dolayı yanmamalıdır. Bu trafolar primer rölelerle korunabilir. Bu korumada röle üzerinden transformatör tarafından çekilen akım doğrudan geçer ve ayarlanan akımda kesiciye açma komutu verilir.

EI.3-Sekonder aşırı akım röleleriyle yapılan koruma: Bu röleler akımlarını korudukları noktaya konulan akım transformatörlerinin sekonderlerinden alırlar. Her faz için bir aşırı akım ya da iki faz için aşırı akım rölesi ve nötrde bir toprak rölesi kullanılabilir (Şekil 5-6). Rölelerin çalışma akımları TR, anma akımına göre seçilir. Çoğunlukla anma akımının % 120'si alınır. Zaman gecikme süresi ise dayanma süresine bağlı olarak hesaplanır. Rölenin ayarlanan akımda çalışma zamanı mutlaka TR'nin kısa devre ve dayanma zamanının altında olmalıdır. Örnek-10 MVA gücünde, 154/34,5 kV dönüştürme oranında ve kısa devre gerilimi ya da % Z=10.5 olan Y/Y (yıldız-yıldız) bağlı bir güç transformatörünün kısa devreye dayanma zamanı 5 sn'dir.

Akım trafolarını ihtiva eden tek hat şeması şekil-7'de görülmektedir.

I54 kV tarafta güç transformatörünün anma akım değeri,

$$I_{I54} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot I54} = 37.5 \text{ Amper}$$

Trafonun biraz da aşırı yüklenebileceği gözönüne alınırsa

$I_{I54} = 40 \text{ A}$ alınabilir. Akım trafosunun dönüştürme oranı 50/5 olduğuna göre, 40 A sekonderde 4 A'e karşılık olacağından aşırı akım rölesi 4 A'e ayarlanır. I54 kV bara kısa devre gücü yönünden sonsuz alındığında, 34.5 kV'taki max. kısa devre gücü, $\frac{I0(\text{trafo gücü MVA})}{0.105 (\%Z)} = 95.2 \text{ MVA}$

I54 kV ve 34.5 taraftaki kısa devre akımları,

$$I_{I54} = \frac{95.200}{\sqrt{3} \cdot I54} = 357 \text{ A} , \quad I_{34.5} = \frac{95.200}{\sqrt{3} \cdot 34.5} = 1593 \text{ A}$$

Aşırı akım rölesinde karakteristik I0 zaman değeri için verilmiştir. Örnek zaman belirli bir akımdaki değer ile çarpılacaktır. Çalışma zaman değeri $T=I0$ alınsın.

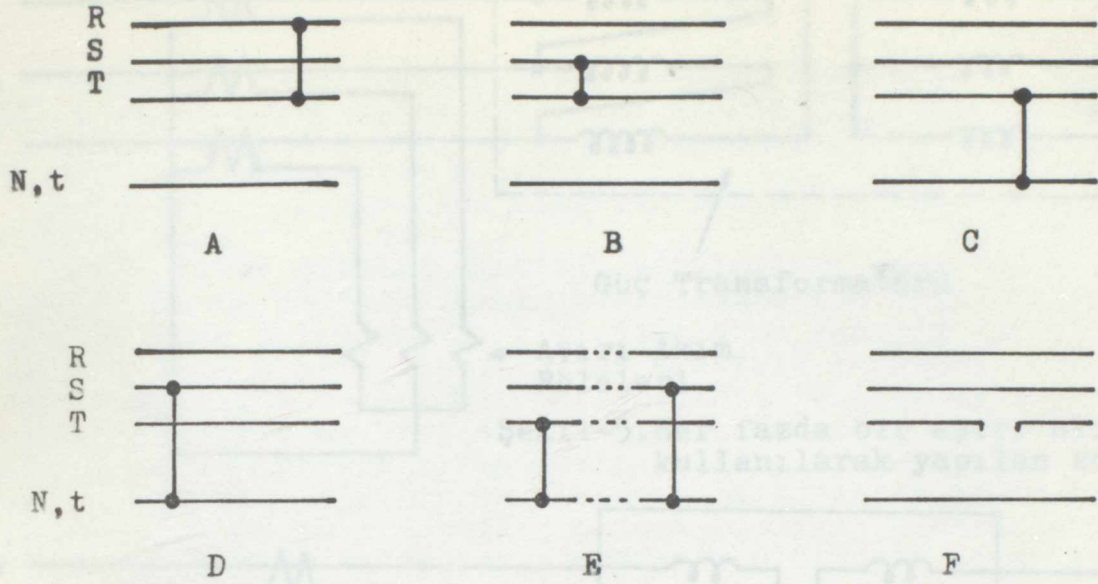
Fiderlerde çalışma akım değeri 5 Amper, zaman değeri ise $T=8$ alınsın, kısa devre akımında güç transformatörü 2,5 saniye de açacaktır. Limit 5 saniyedir. Ayrıca fiderlerden arıza geldiğinde, arızalı fider açacak TR girişindeki röle açamayacaktır, Ancak röle herhangi bir nedenle açılmaz ise yaklaşık 0,5 saniye sonra bu röle transformatörü servis dışı bırakacaktır.

Toprak röleleri de aynı mantıkla hareket edilerek ayarlanır. Ayar değerleri genellikle aşırı akım rölelerinin ayar değerlerinin $1/3$ 'ü dolayında alınır. Bu değer küçük alınırsa, akım trafolarından ve dengesiz yüklerden gelebilecek farklılıklarda, röle gereksiz çalışabilir.

Koruma büyük ölçüde güç trafolarının bağlantı gruplarına bağlıdır. Nötrü topraksız güç trafosunda toprak rölesi kullanmanın yararı yoktur. Çünkü nötrü topraksız trafoda sıfır bileşen empedans devresi açık olduğundan toprak akımı akamaz. Yalnız burada koşullu toprak koruma kullanılır. Bu tür korumada sadece akım trafoları arasında kalan bölgede olacak arızalarda çalışacağından güç trafosu sargıları korunur. (Şekil-8. Bir koşullu toprak rölesi görülmektedir.) (I6).

