

T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK ANABİLİM DALI

128948

İŞLETME KONTROL MERKEZLERİNDE ENERJİ YÖNETİMİ

CELAL YILDIZ

128948

YÜKSEK LİSANS TEZİ


DANIŞMAN: Doç. Dr. Tankut YALÇINÖZ

T.C. NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK ANABİLİM DALI
DOKÜMANI SAĞLIKLI KÜTÜPHANESİ

Şubat 2002

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma jürimiz tarafından ELEKTRİK-ELEKTRONİK ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

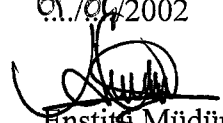
Başkan : Doç. Dr. Saadetdin HERDEM (Niğde Üniversitesi).....

Üye : Doç. Dr. Tankut YALÇINÖZ (Niğde Üniversitesi).....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ramazan AKKAYA (Selçuk Üniversitesi).....

ONAY:

Bu tez 22.03/2002 tarihinde, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun kararıyla kabul edilmiştir.

22.03/2002

Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Aydın TOPÇU

ÖZET

İŞLETME KONTROL MERKEZLERİNDE ENERJİ YÖNETİMİ

YILDIZ, Celal

Niğde Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Ana Bilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Tankut YALÇINÖZ

Şubat 2002, 58 sayfa

Enerji yönetim sistemi (EMS) yapıları, güç sisteminden ve bilgi sistem senaryolarından derin bir şekilde etkilenmiştir. Bilgisayar endüstrisi de sürekli gelişmektedir. Bunun yanında on yıldır nispeten sabit kalan güç endüstrisi, EMS geliştiricilerinin dikkatini çekecek kadar günümüzde büyük değişimler içerisindedir. Merkezi üretim, bilgi işlem, rekabet gibi yeni etkilerin ortaya çıkması kontrol merkezlerinin işleyiş şeklini ve bunun sonucunda temel yapılarını değiştirecektir.

Bu çalışmada, enerji yönetim merkezlerinin gelişimi ve kontrol merkezlerinin pratik uygulamaları araştırılmıştır. Gelecek nesil kontrol merkezlerinin özellikleri önerilmiştir.

Anahtar sözcükler : Enerji Yönetim Sistemi (EMS), Bilgisayarlı Kontrol, Optimal İşletim, Yük Dağıtımı, Kontrol Merkezleri

SUMMARY

ENERGY MANAGEMENT IN OPERATION CONTROL CENTER

YILDIZ, Celal

Nigde University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical & Electronics Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Tankut YALÇINOZ

February 2002, 58 pages

Energy Management System (EMS) architectures are deeply influenced by power system and information system scenarios. The computer industry has been evolving continuously, and the power industry, which remained relatively stable for decades, is now undergoing revolutionary changes that require the special attention of EMS developers. The introduction of new players, the decentralization of production, and competition will change the way control center operate and, consequently, their architecture.

In this study, the development of energy management systems and practical applications of control centers are investigated. The next generation of control centers is proposed.

Key Words: Energy Management System (EMS), Computer Control, Optimal Operation, Load Dispatching, Control Centers

ÖNSÖZ

Elektrik enerji sistemlerinin yapısı günümüzde enerji sektörünün özelleştirilmesi ve daha büyük bir enerji sistemine ihtiyacın getirdiği baskı nedeniyle büyümüş ve karmaşık hale gelmiştir. Özellikle enerji sektörünün özelleştirilmesi sonucu daha ekonomik olarak enerji sisteminin işletilmesi ve ucuza elektrik üretimi çok önemli konular olmuştur.

Enerji sistemlerinin yönetimi ve kontrolü, üretilen enerjinin ekonomik bir şekilde iletimini ve dağıtımını sağlamayı ve enerjinin bölgeler bazında ihtiyaca göre dağıtımını amaçlar. Enerji üreten santrallerin koordinasyonu ve bu santrallerdeki generatörlerden hangisinin devreye alınacağı, hangi santralin bakıma alınacağı, tüketim puantajının ayarlanması önemli bir konudur. Bu amaçla enerji yönetim merkezleri kurulmuştur.

Bilgisayarları kullanmanın avantajları onların hızlı, güvenilir ve doğru olmasıdır. Geleneksel senaryo içerisinde iki nesil Enerji Yönetim Sistemi (EMS) geliştirilmiştir. Bu iki nesil bilgisayar endüstrisindeki değişimleri göstermektedir. Birinci nesil EMS'ler 1970 lerin başında ortaya çıktı. Bu neslin işlemsel yapısı günümüz standartlarına göre çok pahalı ve çok düşük işlem gücü olan ana yapılar (Mainframe) üstüne kurulmuştu. İkinci nesil 1990'lardan sonra ortaya çıkan ve birden fazla küçük bilgisayardan oluşan enerji yönetim merkezidir.

Gelecekte ulusal kontrol merkezlerinin daha modern sistemlerle donatılıp Türkiye'nin enerji sistemini daha verimli ve daha az arızalı şekilde kontrol edeceği kesindir. Özelleştirmeden sonra özel sektörün verimli ve ucuz üretim prensibinden dolayı enerji yönetim sistemlerinin modernizasyonu gündeme gelecektir.

Bu tez çalışması altı bölümden oluşmuştur. Enerji yönetim sisteminin tarihçesi ve dünyadaki enerji yönetim merkezlerinden bazıları hakkında bilgi verilmiştir. Türkiye'deki Milli Tevzi Merkezi ve Bölgesel Yük Tevzi Merkezlerinden bahsedilerek, enerji yönetim sisteminde bulunması gereken öğeler anlatılmıştır. Sonuç kısmında ise gelecekte yapılması gerekli olan işlemler ve akıllı kontrol merkezlerinin nasıl bir yapıya sahip olacakları tartışılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmayı yöneten, yürütülüőü ve yazımı sırasında değerli katkılarını esirgemeyen danıőmanım Doç. Dr. Tankut YALÇINÖZ'e Őükranlarımı sunarım.

Katkılarından dolayı Niğde Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü ğretim Elemanlarına ve değerli arkadaőım M. Cafer KIRDAGL'e teşekkür ederim.

Ayrıca çalıőmamın her safhasında göstermiő oldukları sabırdan, bana verdikleri destekten ve beni yalnız bırakmadıklarından dolayı biricik kızım İremnur YILDIZ'a ve aileme minnettarım.



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
SUMMARY.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2 GÜÇ SİSTEMLERİNİN BİLGİSAYARLI KONTROLÜ.....	4
2.1 Giriş.....	4
2.2 Bilgisayar Kontrol Sistemlerinin Sınıflandırılması.....	5
2.3 Bilgisayar Kontrol Sistemlerinin Fonksiyonları.....	6
2.3.1 Veri girme ve izleme.....	6
2.3.2 Doğrudan kontrol.....	6
2.3.3 En uygun kontrol.....	7
2.3.4 Uyarlamalı kontrol.....	7
2.4 Bir Bilgisayar Kontrol Sisteminin Planlanması.....	7
BÖLÜM 3 EMS'DE FONKSİYONLAR, BİLGİSAYAR KONFIGURASYONLARI VE KONTROL AMAÇLARI	9
3.1 Bilgisayar Sisteminin Fonksiyonları	9
3.2 Enerji Sistemi İşletiminin Durumlarının Görüntülenmesi ve Sınıflandırılması.....	11
3.3 Sistem Kontrolünde Karar Vermenin Rolü.....	12
3.4 Gerçek-Zamanlı Fonksiyonlar	13
3.4.1 Otomatik üretim kontrolü (AGC)	13
3.4.2 Ekonomik yük dağıtımı (ED)	14
3.4.3 Otomatik gerilim kontrolü (AVC)	14

3.4.4 Güvenli görüntüleme (SM)..	14
3.4.5 Durum kestirme (SE)	15
3.4.6 Güvenlik analizi (SA)	15
3.4.7 Güvenlik fonksiyonlarına bir bakış.....	15
3.4.8 Çevrim içi kısa devre hesaplamaları (OSC)	17
3.4.9 Diğer fonksiyonlar.....	17
3.5 Kontrol Merkezlerinin Parçaları.....	18
3.6 Enerji Yönetim Sisteminin Yazılım Yapısı.....	22
3.6.1 İnsan-makine alt sistemi.....	23
3.6.2 Yazılım alt sistemi.....	24
BÖLÜM 4 ÇEŞİTLİ KONTROL MERKEZLERİNİN YAPISI.....	25
4.1 Giriş.....	25
4.2 PJM Bağlantı Sistemi.....	25
4.3 CEGB Güç Sistemleri.....	29
4.4 NGC'nin Enerji Yönetim Sistemi	33
4.5 ENEL Güç Sistemi.....	33
4.6 Ontario Hidro Güç Sistemi.....	39
4.7 Fransız Sistemi.....	43
BÖLÜM 5 TÜRKİYE'DE ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİ.....	47
5.1 Türkiye'de Enterkonnekte Sistemin Gelişimi.....	47
5.2 Ulusal Yük Dağıtım Sistemi.....	48
5.3 İletişim Sistemleri.....	49
5.4 Bilgisayar Sistemleri.....	49
BÖLÜM 6 TARTIŞMA VE SONUÇ.....	52
KAYNAKLAR.....	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Çevrim içi yük akışı.....	17
Çizelge 3.2 Olasılık değerlendirmesi.....	17



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Güvenli-Alıştırma fonksiyonlarının bağlantıları.....	16
Şekil 3.2 İkili bilgisayar sistemi.....	19
Şekil 3.3 Üç seviyeli geri beslemeli veri elde etme sistem şeması.....	21
Şekil 3.4 Büyük bir sistem için yük dağıtım kontrol şeması.....	22
Şekil 4.1 Bilgisayarın fonksiyonel kullanımı.....	26
Şekil 4.2 Hiyerarşi seviyeleri ve yük dağıtımı / kontrol hareketleri.....	34
Şekil 4.3 Bilgi şablonu ve fonksiyonların yerleştirilmesi.....	36
Şekil 4.4 Bir Avrupa şirketinin yük dağıtım kontrolünde haberleşme ve bilgisayar sisteminin mevcut durumu	38
Şekil 4.5 DACS sisteminin basitleştirilmiş blok diyagramı.....	42
Şekil 4.6 EDF'nin yeni gerçek zamanlı sisteminin blok diyagramı.....	44
Şekil 5.1 Türkiye'deki ulusal kontrol organizasyonu.....	49

KISALTMALAR DİZİNİ

AGC	: Otomatik Üretim Kontrolü
ASTA	: Otomatik Sistem Hata Analizi
AVC	: Otomatik Gerilim Kontrolü
BA	: Batı Anadolu
BKM	: Türkiye Bölgesel Kontrol Merkezleri
CEGB	: İngiliz Merkezi Elektrik Üretim Birimi
CPU	: Merkezi İşlemci Birimi
CRT	: Renkli Görüntüleyiciler (Ekran)
DAS	: Veri Edinme Yazılımı
DB	: Veri Tabanı
DDC	: Doğrudan Sayısal Kontrol
EC	: Acil Durum Kontrolü
ED	: Ekonomik Yük Dağıtım
EDC	: Ekonomik Yük Dağıtım Hesaplaması
EDF	: Fransa Ulusal Kontrol Merkezi
EMS	: Enerji Yönetim Sistemi
ENEL	: İtalya Ulusal Kontrol Merkezi
GSM	: Elektrik Şebekesi Sistem Yönetimi
KBA	: Türkiye Kuzey Batı Anadolu Yük Tevzi Merkezi
LAN	: Yerel Bölgesel Ağlar
LFC	: Yük Frekans Kontrolü
MMS	: Makine Yazılımı
NC	: Ulusal Kontrol
NCC	: Ulusal Kontrol Merkezi
NGC	: İngiltere ve Galler'deki Ulusal Elektrik Şebekesinin Sahibi Olan Şirket
PJM	: Pennsylvania-New Jersey-Marland Elektrik Sistemi Kontrol Merkezi
OLF	: Çevrim İçi Yük Akışı
OPF	: Optimal Yük Akışı
OS	: İşletim Sistemi

OSC	: Çevrim İçi Kısa Devre Hesapları
RC	: Bölgesel Kontrol
RCC	: Bölgesel Kontrol Merkezi
RWE	: Almanya Ulusal Kontrol Merkezi
SA	: Güvenlik Analizi
SCADA	: Uzaktan Kumandalı Kontrol ve Veri Elde Etme Sistemi
SE	: Durum Kestirme
SM	: Güvenli Görüntüleme
TC	: İletim Kontrol Merkezi
TTR	: Gerçek Zamanlı
UKM	: Türkiye Ulusal Kontrol Merkezi (Milli Yük Tevzi Merkezi)
UTB	: Uzak Terminal Birimi

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Büyük güç sistemlerinde bulunan değişkenlerin sayısı, işletilecek verinin büyüklüğü ve karmaşıklığı gün geçtikçe artmaktadır. Kontrol ve ölçümün yapılmasında çok büyük zorluklar olduğu göz önüne alınmalıdır. Enerji sisteminde alınacak kararların çeşitliliği o kadar karmaşıktır ki; bilgisayarların kullanımı bu tür sistemin kontrolü için doğal bir seçim olmaktadır. Kontrol denetleyicilerinin yerini bilgisayarlar aldığı veya bilgisayar bu tür bir işlem için kullanıldığında o işlemin bilgisayar kontrollü olduğundan bahsedilir.

Bilgisayarın ilk kullanım alanlarından birisi, örneğin Merkezi Elektrik Üretim Kurumu (UK, Central Electricity Generating Board) (CEGB) santrallara kömür madenlerinden yakıt transfer etme maliyetini en aza indirmek için lineer programlı bir paket program kullanmışlardır (Mariani ve ark., 1997). İngiltere ve Gallerdeki ulusal kömür kurumu, CEGB'nin santrallarında kullanılmak üzere, değişik kömür ocaklarından, değişik kalitedeki kömürleri bazı santrallarda yanmaya elverişli olacak şekilde üretmekteydi. Kömür fiyatları da çok değişti. CEGB şirketi yakıtın transfer ücretini ödediğinden transfer maliyetinin optimizasyonu, istasyonlardaki ürün maliyetini tayin etmek için önemliydi.

Enerji yönetim merkezlerinde muhtemelen en fazla kullanılan bilgisayar programı, Ekonomik Yük Dağıtım Programı olarak bilinirdi. Bu, her bir işlem periyodunda her saatte herbir santral tarafından üretilen kWh miktarını ve maliyet ve yakıt tüketiminin miktarını belirler. Temel data olarak, ısı oranları, sistemin farklı kısımları için her bir saatte ihtiyacı olan yük miktarı ve iletim hattının maksimum taşıyacağı güç, bir arıza sonrası gerekecek üretim miktarı, her bir istasyonun yakıt maliyetini verir. Fakat bulunan sonuçlar kaynakları planlamak ve bütçe oluşturmak için yeterli değildir. Çünkü yakıt fiyatlarındaki değişimin etkisi ile hesapların tekrar yapılması gerekir. Geniş ve kompleks iletim hatlarıyla özellikle maksimum kapasitede kullanıldığında operatör için, yük akışının güvenilirliğini hesaplama veya eğer devre açıksa yük akışının sonucu yük dağıtımını tahmin etmek zordur. Bu, özellikle eğer hat hızlı bir şekilde geliyorsa ve yeni

devreler veya yeni alt istasyonlar mevcut devrelerin yerini alıyorsa zordur.(Wood ve ark., 1996)

Bu problemi çözmek için ilk girişim, gerçek güç akışının olduğu hatların analog değerlerini kullanan hibrid-analog bilgisayar kullanımınıdır. Her beş dakikada okunan değerler sabitlenir ve daha sonra bilgisayar devre dışı kalan hatların etkilerini hesaplar ve sistemden ayrılan hat nedeniyle geri kalan hatlar daha fazla yüklenmektedir. Eğer bu ardışık yüklemeler hat kapasitesini aşırsa alarm verilir. Sonuçlar tatmin ediciydi. Böylece, gelişmekte olan hatların en önemli dezavantajı donanımın çoğu zaman servis dışı olmasından dolayı bilgisayar programı sürekli değiştirilmek zorunda kalınmasıdır.

Dijital bilgisayar programı bu nedenle tahmin edilebilir güvenli çalışmaları yapmak için geliştirilmiştir. Sistem sabitlerinin ve konfigürasyonlarının temel verileri bilgisayarda depolanır. Her bir çalışma için sistemdeki her düğümdeki güç iletimi ve sistem konfigürasyonundaki normalden farklı değişimler bilgisayara yüklenir. Bunlar normal yük akışı ve herhangi bir hat arızasının ardından ardışık akışlar hesaplanır. Her bir düğümden beslenen hataların eklenmesiyle, kısa devre seviyeleri de üretilir.

Tümüyle bilgisayarla donatılan yük dağıtım programı birçok ülkenin enerji sisteminde kullanılmaktadır. CEGB kuruluşu, 1980'lerde 1619 MW'lık toplam kapasiteli 31 üretim gruplu, 5 termal santral içeren enerji sisteminin bir bölümünün yük dağıtımını, merkezi bilgisayar yardımıyla tümüyle otomatik olarak gerçekleştirdiler. Bu bölüm, iletim hattının kontrolüyle ve devrenin geri kalan kısmından ayrılarak işletildi ve sonuçlar çok tatmin ediciydi. Bununla birlikte, elle yapılan dağıtımla karşılaştırıldığında ekonomik olarak önemli bir gelişmenin olmadığı gözükmekteydi.

Bu nedenle, bilgisayarlar çeşitli kontrol amaçları için kullanılmadan önce önemli sayıda merhalelerden geçmek gereklidir. 16 Avrupa ülkesinde, güç sistemlerindeki bilgisayarların uygulamalarına uyarlanmış bir incelemede bir çok ülkenin devrenin açma-kapama olayının etkilerinin analizi için çevrim dışı bilgisayar gereçlerini tedarik ettikleri ve çevrim içi ile işletme durumunun 1967'ye kadar geliştirilmediği gösterilmiştir. Bu incelemede ele alınan Avrupa'daki sistemlerin bazı büyüklükleri göz önüne alındığında bu sonuç önemlidir. Örneğin, araştırma yapıldığında Britanya'nın maksimum ihtiyacı 41800 MW, Doğu Almanya'nın 25700 MW, Fransa'nın 20000 MW'idi. (Dy Liacco, 1975)

Karmaşık ve çok değerli aygıtlardan olan dijital bilgisayarlar, karmaşık sistemlerin analizinde yük dağıtımı yapan, operatöre tavsiye veren ve yardım eden bir cihazdır. Gelecekte dijital kontrolün daha yaygın olarak kullanılacağı düşünülürse, bir sonraki safhada enterkonnekte güç sistemlerinin kontrolleri göz önüne alınmalıdır.