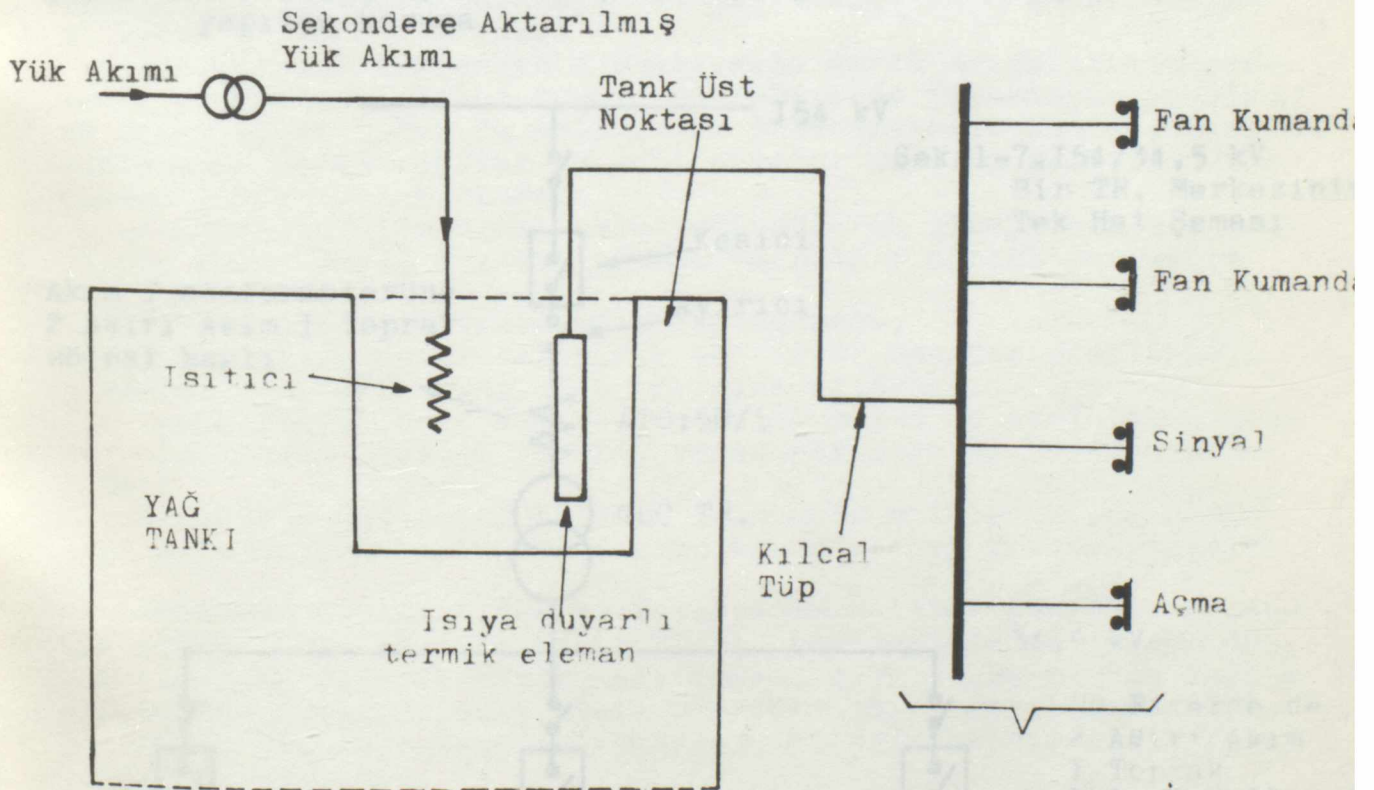
Yukarıda yapılan açıklamalardan da görüldüğü üzere toprak teması arızalarında, hatalarında sistemin derhal açması gerekmediği gibi, birçok hallerde elektrik kesilmesini gerektirmez.

(I6). Doç. Dr. Y. Müh. İlhami ÇETİN, "Transformatör", I-2. Kısım, İstanbul Teknik Üniversitesi, Gümüşsuyu-1978.

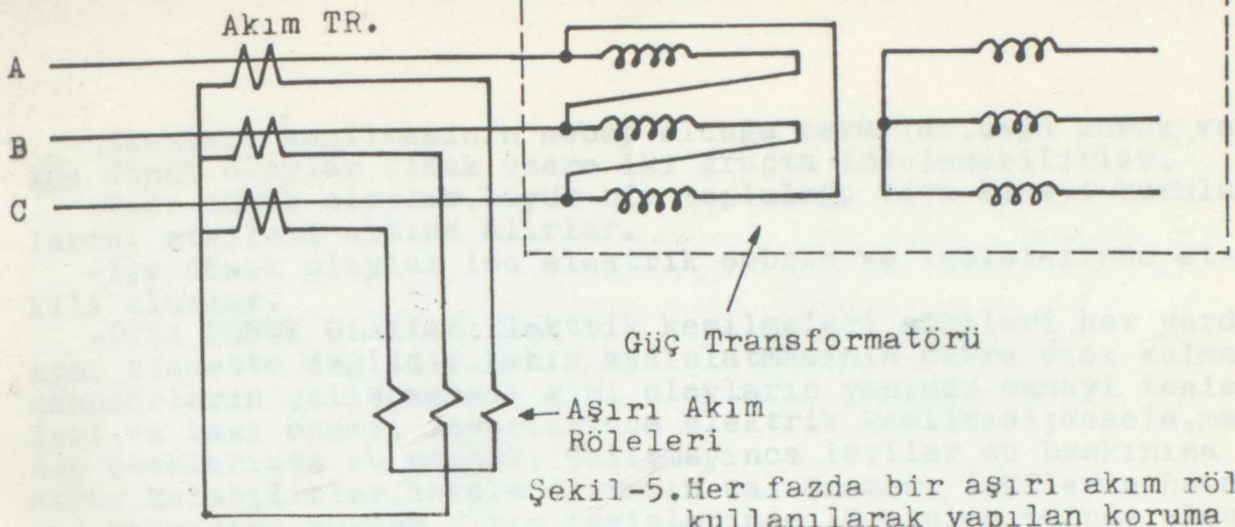


Şekil-3:En önemli hata neveleri. a) Üç fazlı kısa devre, b) İki fazlı kısa devre, c) Bir fazlı kısa devre veya toprak teması, d) Toprak temaslı iki fazlı kısa devre, e) Çift toprak kısa devresi, f) İletken kopması.