Bu tezde enerji yönetim sistemlerinin gelişimleri ve farklı ülkelerdeki uygulamaları incelenmiştir. Enerji yönetim sisteminin yapısı ve işleyişi ayrıntılı olarak incelenmiştir. Türkiye'deki yük tevzi merkezinin çalışması ayrıntılı olarak verilmiştir. Sonuç olarak enerji yönetim sisteminin gelecekte nasıl bir işlevi olacağı tartışılmıştır.



BÖLÜM 2

GÜÇ SİSTEMLERİNİN BİLGİSAYARLI KONTROLÜ

2.1 Giriş

Bilgisayarları kullanmanın avantajları onların hızlı, güvenilir ve doğru olmasıdır. Toplama, çıkarma, çarpma ve bölme gibi temel işlemler bilgisayarlarla yapılabilir. Bu sebepten herhangi bir işlemin kontrolünün sayısal bilgisayarlar tarafından başarılabileceğini düşünmek uygun olacaktır. Bununla beraber genel amaçlı sayısal bilgisayarlar, kontrol uygulamaları için uygun olmayacaktır. Bunun sebebi; dış dünyayla iletişim yeteneklerinin kullanılan giriş-çıkış cihazlarının tipleriyle sınırlı olmasıdır. Üstelik bilgisayarın, sistemin kendi zaman sabitiyle karşılaştırıldığında çok küçük zaman periyotları içinde bir kontrol komutunu kullanması için gerekli olan işlemleri gerçekleştirmesi gereklidir. Güç sistemlerinde bilgisayar kontrol yeteneğinin en önemli avantajları aşağıda verilmiştir:

- Daha fazla verim, güç ve güvenilir şebeke izleme ve hızlı cevaplı kontrol hareketleri ile yayılmış güç sisteminin verimli işletimini sağlama,
- Optimal işletim ve kontrol
- Güvenirliliği artırma ve koruma
- Üretimin yüke göre hızlıca değiştirilmesi

Enerji Yönetim Sistemi (EMS) yapıları güç sisteminden ve bilgi sistem senaryolarından derin bir şekilde etkilenmişlerdir. Bilgisayar endüstrisi devamlı bir değişim içerisinde. Bunun yanında on yıldır nispeten sabit kalan güç endüstrisinde EMS geliştiricilerinin dikkatini çekecek kadar günümüzde büyük değişimler içerisinde. Merkezi üretim, bilgi işlem, rekabet gibi yeni etkenlerin ortaya çıkması kontrol merkezlerinin işleyiş şeklini ve bunu sonucunda temel yapılarını değiştireceklerdir.

Bugün, elektrik güç şirketi endüstrisi iş ve işletim ihtiyaçlarını değiştirme kapasitesine sahip kontrol merkezlerine ihtiyaç duyarlar. Bu, tasarım yardımıyla yaşam devrinin verimli maliyet desteklemesi sağlayan sistem için bir ihtiyaca yol açar.

2.2 Bilgisayar Kontrol Sistemlerinin Sınıflandırılması

Kontrol iki şekilde yapılabilir. Bunlardan biri; bilgisayar oluşan yeni duruma bağlı olarak denetleyicinin bazı özelliklerini değiştirir. Yada bilgisayarın kendisi denetleyici gibi davranır ve doğrudan işlemi kontrol eder. Bu tipe Doğrudan Sayısal Kontrol (DDC) denir. Bilgisayar kontrol sistemlerini aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz. (Joyanta ve ark., 2000)

- Donanımın kendisine bağlı olarak; Analog, Sayısal, Hibrit (Analog + Sayısal)
- Konfigürasyon modları

Çevrim dışı: Bilgisayar, insan yardımıyla yapılan işlem ile ilgili bilgiyi alır ve elde edilen sonuçları bir operatör vasıtasıyla uygular.

Çevrimde: Operatör hızlı bir şekilde veriyi işlemciye girebilir ve klavye yardımıyla doğrudan bilgisayara girebilir.

Çevrim İçi: Bir çevrim içi sistem, insan olmaksızın verinin alınabildiği, fiziksel olarak işlemciye bağlı olan sistemdir. Mümkün olan iki tür işletim modu vardır:

Açık döngü: Bilgisayara giriş çevrim içidir ve çıkış operatör vasıtasıyla işlemciye uygulanır. Operatör bilgisayar çıkışını yorumlar ve sürece uygun olan kalıcı kontrol parametrelerini uygular.

Kapalı döngü: Kontrol hareketleri doğrudan anlaşılabilir bir şekilde işlemciye iletilir.

Bilgisayar sistemlerini aşağıdaki gibi gruplayabiliriz.

Gerçek Zamanlı: Gerçek zamanlı bilgisayar sistemi, verilerin alındığı onların işletildiği, uygun hareketlerin yapıldığı veya sonuçların o anda ortamın fonksiyonel olarak etkilendiği kontrol altındaki işlemeiden çok daha hızlı bir şekilde geri döndürülerek ortamın kontrol edildiği sistem olarak tanımlanabilir. Kontrol bilgisayarlarının çoğu gerçek zamanda çalışır.

Zaman bölüşümlü: Bilgisayar bir zamanda sadece tek bir görevi gerçekleştirebilir veya çoklu bilgisayar görevleri arasında zaman bölüşümlü olarak gerçekleştirebilir.

Çoklu bilgisayar konfigürasyonu: Birden fazla bilgisayar sistemde kullanılabilir. Çoklu bilgisayar konfigürasyonlarının bağlantı yöntemine, fonksiyonlarına, paralel veya yük bölümlendirmeye, tek ve çift yönlü bağlantıya v.s bağlı olarak farklı tipleri vardır.

2.3 Bilgisayar Kontrol Sistemlerinin Fonksiyonları

Bir kontrol bilgisayarı, genel bilgisayarlardan ve bilimsel bilgisarlardan birçok farklı özelliklere sahip olmak zorundadır. Süreç kontrol bilgisayarların belirleyici özelliği Merkezi İşlemci Birimi (CPU), ana hafıza, veri yolu, giriş-çıkış işlemcileri, büyük hafızası, depolama araçları ve video sistemidir.

Süreç kontrol sistemlerinde bilgisayarlar, birçok çevrim dışı uygulamaların yanında aşağıdaki görevleri de yürütürler.

- Veri girme ve izleme
- Doğrudan kontrol fonksiyonları
- En uygun kontrol
- Uyarlamalı kontrol

2.3.1 Veri girme ve izleme

İzleme, değişik ölçü aletlerinden okunan değerlerin kabulünü bunun yanında denetleme sayısının uygulanmasını örneğin çapraz denetlemeyi ve ayrıca onların uygun işletimini sağlamak için mutlak değerlerin mantıklı sınırlar içerisinde olmasını denetlemeyi ihtiva eder. Çevrim içi işlemci ardışıl olarak bütün noktaları gözlemler, onların durumlarını izler, alarmı harekete geçirir, sınırlar aşıldığında rölelerin durumunu gözlemler. İzleme işlemi, göstergeler, ekranlar, ışıklar ve kayıt ediciler yardımıyla yapılabilir. Veri girme ve izleme sistemi sensörleri, tarayıcıları, filtreleri, yükselticileri, karşılaştırıcıları, göstergeleri, alarmları, ekranları teyp ve yazıcı gibi kayıt etme cihazlarını ihtiva edebilir.

2.3.2 Doğrudan kontrol

Merkezi bilgisayar kontrolü altında olan fonksiyonlar yük frekans kontrolü ve jeneratör gerilim regülasyonudur. Kademe değiştirme, kapasite anahtarlama, yükü azaltma gibi diğer kontroller bölgesel röleler, regülatörler veya bu iş için kullanılan mini bilgisayarlar tarafından yapılır.

2.3.3 En uygun kontrol

Denetleyiciler üretim maliyetini veya işletme maliyetini optimize eder. Güç sistemindeki bazı optimal kontrol fonksiyonları, hidrotermal ekonomik üretim programlama, optimum yük dağıtımı ve ekonomik yük dağıtımı, yük azaltma en iyi grup belirleme gibi fonksiyonlardır.

2.3.4 Uyarlamalı kontrol

Bu, temel ölçülen performanstaki çevresel değişikliklerin cevabında sistem parametrelerini değiştirme yeteneğini belirtir. Bu kontrol, verilen herhangi bir zamanda santralin performansını belirlemekten ibarettir. Sistem parametrelerini ve değişik kontrol çıkışlarını değiştirerek santralin daha iyi çalışmasını sağlar. Kısaca, modeldeki optimal kontrol sayesinde modelin parametreleri belirlenir. Böylece gerçek işlem değerleri ve tahmin edilen değerler arasındaki sapmayı minimuma indirir. Sonuçta oluşan düzeltmeler optimal kontrol modelinde uygun terimlere uygulanır. Bununla birlikte, sadece uyarlamalı kontrol fonksiyonu bugün Yük Frekans Kontrolü'nde (LFC) kullanılmaktadır.

2.4 Bir Bilgisayar Kontrol Sisteminin Planlanması

Bir bilgisayar kontrol sisteminin planlanması için gerekli olan çeşitli adımlar şunlardır:

- Problemin tanımlanması
- Sürecin ön hazırlık çalışması, ekonomik yapılabirlik çalışması
- Fonksiyonel özellikler nesnelere seçimi
- Ayrıntılı özellikler, donanım, yazılım gereksinimleri
- Simülasyon ve uygulama

Dikkatli planlama, bilgisayar kontrolünün başarılı yüklemesi için gereklidir. Her bir planın birinci evresi yönetim eğitimidir. Bu, doğru bilgisayar uygulamaları ve özelliklerini oluşturmak için biçim olarak süreci anlayan proje çalışması evresi izleyebilir. Bu, teknik ve yönetsel proje açısından, bilgisayar için özelliklere son biçimini vermeyi, giriş-çıkış arabirimleri, kendine özgü özellikler ve eklenen enstrümanların özelliklerini belirlemeyle son bulur.

Öncelikle, yapılabirliğin değerlendirilmesi ve çevrim içi kontrol bilgisayar düzeninin ekonomik olması gereklidir. Bu, birçok yolla yapılır. Bir çevrim dışı bilgisayar; varolan

işlem modelinin temelini ve santralin performans kaydını ayrıntılı belirtmek için kullanılır. Kontrol amaçlı çevrim dışı bilgisayar kullanımının değerlendirilmesini kolaylaştırmak için ilk adım olarak başvurulabilir. Bu sürecin bağımsız olarak çalışmasını sağlar ve yaklaşık kontrol işlemlerinin verilerini uzaktaki bilgisayara ulaştırır. Bunlar, santrale manuel olarak iletilir ve uygulanır ki; bütün işlem her yarım saatte bir tekrar edilmiş olsun. Bu, hatta bağlı kontrol özelliğinin güvenilir olarak belirtilmesidir.

Son çalışan sistem kompleks olduğunda, uygun proje seçilmeden ve işleme konulmadan önce bilgisayar kontrol sisteminin uygun çalışmasını belirlemek gereklidir. Dijital ve hibrid bilgisayar simülasyon tekniklerindeki avantajlar, içeriklerini modelleme, tahmin edebilme, sistemi tanımlama, optimizasyon ve Monte Carlo gibi simülasyonları kullanıcıya sağlar. Monte Carlo simülasyonu, güvenli değişik işletim durumları ve farklı şartları için çeşitli alternatifler sunmak için geniş bir simülasyon elde eder. Bu çalışmaların sonucu olarak amaçlarımıza uygun ekonomik sonuçlara varılır. (Mariani ve ark., 1997)

BÖLÜM 3

EMS'DE FONSIYONLAR, BİLGİSAYAR KONFIGURASYONLARI VE KONTROL AMAÇLARI

3.1 Bilgisayar Sisteminin Fonksiyonları

Geçmişte, operatörler yük dağıtımını üretme, yönetici kontrol ve işletmenin problemleri için hergün ve hatta dakikalar içinde çözümler üretmek gibi ağır rollere sahipti. Operatör, yüz yüze kaldığı problemin doğası hakkında küçük bilgiye sahipti ve bu yüzden karar verme işlemi kafasını karıştırabilirdi. (Prabhakara ve ark., 1996) (Zadeh ve ark., 1996)

Yıllar boyunca, üretim kontrolünde geleneksel, analog sistemden direk dijital-analog sisteme ve sonuç olarak tamamen dijital kontrol sistemine doğru yenilikler yapıldı. Benzer şekilde, yönetici kontrol sistemi de yavaş yavaş gelişti. Böylece, iki tip dijital bilgisayar kontrol durumuna gelindi. Bunlar; yük dağıtım bilgisayarı ve yönetici kontrol bilgisayarıdır. Dijital telemetri, analog telemetri yerine kullanılmaya başlandı. Keza, elle yapılan kayıt ediciler, kayıt defterleri, işaretlemeler yerine ekranlar kullanılmaya başlandı. Bununla birlikte enerji sisteminin izlenmesi ve kontrolü bazı sınırlamalara sahiptir.

Sistemin güvenlik fonksiyonlarının ilavesi kontrol merkezinin faaliyet alanında önemli değişiklikler meydana getirir. Bu faktör gerçek zamanlı bilgi gereksinimlerinde, miktar ve bilgi işleme uygunluğunda, bilgisayar konfigürasyonunda ve elle yapılan işlemlerde radikal değişikliklere neden oldu. Fonksiyonlar tamamen otomatik olarak yani bilgisayar iletişim sistemiyle bilgi elde etme, doğru görüntüleme, bilginin kayıt edilmesi veya kısmen elle kullanım durumlarını içerir. (Mariani ve ark., 1997)

Bilgisayar iletişim sistemlerinin ana fonksiyonu; enerji sisteminde gerçek zamanlı elektrik miktarını bulmak, onları operatörlere göstermek, fonksiyon gereksinimleriyle uyumlu bu miktarların ayrıntılarına değinmek ve gerekli komut bilgilerini iletmektir. Bilgi toplanması, bilgi elde etme görev periyodu olarak da bilinen bazı ikinci periyotların içinde

yapılır. Toplanan çeşitli elektriksel değerler şunlardır; transformatörlerdeki ve iletim hatlarındaki aktif ve reaktif güçler, jeneratörlerde üretilen aktif ve reaktif güçler, baraların gerilimleri ve frekansları, kesiciler ve ayırıcıların durumu, açık veya kapalı olması gibi değerlerdir. Bunlar ekranlarda yada tablolarda gösterilir. Ayrıntılı olarak istenen bu fonksiyonlara ağ durum tahminleri denir. Komutlar jeneratörün üretiminin yükseltilmesini veya alçaltılmasını kesicilerin açık veya kapalı olmasını sağlar.

Fonksiyonlar; “çevrim içi” veya “gerçek zamanlı fonksiyonlar” ve “çevrim dışı” veya gecikmiş zamanlı fonksiyonlar” olarak sınıflandırılmıştır. Birinci tipin bir örneği bilgi elde etme ve görüntülemenin yanında uzaktan kontrol etmedir. Bu fonksiyonların tamamına SCADA (Uzaktan kumandalı kontrol ve veri elde etme) denir ve bu sistemler 1950 ve 1960 da Avrupada ve Amerikada uygulanmıştır. İkinci tipin bir örneği soñ durum inceleme analizi ve günlük haftalık v.s. programdır.

Çevrim dışı fonksiyonlar, çoğu kez birbiriyle bağlantılı olan çevrim içi sistem vasıtasıyla bilgi besleyen bir bilgisayar sisteminde yapılır. Modern merkezi kontrol sistemine bir göz atarsak; 1970’lerden bu yana bütün dünyada kurulduğunu görürüz. Gerçek zamanlı özellikler ve fonksiyonlar aşağıda belirtilmiştir.

Gerçek Zamanlı Özellikler;

- Bilgisayar sistemlerinin birçok safhasından ibaret hiyerarşik yapı
- Gerçek zamanlı ikili işlemler veya gerekenden fazla olan çoklu işlemler dizini
- Yüksek hızlı dijital telemetre ve veri elde etme donanımı
- Elektrik miktarlarının farklı yerlerde ölçümü
- Birbiriyle bağlantılı görüntü için renkli ekranlar (CRT)
- Duvar tipi görüntüleme aygıtları

Fonksiyonlar;

- Otomatik Üretim Kontrolü(AGC)
- Ekonomik Yük Dağıtımı(ED)
- Otomatik Gerilim Kontrolü (AGC)
- Güvenli Görüntüleme (SM)
- Durum tahmin etme (SE)
- Güvenlik Analizi (SA)

- Çevrim içi kısa-devre hesabı (OSC)
- Diğer fonksiyonlar

Kontrol merkezlerinde ve bilgisayar amaçlı kullanımlarda, bu fonksiyonların uygun olarak anlaşılmasını kolaylaştırmak için elektrik güç sistem kontrol işlemlerinin durumlarını sınıflandırmak yararlı olacaktır.

3.2 Enerji Sistemi İşletiminin Durumlarının Görüntülenmesi ve Sınıflandırılması

Enerji sisteminin işletilmesine iki tip sınırlama etkiler. Bunlar; yük sınırlamaları ve işletim sınırlamalarıdır. Yük sınırlamaları her an ağın bütün noktalarına etki eder ve yük ihtiyacı karşılanmalıdır. İşletim sınırlamaları olağan veya acil durumdaki çeşitli sistem gereçlerinin performansının sınırlanması olarak açıklanır. Güç sisteminin dört olası durumda olabileceği göz önüne alınır : Normal durum, alarm durumu, acil durum ve onarım durumudur.

Normal Durumda: Ağ, yük tahmini, üretim, güç değişimleri ve ağ dikkate alınarak planlanan konfigürasyonundaki mümkün olan durumu muhafaza edebilir. Bir görüntüleme fonksiyonu operatöre önemli ölçüde yardımcı olabilir. Buda gerçek zamanlı belirlenen güvenlidir. Bu belirleme otomatik olarak yapılmalıdır ve DC yük akışı yaklaşımına dayanır.