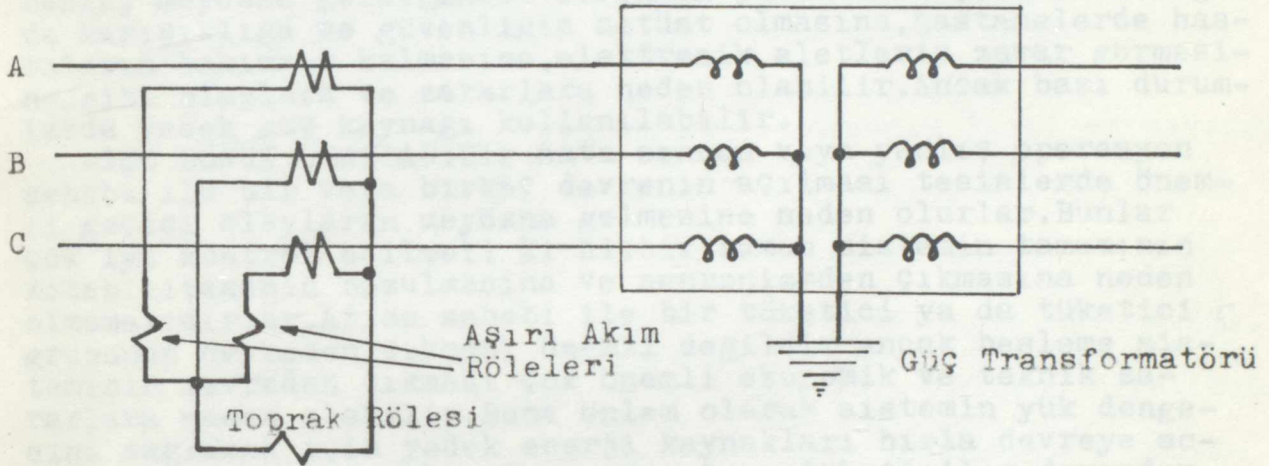
xxxxxxx



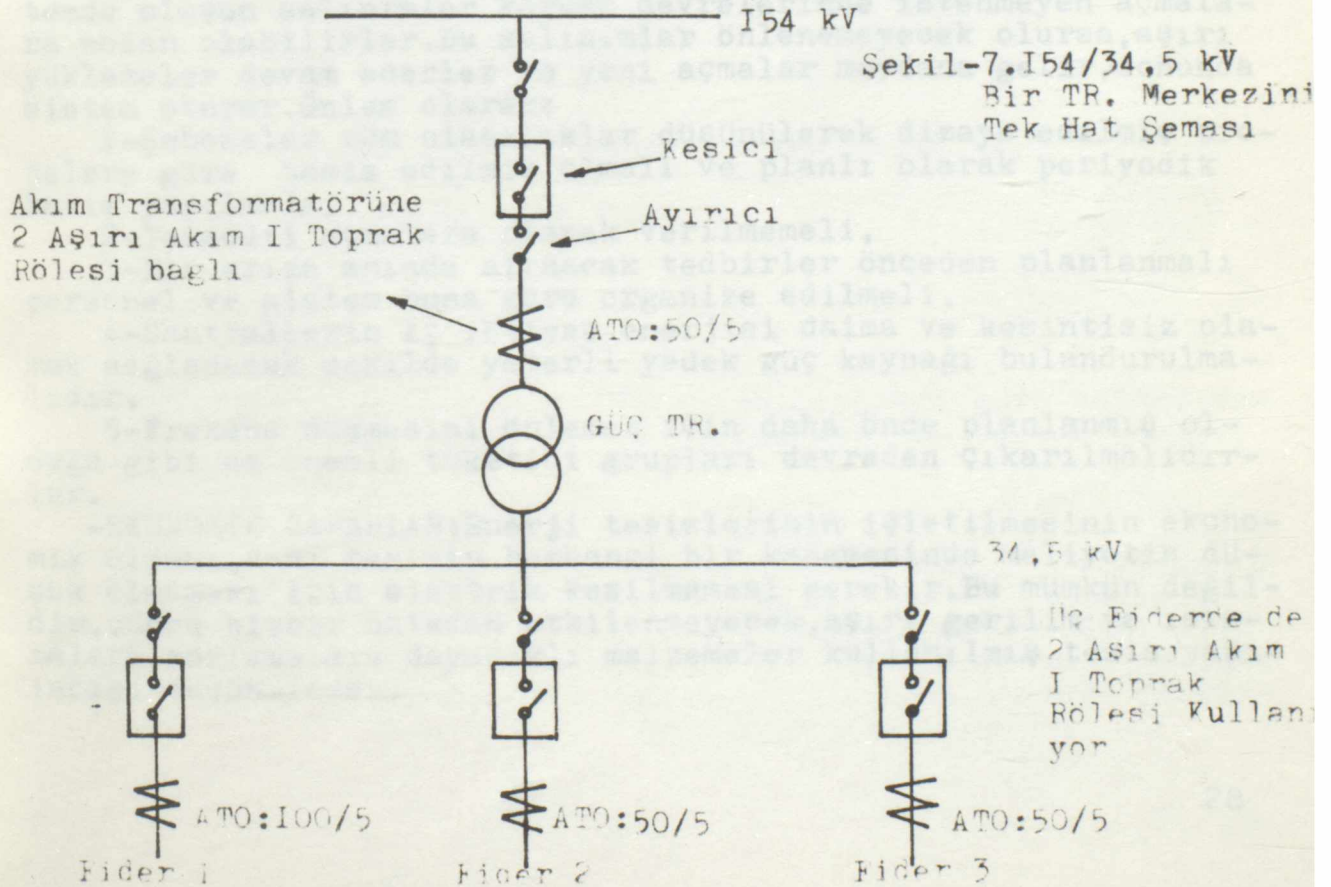
Şekil-4.Termik imaj rölesi.



Şekil-5. Her fazda bir aşırı akım rölesi kullanılarak yapılan koruma



Şekil-6. İki fazda aşırı akım, nötrde toprak rölesi kullanılarak yapılan koruma



Elektrik kesilmesinin sebep olduğu zararlar, dışa dönük ve içe dönük olaylar olmak üzere iki grupta incelenebilirler.

-Dışa dönük olaylar, büyük bir topluluğu veya sanayi kuruluşlarını etkileri altına alırlar.

-İçe dönük olaylar ise elektrik şebeke ve tesislerinde etkili olurlar.

-DIŞA DÖNÜK OLAYLAR: Elektrik kesilmeleri etkileri her yerde aynı şiddette değildir. Şehir aydınlatmasının devre dışı kalması asansörlerin çalışmaması gibi olayların yanında sanayi tesisleri ve bazı önemli işyerlerinde elektrik kesilmesi; mesela, maden ocaklarında su pompası çalışmayınca işçiler su baskınına maruz kalabilirler, havalandırmanın çalışmaması işçilerin havasız kalmasına, yüksek fırın tesislerinde 10 saniye içinde alçak basınç meydana geldiğinden fırının patlamasına, şehir trafiğinde karışıklığa ve güvenliğin altüst olmasına, hastanelerde hastaların bakımsız kalmasına, elektronik aletlerin zarar görmesine, gibi olaylara ve zararlara neden olabilir. Ancak bazı durumlarda yedek güç kaynağı kullanılabilir.

-İÇE DÖNÜK OLAYLAR: Bir hata sonucu veya yanlış operasyon sebebi ile bir veya birkaç devrenin açılması tesislerde önemli geçici olayların meydana gelmesine neden olurlar. Bunlar çok iyi kontrol edilmeli ki hiçbir zaman sistemin tamamının xstabilitesinin bozulmasına ve senronizmden çıkmasına neden olmamalıdır. Arıza sebebi ile bir tüketici ya da tüketici grubunun devreden çıkması önemli değildir ancak besleme sisteminin devreden çıkması çok önemli ekonomik ve teknik zararlara neden olabilir. Buna önlem olarak sistemin yük dengesini sağlamak için yedek enerji kaynakları hızla devreye sokulur veya önem sıralamasına göre bazı tüketiciler devreden çıkarılırlar. Burada görülüyor ki tüketicilerin önem sıralaması önceden planlanmalıdır.

Şebekelerde frekansın düşmesi, kısa devre arızalarında sistemde oluşan salınımlar koruma devrelerinde istenmeyen açmalara neden olabilirler. Bu salınımlar önlenemeyecek olursa, aşırı yüklemeler devam ederler ve yeni açmalar meydana gelir, sonunda sistem oturur. Önlem olarak:

1-Şebekeler tüm olasılıklar düşünülerek dizayn edilmiş projelere göre tesis edilmiş olmalı ve planlı olarak periyodik bakım yapılmalı,

2-Tesadüfi açmalara olanak verilmemeli,

3-Bir arıza anında alınacak tedbirler önceden planlanmalı personel ve sistem buna göre organize edilmeli,

4-Santrallerin iç ihtiyaç enerjisi daima ve kesintisiz olarak sağlanacak şekilde yeterli yedek güç kaynağı bulundurulmalıdır.

5-Frekans düşmesini önlemek için daha önce planlanmış olduğu gibi az önemli tüketici grupları devreden çıkarılmalıdır.

-EKONOMİK ZARARLAR: Enerji tesislerinin işletilmesinin ekonomik olması, yani tesisin herhangi bir kademesinde maliyetin düşük olmaması için elektrik kesilmemesi gerekir. Bu mümkün değildir, çünkü hiçbir hatadan etkilenmeyecek, aşırı gerilim ve ısınmalara, zorlamalara dayanıklı malzemeler kullanılmış tesis yapılacağı düşünülemez.

Bu şartlara göre imal edilecek malzemeler çok pahalıya çıkacağı gibi işletme özellikleri de çok anormal olur. Anlaşıyor ki elektrik sistemlerinde kesin bir emniyetin sağlanması ne mümkündür ne de ekonomiktir. Ancak şartlara göre aranacak bir optimum çözümde üretici ve tüketici tesisler için, sade işletme araçları zincirinden oluştuklarından tahminleri kolay ve basittir. Buna karşılık elektrik şebekelerinin yapıları daha karmaşıktır. Bu noktada konuyu biraz açalım ve işletme, bakım masraflarını sabit ve değişken kısımlara ayırarak enerjinin maliyet fiyatının hesabını bulalım.

Elektrik enerjisinin santrale maliyet fiyatını inceleyen bir çok klasik kitaplara göre, işletme ve bakım masrafları tesis masrafları yani sabit veya az değişken masraflar içinde düşünüldüğü halde, bazı yazarlar ve özellikle Musel tarafından bu masraflar güce ve işe bağlı olmak üzere iki ana grupta toplanırlar.

I-Güce bağlı masraflar şu kısımlardan oluşur:

I.1-Sermayeye bağlı masraflar: Sermayenin faizi sermayenin amortismanı ve itfası, vergiler ve rüsum, sigortalar.

I.2-İşletme masrafları: Genel idari masraflar, işletme ve bakım masraflarının güce bağlı olan kısmı.

2-İşe bağlı masraflar şu kısımları ihtiva eder:

2.1-Yakıt masrafları,

2.2-İşletme ve bakım masraflarının işe bağlı olan kısmı.

Bir çok haller için bu sınıflandırma şekli gayet elverişli sonuçlar verdiğinden burada bu esaslara göre maliyet fiyatının ne şekilde hesaplanacağı kısaca açıklanacaktır.

Santralin P_p kuvant gücü esas alınarak santralin iç ihtiyaç gücü P_i olarak (%) i ile gösterilirse, santral tarafından verilen en büyük güç,

$$P_{2max} = P_p + P_i = P_p (1+i) \quad P_i \text{ (iç ihtiyaç gücü)}$$

$$P_i = i \cdot P_p$$

r (santrallerde ortalama olarak genellikle kabul edilen değer = 1,2-1,3 'tür.)
 P_s (kurulu santral gücü)

$P_s = r \cdot P_p$ denklemine bağlı olarak

$$P_{2max} = \frac{P_s (1+i)}{r}$$

yazılabilir. Buna göre santralden bir yılda verilen toplam enerji,

$$A = \frac{P_s \cdot (1+i) \cdot h}{r}$$

'dır, buradaki h, P_{2max} değerine göre tayin edilmiş bir işletme süresidir. Santralin a birim tesis masrafları ve buna ait p (%) yıllık sermaye masrafları gözönüne alınarak

sermayeye bağılı masraflar,

$$\frac{a.r.p}{(I+i).h} \quad (\text{TL./kWh}) \quad \text{olur. Güce bağılı işletme masrafları ise}$$

$$\frac{c.r}{(I+i).h} \quad (\text{TL./kWh}) \quad \text{şeklinde yazılabilir, burada c, I kWh'lik tesisgücü için yılda yapılan TL. cinsinden güce bağılı işletme masraflarıdır.}$$

$$f_t = I.-TL./10^6 \text{ kcal (termik fiat)}$$

q_2 = Yükte çalışma sarfiyatı,... Santralin beher kW kurulu gücüne isabet eden özgül yük sarfiyatı (meselâ kW/kW cinsinden) B ile gösterilirse,

$$q_2 = 860.B$$

beher kWh için yüklü çalışma masrafı TL. cinsinden

$b_2 = f_t : q_2$ (TL/kWh) olur. Yüklü çalışma sarfiyatı q_2 için buhar santrallerinde 3000-5000 kcal/kWh ve diesel santrallerinde 3000-4000 kcal/kWh arasında değerler alınabilir. Üretilen beher kWh için yakıt masrafları yukarıda hesaplandığı gibi b_2 'dir.

İşletme ve bakım masrafının işe bağılı olan kısmı için d TL./kWh kabul olunursa, enerjinin maliyet fiyatı için,

$$f = \frac{r.(a.p+c)}{(I+i).h} + f_t.q_2 + d \quad (\text{TL./kWh}) \quad \text{yazılabilir.}$$

Buradan gayet açık bir şekilde görülüyor ki, elektrik sistemlerinin üretim kısmında, yakıt masrafları ile sermayeye bağılı masraflar, maliyet fiyatı içinde en büyük kısmı teşkil etmektedirler. Bunlardan birincisi işletme süresine göre çok fazla değişmediği halde sermaye masrafları zamana bağılı olarak hızla azalmaktadır. Santralin ekonomik çalışması ve enerjinin mümkün olduğu kadar ucuza mal edilmesi yukarıda görüldüğü gibi kısaca incelendi. Halbuki bir santralde öncelikle işletme güvenliğinin her nevi ekonomik düşüncenin önünde geldiğini unutmamalıyız.

I-Santralde çalışan bütün personelin hayat güvenliğinin ve sağlık şartlarının sağlanması: Bir işletmede bu anlamda güvenliği sağlamak için tesislerin mevcut yönetmelik esaslarına uygun olarak yapılması, tesislerin bütün yardımcı ve koruyucu cihazlarla donatılması ve bu esnada lüzumlu hiç bir sarfiyattan kaçınılmaması lâzımdır. Gerçekten bugün tesisolunan santrallerde şahıs güvenliğini sağlamak maksadıyla hiç bir gayret esirgenmemektedir. Onun için şimdiye kadar elde olunan tecrübeler göre insan hayatını tehlikeye sokan kazaların çoğunun, malzemenin ve teçhizatın kötülüğünden, tesislerin noksanlığından veya yönetmelik hükümlerine uymamazlıktan değil, daha ziyade işçinin kendi hatasından ve dikkatsizliğinden, bilgisizliğinden ve meslekte acemiliğinden ileri geldiği tesbit olunmuştur.