Kritik durumlar göz önüne alınmalıdır. Bu durumlar;

- Maksimum sistem yüklenmesi (“n güvenliği”),
- Bir hata durumunda maksimum sistem yüklenmesi (n-1 güvenliği),
- Aktif güç rezervi ya hızlı başlama yada hızlı cevap verme yeteneği olan generatör yardımıyla sağlanır,
- Gerilim seviyeleriyle beraber sınırlı reaktif güç rezervi,
- Kararlılık.

Tahmin edilen fazda yapılan çalışmaya rağmen halen daha devam eden değerlendirme gereklidir. Tahmin edilen şartlardan her bir küçük eş-zamanlı uzaklaşma, operatörün ne olduğunu anlamadan ağda güvenliği aşındırabilir. Bu görüntüleme fonksiyonlarının amacı tehlikeli durumları belirleme ve ağın en zayıf yerlerinin tespit edilmesidir. Sistem eğer güvenilir oluşan olasılıklar normal işlem durumundan acil duruma dönerse tetikte bir durum olarak adlandırılır.

Alarm Durumunda: Operatör mümkün olduğu kadar hızlı sürede sistem koşullarını tekrar normal duruma döndürmelidir. Eğer sistemde acil olarak müdahale edilecek durum yoksa operatör kendisi oluşturduğu etkileri görerek ve analizini yaparak oluşan etkileri kaldırmalıdır. Bu durumda izlemenin ikinci fonksiyonu görünür. Bu fonksiyon, ağ eksikliklerini veya olayların dikkate alınmasının zorunlu olduğu kararları inceleyip doğruluğunu kanıtlamak için operatöre izin verebilir. Eğer makul ölçülerde dahili olarak normal duruma dönme imkanı sağlayan bir çözüm yoksa operatör sistemi alarm durumunda çalıştırmaya devam edebilir.

Acil Durumlarda: Operatörün mümkün olabilecek normal dışı sistem şartlarından sakınmak için gerekli önlemleri alması gerekir. Operatör başlangıçta ağ bütünlüğünü sağlamaya çalışabilir ve eğer durum gitgide kötüleşirse derhal tedbir almalıdır. Eninde sonunda operatör yük azaltılmasına başvuracaktır. Acil durumda hızlı ağ analizine izin veren özel bir program onun bu tür kararlar almasını sağlayabilir.

Anarım Durumunda: Ağın bütününde veya bir kısmında olabilecek bir kesilmeden sonra, müşterilere mümkün olduğu kadar yeni bir kesilme yaşatmayacak şekilde tekrar ağa bağlamakta önemlidir. Bir bilgisayar aşağıdaki şekilde yardımcı olabilir:

- Ağın yeni durumunu inceleyen ve yeni durumu anlamasını yardımcı olan bir program operatöre sistemin onarılması için plan oluşturmasına izin verir.
- Hasar görmüş olabilecek donanımların detayları, olay boyunca mümkün olan gözlenebilirliğe geçirmeleri destekler;
- Tümüyle gerçek zamanda ağı izleyen bir AC yük akışı ile model her bir onarım adımı ve işletimi izleme, olası muhtemel fazla yüklemelerin otomatik denetimini operatör tarafından yapılmasını sağlar.

3.3 Sistem Kontrolünde Karar Vermenin Rolü

Bir elektrik güç sisteminin kontrolü üç evreden ibarettir:

- Bilgilerin toplanması
- Karar verme
- Hareket

Bilgi evresi iki ana görünüşe sahiptir: Birisi sistem durumundaki gerçek zamanlı veri elde etme ve diğeri ise yapay olarak görüntülenmesi için kontrol personeline izin veren insan-makine iletişimi ve seçimsel olarak karar adımı boyunca işletilen bilgidir.

Karar verme fazının önceliği bilgisayarın yardımıyla operatöre süreci devam ettirmeyi içerir. Fonksiyonlar bilgisayarlar tarafından işletilen açık çevrim uygulandığında karar-yapıcı olarak adlandırılır ve böylece operatörün karar vermesine yardımcı olur. Hareket evresi ya doğrudan yada dolaylı bir şekilde üretim ekipmanlarının anahtarlaması için veya kontrol iletimiyle ilişkilidir.

Bilgisayarların ve metotlarının performansı tabiki gerçek zamanlı genel durumda uygulanmasına izin verir. Onların bağlantısı sadece güç sistemi normal durumda çalıştığında önemli olabilir.

Eğer sistem acil durumdaysa, koruma cihazlarının cevapları genel olarak kontrol personelinin araya girmesine zaman tanımaz. Bu durumda, acil durum için kontrol amaçlı aletler hızlı ve otomatik olarak kapalı çevrimli sisteme müdahale eder.

3.4 Gerçek-Zamanlı Fonksiyonlar

Gerçek zamanlı fonksiyonlar, güç sisteminin durumundan gerçek zamanda bilgi elde etme analizine izin verir ve böylelikle operatörlerin hızlıca işletme moduna müdahalesini amaçlar. Eğer sistem normal durumdaysa, bu hareket işlem fiyatlarını azaltacaktır. Eğer bir alarm durumu varsa, amaç mümkün olduğu kadar güvenlik durumuna geri dönmektir.

3.4.1 Otomatik üretim kontrolü (AGC)

AGC fonksiyonu sistemin kontrol merkezinden uygulanmış olan kapalı çevrim kontroldür. Birçok kontrol merkezlerinde Fransada'ki Ulusal Kontrol Merkezi (EDF), Almanya'daki RWE merkezi ve isviçre'deki Laufenburg merkezi gibi merkezlerde yük frekans kontrolü (LFC) için analog sistemler kullanılır. Diğer yandan Amerika'da bütün kontrol merkezleri dijital AGC kullanırlar ve bazılarında bağımsız analog telemetrelili analog yedekleme üniteleri vardır. Temel AGC algoritmaları kontrol edilen bölgenin hatasını hesaplar ve istenen temel noktaları tanıyan her bir birimin düzenlenmesine yer verir. Bu örneklenen zaman, dijital AGC için 1 saniyeden 4 saniyeye değişiklik gösterir. Birçok kontrol merkezleri yüksek ve alçak veya üretim birimlerine MW'lık sapmalar yapan sinyaller gönderir.

3.4.2 Ekonomik yük dağıtımı (ED)

ED problemi Enerji Yönetim Sistemlerinin (Energy Management Systems) standart fonksiyonudur. Elektrik şirketleri ED problemini düzenli aralıklarda çözmek zorundadır. ED problemi yüke, enerji sisteminin fiziksel limitlerine ve grupların limitlerine bağlı olarak maliyeti minimize etme işleminden oluşur. Ekonomik yük dağıtımında her beş dakika aralığında optimal şekilde yükü karşılayabilmek için her gruba düşen gücün belirlenmesi gerekir.

3.4.3 Otomatik gerilim kontrolü (AVC)

AVC uzun yıllardır Japonya'da kullanılmaktadır. Bununla beraber, birçok elektrik şirketi gerilim ve reaktif güç akışlarını periyodik olarak denetler ve belirli toleransın üzerinde bir sapma olduğunda gerilim profili hesabı yapar ve kontrolü gerçekleştirir.

Reaktif güç optimizasyonunun aktif sonucu olarak kayıplar azaltılmış olur. Bu kriter, üretim maliyetini azaltır ve de güvenlik üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Çünkü reaktif güç kompanzasyonu hattaki işletme sınırlamalarından daha yüksek gerilim profili meydana getirir.

3.4.4 Güvenli görüntüleme (SM)

Bu fonksiyon geleneksel dağıtım merkezi ile modern kontrol merkezi arasındaki bir farktır. SM güç sistemlerinin gerçek işletim şartlarının çevrim içi olarak teşhisidir ve büyük miktarda sistemi ölçmek için cihazlara gereksinim duyar.

Ölçü tipleri MW ve MVAR akışları, bara gerilimleri, bara MW ve MVAR değerleri, frekanslar, devre kesici pozisyonları, koruma rölelerinin çalışmaları, transformatör kademe durumu ve ikazlarıdır. SM fonksiyonu enerji sisteminin kapalı olup olmadığını temel olarak açıklamak için gerçek zamanlı bilgiyi denetler.

Enerji sisteminin limitlerinin kontrolü birkaç saniyede sık sık yapılır. SM fonksiyonunun bir kısmı gerçek ağ topolojisini belirler. Bu gerçek zamanlı bilginin sistematik olarak işlenmesini içerir, örneğin kesicinin açık veya kapalı pozisyonunu, trafo merkezindeki devre kesicilerin herbir anahtarlarının durumu gibi durumlardır.

3.4.5 Durum kestirme (SE)

Durum kestirme işleminin temel araçları şunlardır; şebeke durumu (tüm baraların gerilim genlik ve açılarını) hesaplamaktır. Bulunan bu şebeke değerlerinden yararlanarak bilinmeyenleri hesap etmek, şüpheli ölçümlerin çözümdeki ağırlıklarını azaltmak ve hataları yok etmeye çalışmaktır.