Bu yüzden gerek üretim gerekse tüketim tesisleri işletmelerinde sahis güvenliğini arttırmak maksadı ile eğitime önem vermek gerekir.

2-Enerji kaynağının düzenli ve sürekli bir şekilde,tüketicinin bütün normal ihtiyaçlarını ve hatta fevkalade hallerde normalin üstündeki ihtiyaçlarını sınırsız olarak karşılaması: Bu ikinci anlamda işletme güvenliğini sağlamak için bir kere işletmenin yedek makine grupları ile donatılması gerekir.Bundan başka tesislerin,bir arıza anında bunu tahripkâr tesislerden korumak için gerekli ihbar ve koruma sistemleri ile donatılması lazımdır.Ayrıca çeşitli tesis bölümlerinde baş gösterecek ufak tefek işletme arızalarını zamanında teşhis edip arıza anında genişlemeden bunları derhal ortadan kaldırmak ve normal işletme hallerinde duruma göre vakit kaybına meydan vermeden lüzumlu işleri yerine getirmek için gerekli teknik bilgi ile donatılmış elemanların yetiştirilmesi ve görevlendirilmesi gerekir.İşletmenin iyi bir bakıma tabi tutulması masraflı esirgemenen her nev'i tamirin yapılması yine aynı maksada hizmet eder.

Bu açıklamadan anlaşılıyor ki,iyi yetişmiş personel,her iki anlamda da işletme güvenliğini sağlamaya ve bunun devam etmesine hizmet ederler.Gerek şahsın güvenliği ve gerekse tüketicilerin enerji ile beslenmesi bakımından kusursuz olarak yapılan tesislerde işletme güvenliği teknik bakımdan otomatik olarak sağlanır.

Onun için diyebiliriz ki,tesislerde teknik bakımdan en iyi çözüm,daima ekonomik bakımdan da en iyi çözüme tekabül eder.Nitekim işletme güvenliğini sağlamak maksadı ile yukarıda belirtildiği gibi alınması gerekli önlemler,ilk anda belki bazı masrafların artmasına sebep olursa da,bu suretle teknik bakımdan kusursuz bir hale getirilmiş bulunan bir işletmede ilerde baş gösterecek olan bir çok başka masraflardan tasarruf edilmiş ve böylece işletme daha ekonomik bir duruma gelmiş olur.

Üretim Tesislerindeki ekonomik zararları şöyle irdeleyebiliriz,bir santralde birim tesis masrafı a TL/kW ve yıllık sermaye masrafları,% cinsinden p ise,bir arıza halinde,üretilemeyen beher kW için santral günde

$$m_s = \frac{a.p}{365}$$

gibi bir gelir kaybına uğrar.Eğer bir arıza sebebi ile santral enerji üretemez duruma gelirse,kesintisiz elektrik için idare yedek bir güç kaynağı bulundurmamak zorundadır. p kW gücündeki bir generatörün masrafı,

$$m_s = \frac{a.p}{365} . P' \text{ dir.}$$

Elektrik kesilmelerinin tüketicilere verdiği zarar,Şekil-10 da grafiksel olarak ifade olunmuştur.I saniyeden daha kısa süreli kesintiler herhangi bir zarara yol açmazlar,ancak I saniyelik zaman civarında egride ani bir sıçrama meydana gelmekte, ve daha uzun süreli kesintilerde zarar zamana bağlı olarak artmaktadır.

Eğer enerjinin maliyeti f TL/KWh ise, eğrinin eğimi $n.f$ değerine eşittir. Burada n , bir katsayı olup işyerindeki üretimin cinsine göre 1 n 100 arasında değerler alır. T_e ise sabit bir eşdeğer kesinti süresidir. İşletmenin cinsine göre farklı değerler alır. Örneğin, meskenlerde sıfır, büyük sanayi kuruluşlarında 30 saate varan değerler alır. Bir sanayi kuruluşunda elektrik kesilmesi halinde herbir kW bağlantı gücü için oluşan zarar,

$$m_t = n.f(t_k + T_e) \quad \text{ifadesine göre hesaplanır. Zarar eğrisinin sıçrama noktasındaki } n.f.T_e \text{ ifadesi, tüketiminin üretim gücüne ve ürünün kıymetine göre belirli bir değer alır. } n \text{ katsayısı, işletmenin belirli bir miktardaki üretiminin değerinin, bunun için sarfedilen elektrik enerjisinin maliyetine bölünerek bulunur. Bu katsayı üretimin kıymetli olup olmadığını ifade eder. Bunun değeri her bir işletme için hesap edilebileceği gibi toplam olarak ülkeler için de bulunabilir ve o ülkenin sanayileşme seviyesini gösterir.}$$

Bağlama gücü P_k (kW) olan bir işletmede T_k saat süre ile elektrik kesilirse, tüketicinin zararı,

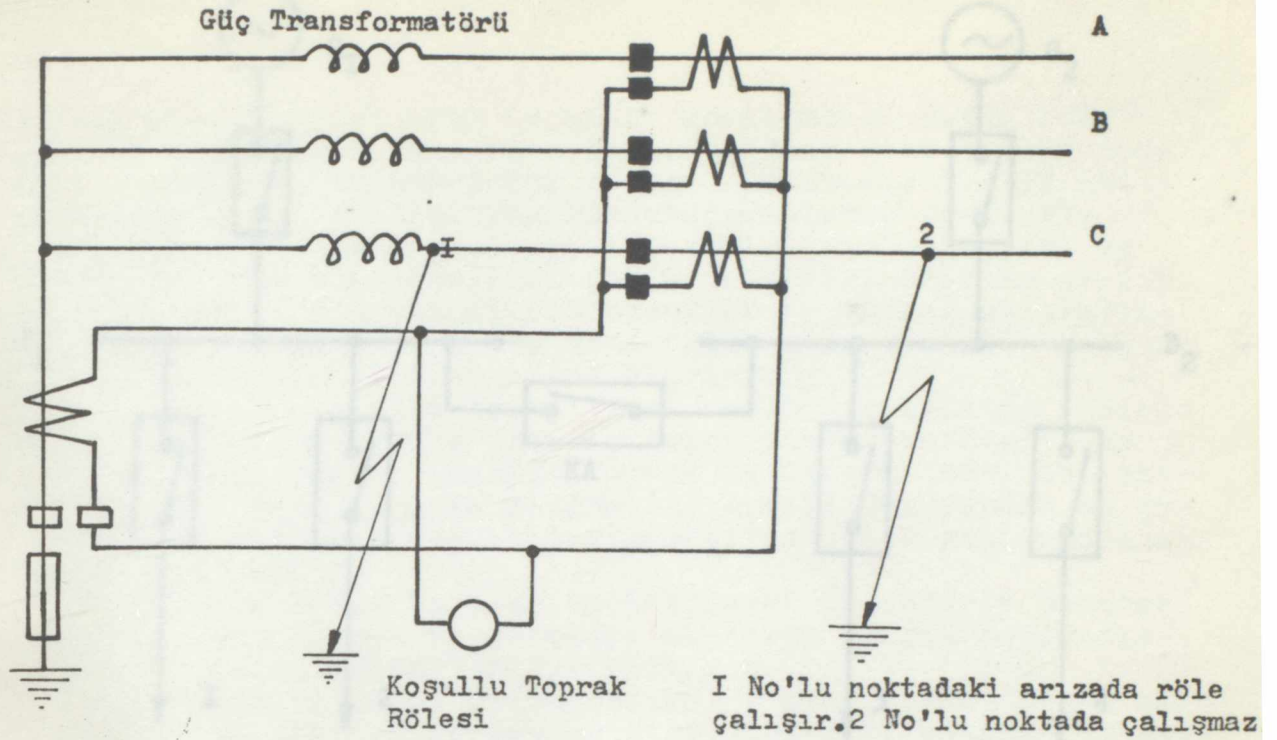
$$M_t = n.f(T_k + T_e) P_k \quad \text{denklemleri ile ifade edilir.}$$

Hata hallerinde elektrik kesilmesinin sayısı ve süresini en düşük düzeyde tutmak için özellikle yüksek gerilim şebekeleri $n-I$ prensibine göre planlanırlar. Yani şebekede mevcut n işletme aracından teker teker herhangi birinin devreden çıkışı, şebekenin en yüklü olduğu zamanda, hiç bir tüketicinin enerjisiz kalmasına yol açmamalıdır. Aksine orta ve alçak gerilim şebekelerinde bir işletme aracı devreden çıkarsa, kesintinin önlenmesi ekonomik sebeplerden dolayı mümkün değildir. Aslında bu şebekeler kesinti süresi en az olacak şekilde planlanır ve işletilirler. Elektrik kesilmesinde izin verilebilecek ve de tahammül edilebilecek süre tüketicilerin özel durumları ile yakından ilgilidir. Şekil-10'te örnek olarak bir şehir şebekesinde kesilen P_k gücüne bağlı olarak, hatanın tamiri için gerekli çeşitli tedbirler ile izin verilen kesinti süresi gösterilmiştir.

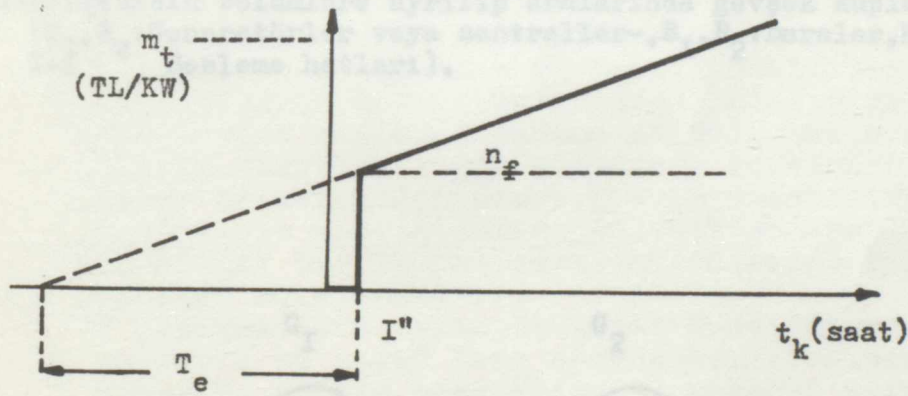
Elektrik kesilmesini önleyici tedbirler: Önleyici tedbirler sayesinde şebeke ve sistemin güvenilirliği sağlanır. Bu konuya araştırmamızın başında değinmiştik. Ancak kısaca burada da değineceğiz.

1-Konstrüktif tedbirler: Tesis ve şebekelerin daha başında yani proje safhasından itibaren iyi planlanması ve akabinde kaliteli malzeme ile montajının yapılması arızaların oluşmasını geniş ölçüde geciktirir.

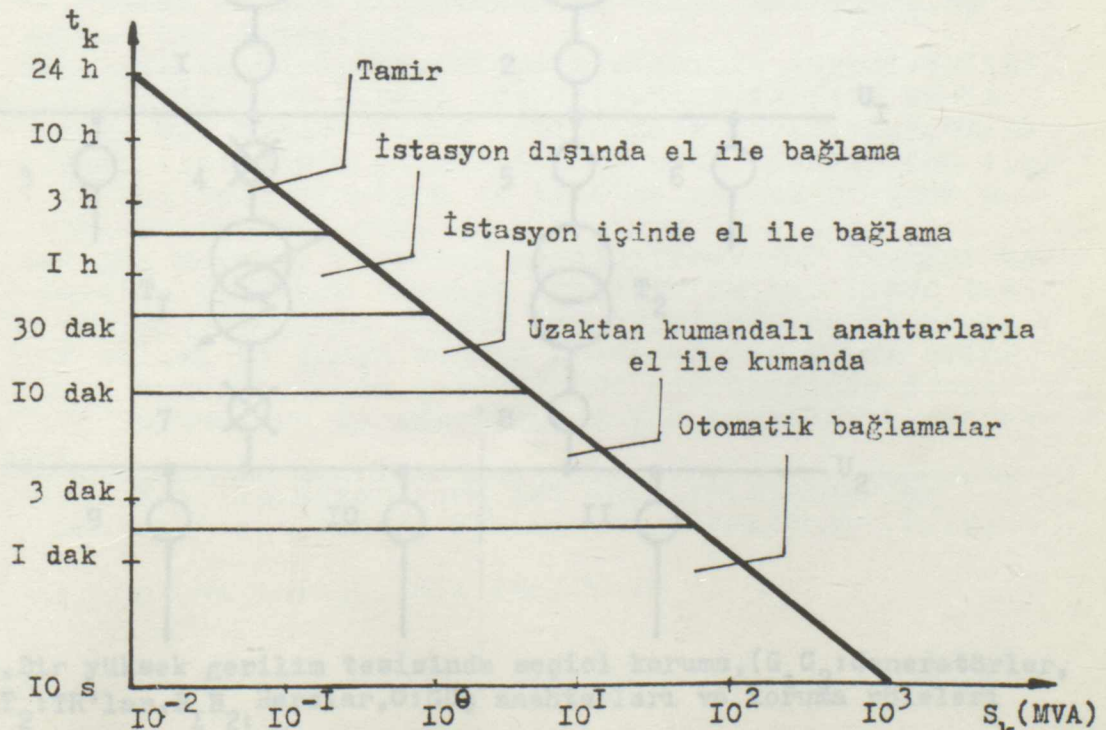
2-Tesisin yapılması ile ilgili tedbirler: Tesisin uygun şekilde düzenlenmesi arıza oranının sınırlı kalmasını sağlayabilir. Bir hata sonucu elektrik kesilmesinin genelleşmesini önlemek için tesis bir kaç ana bölüme ayrılır, fakat normal işletme esnasında tesisin sütünlüğünü sağlamak için bunlar aralarında kuplaj anahtarları ile bağlanırlar ki buna gevşek kuplaj denir. Şekil-II'de iki generatör tarafından beslenen bir tesis şeması görülmektedir. Eğer tesis bölümlerinden birinde mesela bir barada bir kısa devre baş gösterirse, kuplaj anahtarları arızasız bölümleri hatalı bölümden derhal ayırarak beslemenin güvenilirliğini ve de sürekliliği sağlanır. Ayrıca tesis-