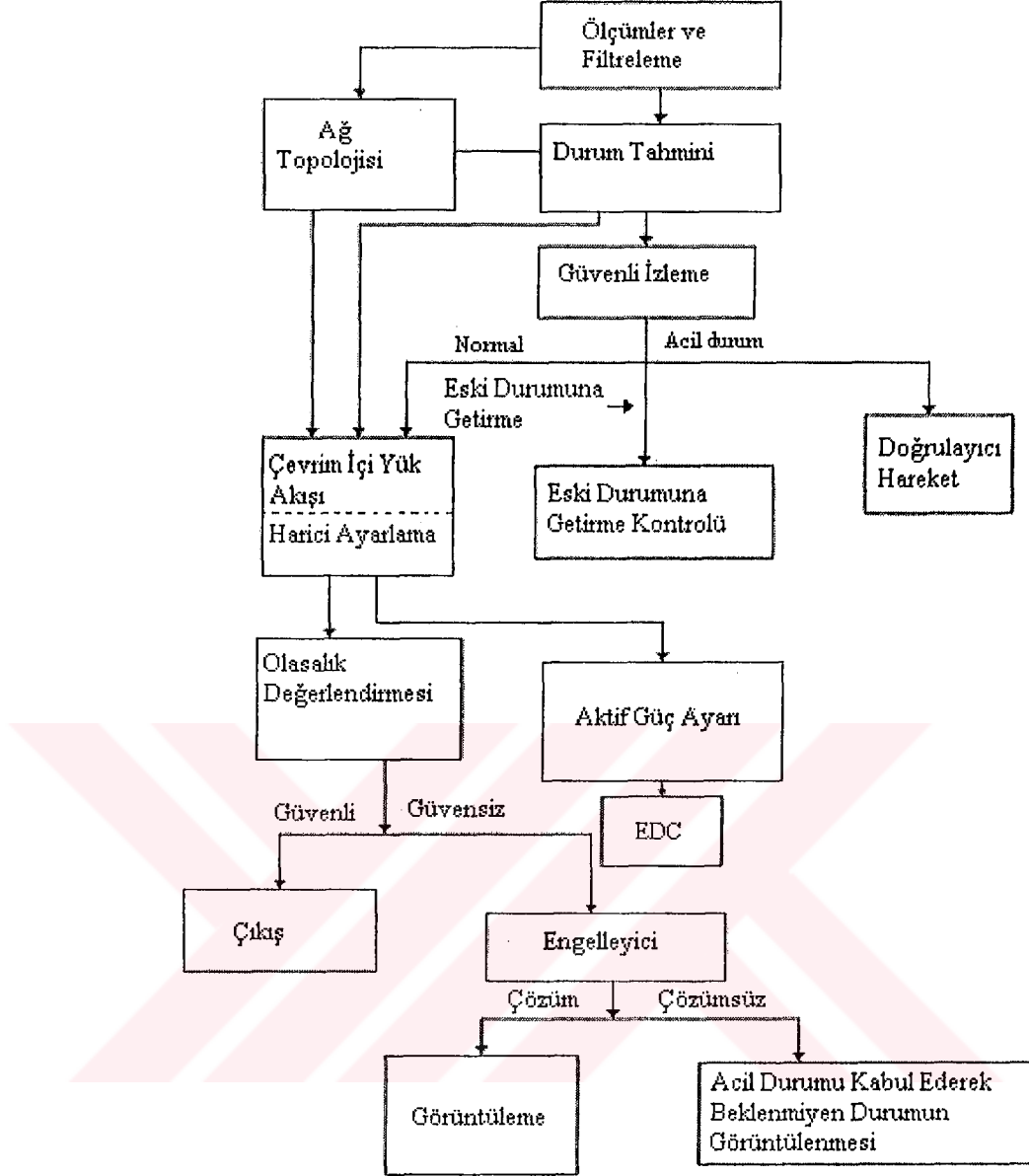
3.4.6 Güvenlik analizi (SA)

Güvenlik analizi iki fonksiyondan ibarettir. Birinci fonksiyon sistemin normal veya tehlikeli durumda olup olmadığını belirtmeye yarar. Bu yaygın bir şekilde olasılık değerlendirmesi olarak bilinir. Pratikte bir sistemin güvenliği gelecek beklenmedik olaylar (contingency) için referans olarak kabul edilir. İkinci fonksiyon sistem güvensiz olduğunda hangi önleyici hareketin dikkate alınacağını belirlemektir. Modern yaklaşımda olasılık belirleme işlemi çevrim içi yük akışı (OLF) tabanlıdır. OLF gerçek zaman datalarının kullanımını mümkün kılar.

Yük akışıyla kullanılan şebeke modeli detaylı dahili sistem ve üretim ve yükü içeren harici şebekenin güncel değerlerini kapsar. Sonraki ikaz şartlarından normal şartlara sistemi geri getirmek için önleyici hareketi belirlemedir. Güç sistemi normalde minimum işletim harcamasıyla çalıştırıldığından sistem güvenliğinin fiyat açısından elde edinilmesi gerekli olacaktır. Optimal yük akışı (OPF) ile en ucuz ve güvenli şekilde sistemin değerleri belirlenir. Lineer olmayan sistemi ek alan metodlar hem olasılık değerlendirmesi için hem de OPF için geliştirilmektedir.

3.4.7 Güvenlik fonksiyonlarına bir bakış

Şekil 3.1'de değişik güvenlik fonksiyonlarının birlikte nasıl bağlanıldığı gösterilmektedir. Durum tahmininden önce kötü veriyi hızlı bir şekilde reddetmek için basit filtreleme işlemi yapılır. Durum tahmini ana çıkışı, karmaşık düğüm durum vektörüdür. En son durum vektörü ve önceki tahmin edilen vektörler kullanılarak gelecek zaman için durum vektörü tahmin edilebilir ve yük akışı çalışmasının yapımı için giriş olarak kullanılan durum vektörü tasarlanabilir. Özetle; durum istatistikleri güç sisteminin bir bölümünün gözlemlenemediği durumlarda durum tahmin edici kullanılarak tahmini ölçümler geliştirilmesi içinde kullanılabilir. Çevrim içi yük akışı güvenlik analizi için kullanılabilir ve ekonomik yük dağıtımını hesaplamasını (EDC) sağlayan optimum yük akışı için de kullanılır.



Şekil 3.1 Güvenli-Altıtırma Fonksiyonlarının Bağlantısı

Acil durumda doğru hareket, acil durumun tipine bağlı olarak elle veya otomatik olarak yürütülebilir. Sistemin alarm şartlarında olduğu olasılık değerlendirmesiyle bulunuyorsa, yeniden yük dağıtımını yapılmasıyla sistemin normale getirilmesi için bir çözüm üretilir. Bu sistem operatörüne normalde görüntülenecektir. Önleyici hareketin maliyetinin yüksek olması durumunda ve arızanın ciddi olmadığı durumda operatör hareketi yapıp yapmamak için karar verebilir. Karar vermenin benzer yönetimi önleyici hareketin bulunmadığı durumda da alınacaktır. Burada da operatör çalışmayı başlatacak ve acil durumun varlığını kabul edecektir. Geçici moda doğru hareketi kullanarak operatör yük dağılımını ihtiva edecek bir olasılık planı elde edebilir. Bazı elektrik şirketlerine ait kontrol merkezlerinin çevrim içi yük akışı için kullandığı metodlar Çizelge 3.1'de ve olasılık değerlendirmesi için kullandığı metodlar Çizelge 3.2'de verilmiştir. Kullanılan

metodlar ve SE, OLF ve olasılık değerlendirmesine sahip olan kontrol merkezi örnekleri aşağıdaki tabloda verilmiştir. (Mariani ve ark., 1997)

Çizelge 3.1 Çevrim içi yük akışı

<u>Elektrik şirketi</u>	<u>Metodlar</u>	<u>Bara sayısı</u>
1.Commonwealth Edison	Newton-Rapson	500
2.Middle South	Hızlı Decoupled Yük Akışı	900
3.Merkezi Elektrik Üretim Kurumu,UK	D.C. Yük Akışı	250

Çizelge 3.2 Olasılık değerlendirmesi

<u>Elektrik Şirketleri</u>	<u>Metodlar</u>
1.Bonneville güç yönetimi	Lineer edilmiş AC yük Akışı
2.Commonwealth Edison	Tam AC Yük akışı
3.PJM birbirine Bağlama	Dağıtım Faktörü
4.Merkezi Elektrik Üretim Kurumu, UK	DC Yük akışı

şu anda kontrol merkezlerinin çoğunda çevrim içi yük akışı paketi vardır ve dağıtım faktörü ve DC yük akışı metodlarının yerine AC yük akışı metodları kullanmaya eğilim vardır.

3.4.8 Çevrim içi kısa devre hesaplamaları (OSC)

Bu her 30 dakikada bir elektrik şirketindeki personele otomatik olarak kısa devre değerini ve kesici, röle gibi elemanların değerinin hesaplanmasında yardımcı olur. Aşırı kısa devre seviyeleri oluştuğunda alarm ve uygun bir gösterici ile operatör uyarılır.

3.4.9 Diğer fonksiyonlar

Bazı kontrol merkezleri yukarıdaki özelliklerin dışında acil durum kontrolü (EC), otomatik sistem hata analizi (ASTA) ve yönetici kontrol gibi özelliklere sahiptir.

Acil durum kontrolü: Aşırı yüklemelerden korunmak için, üretim yük dengesini yeniden oluşturmak amacıyla otomatik olarak yük azaltmasını veya üretim ayarlamasını yapan kapalı döngülü kontrolüdür. Bilgisayar acil durum kontrolü Japonya'da yaygındır. Acil durum kontrollünün amacı iletim hatlarındaki ve transformatörlerdeki aşırı yüklenmeyi azaltmak, ve alt bölgelerde generatör yük dengesini sağlamaktır.

Otomatik sistem hata analizi (ASTA): Otomatik sistem hata analizi kesicilerin açıp-kapama olayının analizi için ve koruma rölelerinin işletmesi için mantıksal bir işlem yürütür. Kesicilerin durumu ve koruma rölelerinin işletme durumları ekranda gösterilir.

Yönetici kontrol fonksiyonu: İnsan makine arabirimi veya görüntü alt sistemleri arasında uygulanan bir durum fonksiyonudur. Kesicilerin Yönetimsel Kontrolünü (SBC) ve gerilim düzenleme araçlarını içerir. SBC ile birlikte, operatör yük azaltılması için ve acil durum kontrolü için kesicilerin açılmasını veya kapanmasını sağlayabilir. Grupların devreye alınması ve durdurulması için diğer yönetimsel kontrol teknikleride vardır.

3.5 Kontrol Merkezinin Parçaları

Bir kontrol sistem merkezi aşağıdaki parçalardan veya alt sistemlerden ibarettir:

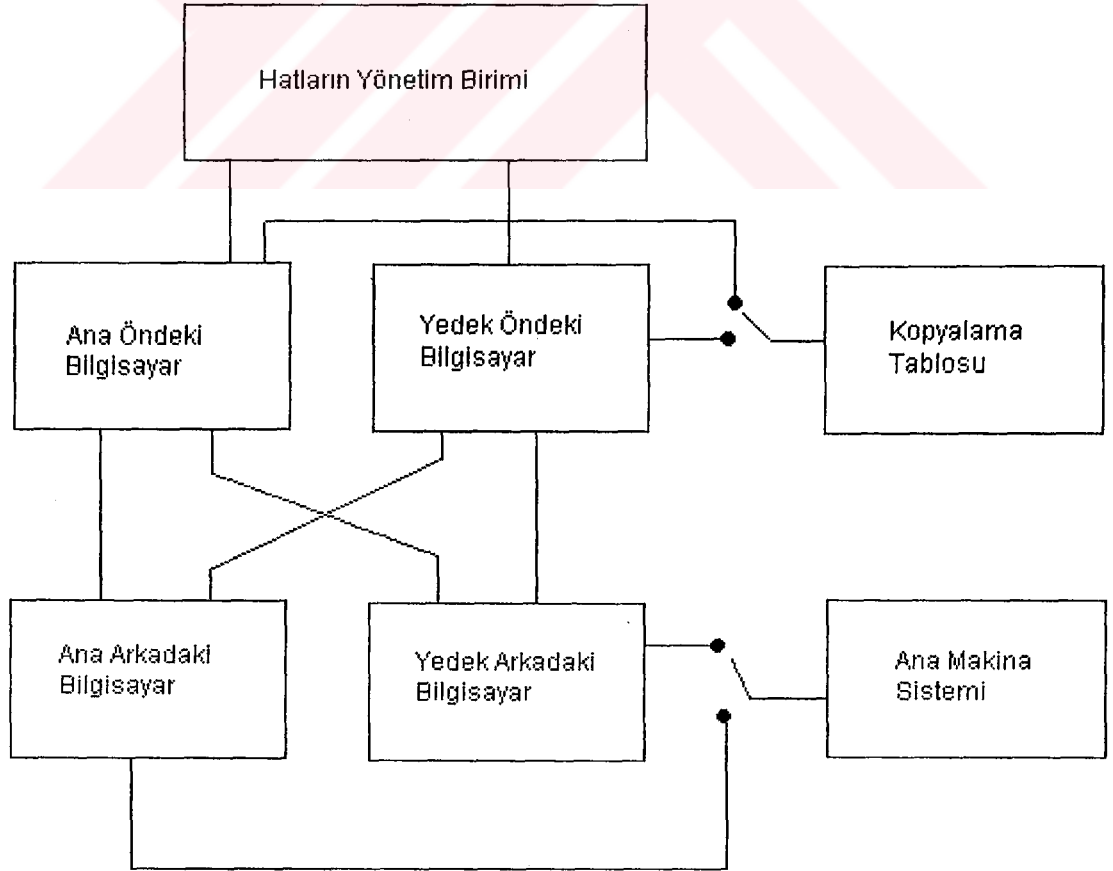
- Veri elde etme ve kontrolü
- İletişimler
- Bilgisayarlar
- Görüntüleme elemanları
- Bilgisayar yazılımı
- İnşa etme ve şahıslar, kesintisiz güç kaynağı

Veri elde etme ve kontrol : Bu alt sistem güç sistem cihazları ve kontrol araçlarıyla etkileşen uzak terminal donanımından ibarettir. Bu iletişim kanallarıyla ve sistem kontrol merkeziyle etkileşimli ana istasyon cihazlarıyla iç içedir. Analog bilgi bir saniyeden birkaç saniyeye kadar taranır. Bu ana istasyon donanımı, hata analizi yapar ve herbir bilgi ulaştığında bilgisayarda kesme işareti oluşturur. Durum bilgisi, analog bilgi gibi aynı durumda da verileri denetler. Durum değişikliklerini bildirmek için iki yol vardır. Birincisi bir değişikliğin olup olmadığıyla ilgili durum bilgileri talep edilen aralıkta, uzaktan kontrol edilen birimden gönderilir. Diğeri sadece durumda gerçek bir değişikliğin olduğu zaman uzaktaki sistemden durum bilgisini göndermektir. İlki kontrol merkezinde merkezi işlemci üzerinde boyutlandırılabilir bir yüklenmeyi ihtiva eder ve bu sebepten daha çok ikinci metod tercih edilir.

Veri elde etme yazılımı, bilginin toplanması ve bilgisayar hafızasında yer almasına ek olarak hata denetimini, mühendislik birimlerinin dönüşümünü, limitlerin kontrolünü ve uygulanan programla etkileşimide icra eder. Hızlı cevap için, veri elde etme yazılımı ana hafızada ve mümkün olduğu kadar işletim sisteminden bağımsız olmalıdır.

Bilgisayar alt sistemi: Kontrol merkezindeki bilgisayarlar donanım özellikleri bakımından mükemmel ve gerçek zamanlı işletim sistemi için verimli olmalıdır. Aynı donanımlar için bilgisayar sisteminin gerçek performansı konfigürasyona, işletim sistemine ve yazılım dizaynına bağlıdır. Değişken fonksiyonları işletmek için kontrol merkezindeki bilgisayarın kullanılabilirliğinin mümkün olduğunca yüksek olmasını garanti etmek için yaygın olarak kullanılan yöntem, ikili bilgisayar sistemi kullanmaktır. Burada kullanılan bilgisayarlar birbirine benzerdir ve herbiri merkezi işlemci, ana hafıza ve yardımcı hafızadan ibarettir. Bu bilgisayarlar iletişim sistemleri yoluyla birbirini görüntüleyerek, temel ve yedekleme modunda sürekli olarak çalışır. Bilgi durumu sürekli olarak temelden yedekleme bilgisayarına transfer edilir. Daha sonra eğer temel bilgisayar sistemi arızalanırsa yedek bilgisayar otomatik olarak temel bilgisayar gibi davranarak işlerin üstesinden gelmeye hazır olmaktadır.

Şekil 3.2’de ikili bilgisayar sistemi gösterilmiştir. Her bir bilgisayar iletişim ağında veri elde etmeye yarayan “öndeki” bilgisayar ve bütün diğer fonksiyonları oluşturan “gerideki” bilgisayardan ibarettir.



Şekil 3.2 İkili Bilgisayar Sistemi

Bu bilgisayarların yedekleri de vardır. Bilgisayar sistemlerinde bir çift durma modundayken diğeri çalışma modundadır ve eğer birincisi arızalanırsa diğeri yükü üzerine almak için hazırdır. Bekleme modu, güncelleştirme veya yeni yazılımlar geliştirmek için kullanılabilir.