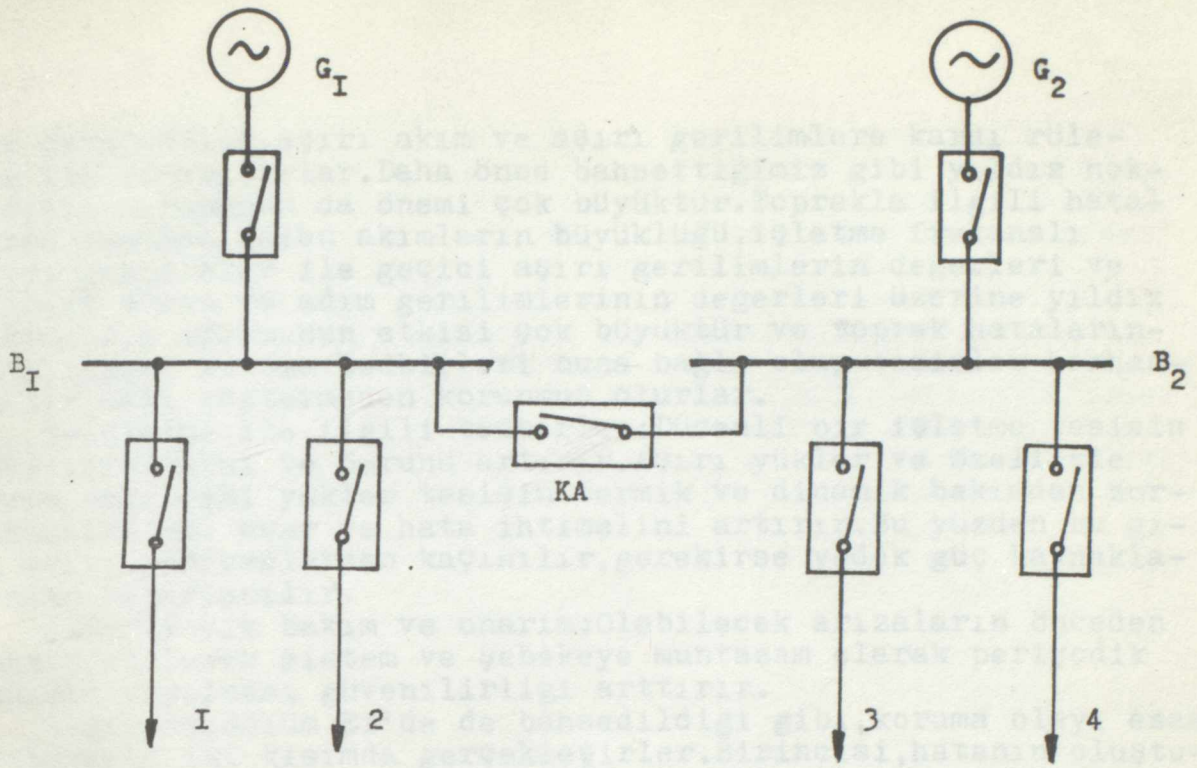
Şekil-8. Koşullu Toprak Rölesi



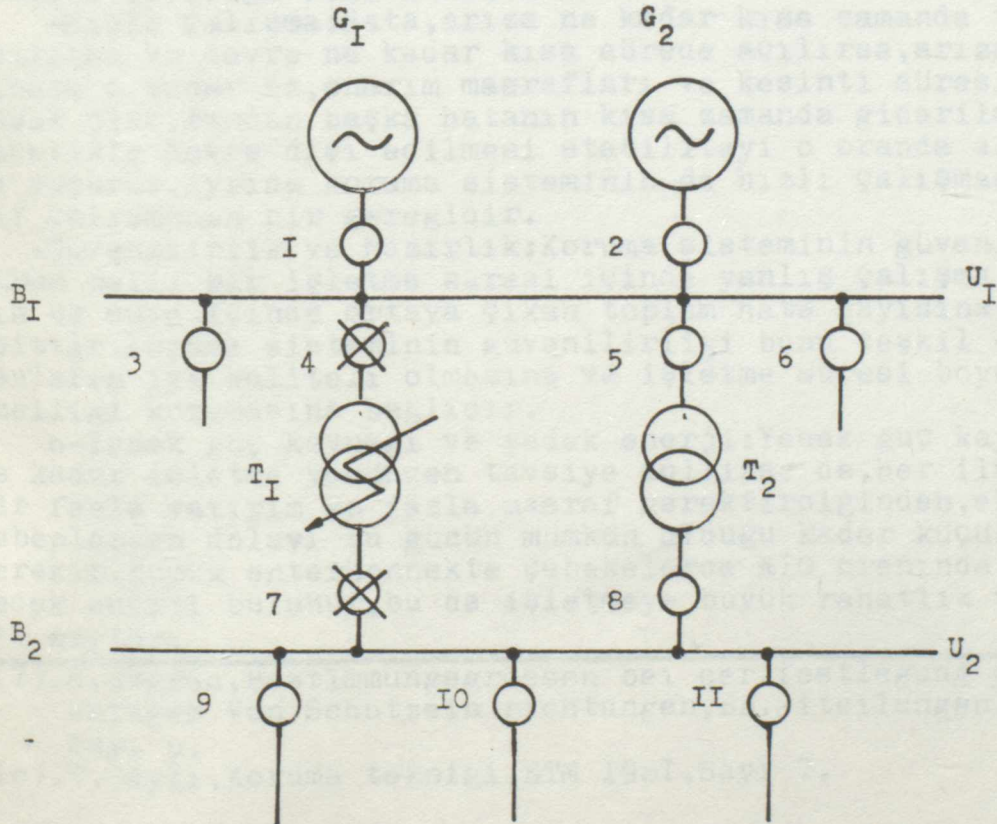
Şekil-9. Enerji kesilmesinin bir tüketici de sebep olduğu zarar.



Şekil-10. Bir büyük şehir şebekesinde bir arızadan sonra enerjinin yeniden temini için kesilen güce bağlı olarak gerekli tedbirler ve izin



Şekil-II. Tesisin bölümlere ayrılıp aralarında gevşek kuplaj yapılması
(G_I, G_2 : Generatörler veya santraller-, B_I, B_2 : Baralar, KA: Kuplaj anahtarı
I-4 Besleme hatları).



Şekil-I2. Bir yüksek gerilim tesisinde seçici koruma, (G_I, G_2 : Generatörler,
 T_I, T_2 : TR'lar, B_I, B_2 : Baralar, O: Güç anahtarları ve koruma röleleri)

ler parafudrlar,aşırı akım ve aşırı gerilimlere karşı röleler ile donatılırlar.Daha önce bahsettiğimiz gibi yıldız noktasının durumunun da önemi çok büyüktür.Toprakla ilgili hatalarda meydana gelen akımların büyüklüğü,işletme frekanslı aşırı gerilimler ile geçici aşırı gerilimlerin değerleri ve nihayet temas ve adım gerilimlerinin değerleri üzerine yıldız noktasının durumunun etkisi çok büyüktür ve toprak hatalarında alınacak koruma tedbirleri buna bağlı olup tesisler herhangibir hata göstermeden korunmuş olurlar.

3-İşletme ile ilgili tedbirler:Düzenli bir işletme tesisin güvenilirliğini ve ömrünü artırır.Aşırı yükler ve özellikle darbe halindeki yükler tesisin termik ve dinamik bakımdan zorlanmasına yol açar ve hata ihtimalini artırır.Bu yüzden bu gibi aşırı yüklemelerden kaçınılır,gerekirse yedek güç kaynaklarından yararlanılır.

4-Periyodik bakım ve onarım:Olabilecek arızaların önceden tahmin edilerek sistem ve şebekeye muntazam olarak periyodik bakımın yapılması güvenilirliği arttırır.

5-Koruma:Bölüm EI'de de bahsedildiği gibi,koruma olayı esas itibarıyla iki kısımda gerçekleşirler.Birincisi,hatanın oluştuğu işletme aracı devre dışı edilir ve diğer koruma tedbirleri alınır.İkincisi ise,arızalı bölüm devreden çıkarılarak sağlıklı tesislerin kesintisiz olarak işletmeye devam etmesi sağlanır.

Koruma düzeninden beklenen en önemli özellikler şunlardır.

-seçicilik,Koruma düzeni tarafından hatanın yeri ve nevi doğru olarak tesbit edilerek sadece arızalı tesis bölümü devreden çıkarılarak kusursuz tesis bölümleri işletmeye devam eder.Bu açıklamadan anlaşılacağı üzere,koruma düzeninin seçicilik özelliği,kesintisiz enerji temini bakımından önemlidir.Şekil-I2'de örnek olarak bir yüksek gerilim tesisinde korumanın seçicilik özelliği açıklanmıştır.

-Hızlı çalışma:Hata,arıza ne kadar kısa zamanda tespit edilirse ve devre ne kadar kısa sürede açılırsa,arızanın tahribatı o kadar az,onarım masrafları ve kesinti süresi o kadar düşük olur.Bundan başka hatanın kısa zamanda giderilmesi veya öncelikle devre dışı edilmesi stabiliteyi o oranda az tehlikeye düşürür.Ayrıca koruma sisteminin de hızlı çalışması,selektif çalışmanın bir gereğidir.

-Güvenilirlik ve hazırlık:Koruma sisteminin güvenilirliği,bunun belli bir işletme süresi içinde yanlış çalışma sayısının bu süre içinde ortaya çıkan toplam hata sayısına oranına eşittir.Koruma sisteminin güvenilirliği bunu teşkil eden elemanların iyi kaliteli olmasına ve işletme süresi boyunca bu özelliği korumasına bağlıdır.

6-Yedek güç kaynağı ve yedek enerji:Yedek güç kaynağı her ne kadar işletme yönünden tavsiye edilirse de,her ilave tesis bir fazla yatırım ve fazla masraf gerektirdiğinden,ekonomik sebeplerden dolayı bu gücün mümkün olduğu kadar küçük olması gerekir.Büyük enterkonnekte şebekelerde %10 oranında dönen yedek enerji bulunur,bu da işletmeye büyük rahatlık ve esneklik sağlar.

(17).H.Ungrad,Bestimmungsgrößen bei der festlegung des Unfages Von Schutzlein richtungen,BB.Mitteilungen,1978,

- Sayı 6.

(18).T.Çaylı,Koruma teknigi,ETM 1981,Sayı 7.

Faydalanılan Eserler

- 1-Berndt,E. and D. Wood, "An Economic INTERGRATION Of the Energy-GNP Ratio " Energy:Demand,Consarvation,and Institutional Problems,The Mit Press,LONDON 1973.
- 2-Kavrakoglu,I.Enerji Sorunu:Kısa vade çözüm önerileri Boğaziçi Üniversitesi,Bebek,İstanbul-1980.
- 3-Kavrakoglu,İ.,ve diğerleri,Türkiye Enerji Modeli,Boğaziçi Üniversitesi,Bebek,İstanbul-1977.
- 4-Mehmet Şahinoğlu,"Use of Martov Modeling in Power System Reliability Studies",Master of Science Dissertation. University of machaster Institue of Science and Tecnology England,October 1975.
- 5-Mehmet Şahinoğlu,"A Basic Reliability Study in Electric Power Systems".T.E.K.Planlama ve Koordinasyon Dairesi Yayın No.23,Haziran 1976
- 6-Mehmet Şahinoğlu,"380 kV.İletim Sistemlerinde Güvenilirlik Değerlendirmesi Çalışmaları" 1975-1976
- 7-A.D.Paton,C.Singh,M.Şahinoğlu,"Operating Considerations in Generation Reliability Modeling-An Analytical Approach" IEEE Winter Power Meeting paper No.A80-082-8,Newyork,N.Y.USA Feb.3-8 1980:IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems Vol.100,pp 2656-63,May 1981.
- 8-C.Singh,M.Şahinoğlu,"On Network Methods in Transmissi and Distribution Networks"Proceedings of the Eight Annual Reliability for the Electric Power Industry,Portland,Oregon,USA, pp.183-189,April 1981.
- 9-H.Nusret Yükseler."Elektrik Enerjisi-Ekonomi ilişkisi" Kaynak Dergisi,Sayı 33, Temmuz/Ağustos 1985,.
- 10-Hasan Hüseyin AY,TEK İletim Şeb.İşl.Dai.Başkanlığı-Eğitim D.Başkanlığı,YG Teçhizatı,1984.
- 11-E.M.O.Elektrik Mühendisliği El Kitabı,1983.
- 12-Y.Elk.Müh.Nusret Alperöz,İDMMA Yayınları,sayı:128,Enerji Dağıtım (Dağıtım şebekeleri)-İstanbul 1974.
- 13-G.L.Wikon,P.Zarakas,"Anatomy of a blackout",IEEE spectrum C.15,No.2(February 1978),S.38-46.
- 14-R.Sugarman,"Newyork City's Blackout:A \$ 350 million Drain IEEE Spectrum,C.15,No.11(November 1978)-S.44-46.
- 15-Time,JULY 24-25,1977,S.18-26,31-33-34,48-49.
- 16-Doç.Dr.Y.Müh.İlhami ÇETİN,"Transformatör",I-2.Kısım, İTÜ,Gümüşsuyu-1978.
- 17-H.Ungrad,Bestimmungsgrößen bei der festlegung des Unfages Von Schutzein richtungen,BB.Miteulingen,1978,Sayı 6.
- 18-T.Çaylı,Koruma tekniği,ETM 1981,Sayı 7.

XXXXX