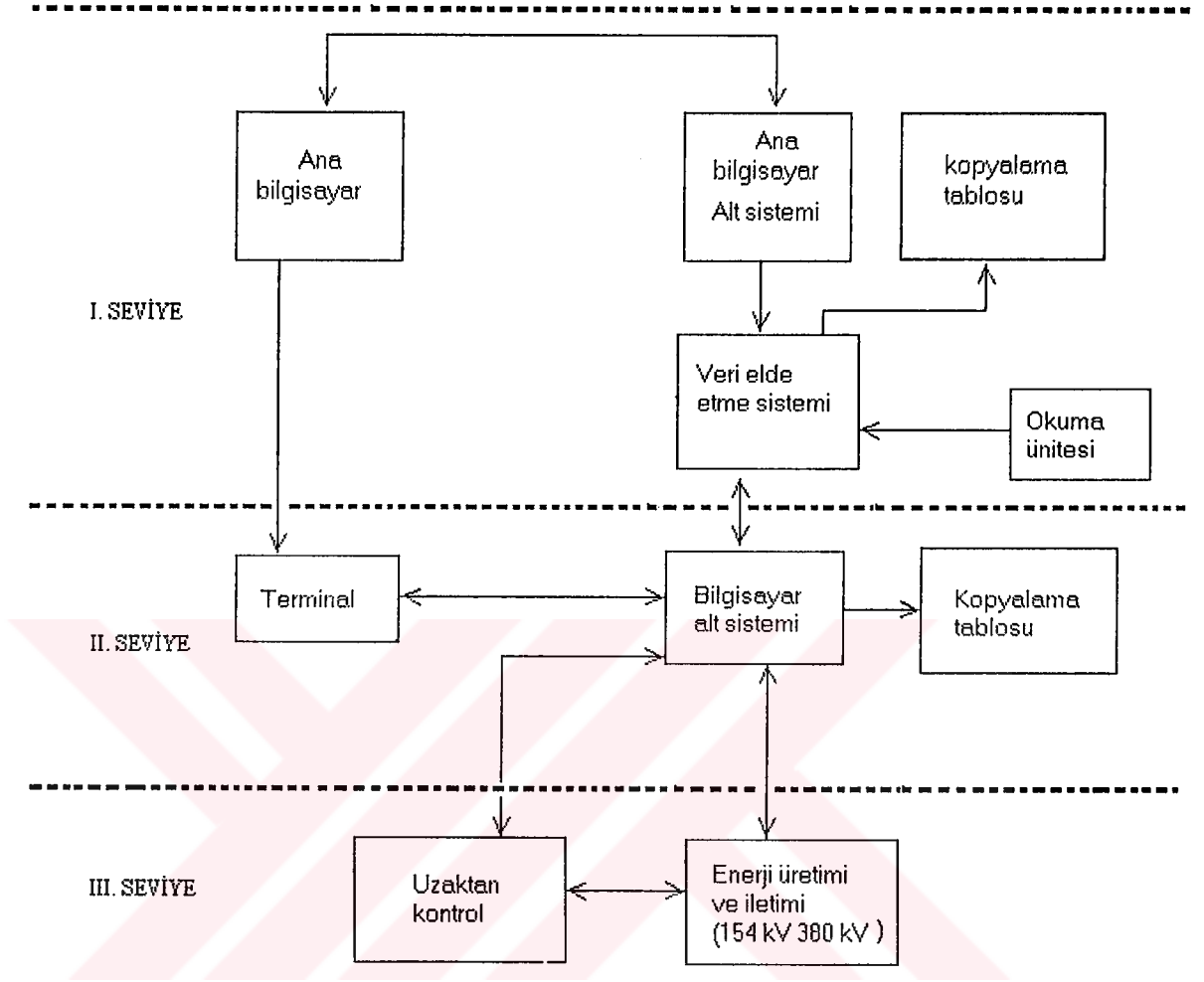
İleri bir yedekleme tekniği bütün bilgisayarlar başarısız olduğunda durumu iyileştirmek için sıkça kullanılır. Yedekleme veri elde etme sistemi azalmayı gösteren fakat elektrik miktarının gerekli sayısını da gösteren duvar diyagramı veya kopyalama tablosundan ibarettir.

Şekil 3.3'de üç seviyeli geri beslemeli veri elde etme sistemine ait şema verilmiştir. Şekil3.3'de ana bilgisayar alt sistemi ve bilgi elde etme sisteminin olduğu bloklar birinci seviyesindedir. İkinci seviyesindeki bilgisayar alt sistemi için benzer ikili bir bilgisayar kullanılır.

İnsan makine alt sistemi Şekil 3.3 de gösterilen bilgisayarlar tarafından sürülen ekranların faydalı ve gerekli olan verilerin hepsini operatöre gösteren bir görsel görüntüleme kümesidir. Bu görüntüleme kümesinde sabit data, değişken tabloları, gerilimler, güç değerleri v.s. gibi elektriksel sistem diyagramları görüntülenebilir. İnsan makine ara birimleri daha küçük ve daha basit olsalar bile her bir kontrol tanımında şu an kullanılmaktadır.

Diğeri büyük bir şebekenin yük dağıtım kontrol merkeziyle uyumlu olabilecek tasarım Şekil 3.4'de gösterilmiştir. Burada birden çok bilgisayar kullanılarak herbir bilgisayara düşen yükün dağılımı iyileştirilir ve bilgisayarlardan birinin arızalanması sonucu sistemin çalışması sağlanır. 2 ve 3 numaralı ana bilgisayarın desteklediği hata toleranslı bilgisayar ve ana bilgisayar, insan makine fonksiyonları hariç bütün fonksiyonlardan yükümlüdür.

Burada yerel bölgesel ağların (LAN) kullanımı (Yerel bölgesel ağlara örnek olarak Şekil 3.4'de gösterilen Ethernet tipi verilebilir) bütün sistem konfigürasyonunu çok esnek yapar. Operatörler ile etkileşim genel amaçlı bilgisayarlar veya iş istasyonları gibi insan makine arabirimleriyle tamamlanır. (Dieterle ve ark., 1996)

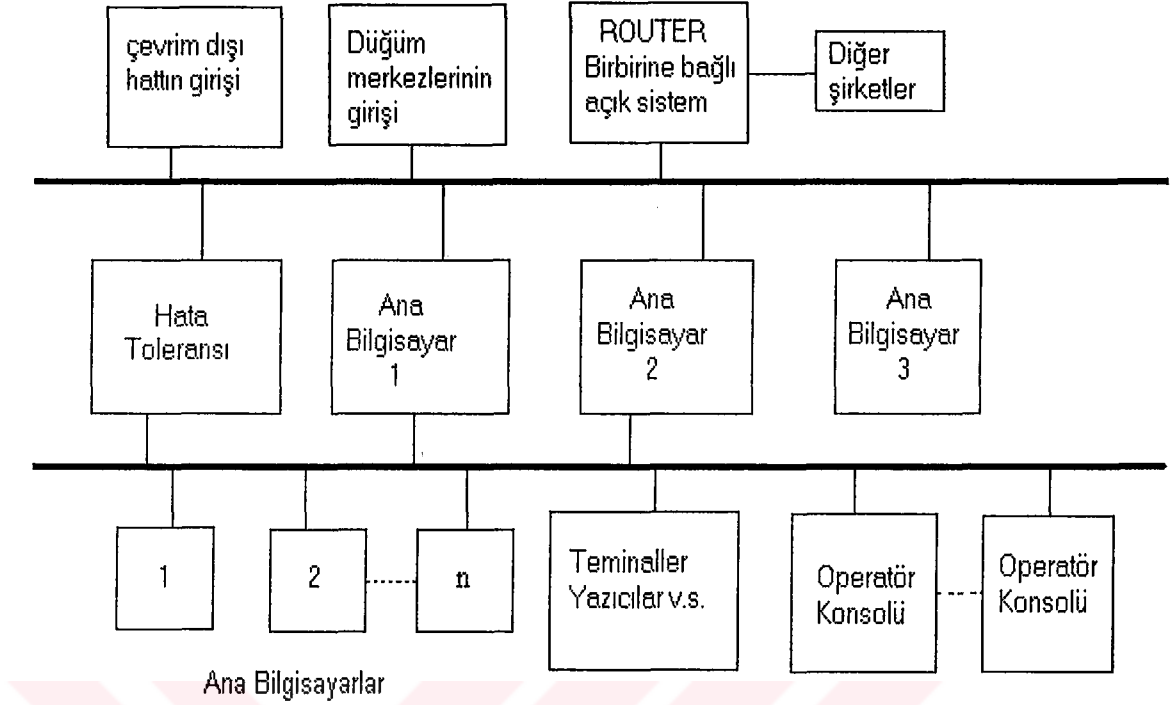


Şekil 3.3 Üç Seviyeli Geri Beslemeli Veri Elde Etme Sistemi Şeması

Bağlantılı sistemin avantajları kolay ve gerektiği zaman yeni fonksiyonların eklenmesine izin vermesidir. Hata tolerans bilgisayarı gereğinden fazla olan iç kısımlara (ana parçaların kopyaları) sahip bir sistemdir.

Bu yüzden onun fonksiyonları olağan arızalarda çalışmaya devam eder. Örnek olarak, şebeke hatalarına katılan LFC veya AGC sonuçlardan veri elde etme ve bütün sistemin doğru işlemine göre diğer bazı aktivitelerde yer alır.

Ana hafıza programlar yardımıyla paylaşılan gerçek zamanlı bilgisayar sisteminde kritik bir kaynaktır. Diğer paylaşılan kritik kaynaklarla beraber istenen giriş/çıkışla (I/O) birlikte hafıza yönetimine ihtiyaç duyulur. İşletim sisteminin iki önemli özelliği olan hafıza yönetimi ve I/O kanalları yazılım dizaynında iyi anlaşılmalı ve düşünülmelidir.



Şekil 3.4 Büyük Bir Sistem İçin Yük Dağıtım Kontrol Şeması

3.6 Enerji Yönetim Sisteminin Yazılım Yapısı

Yük dağıtım kontrol merkezinin fonksiyonlarını yürüten bilgisayar programlarının (yazılım) tümüne “Enerji Yönetim Sistem yazılımı” (EMS) olarak bilinir. Veri tabanı (DB) verilerin çeşitli dizilerden ibarettir. İlk olarak, alandan gelen değişik verileri örneğin şebekeden aktif ve reaktif güçler, gerilimler, frekanslar, kesici durumu gibi verileri elde edilir. Bunlar ölçü dönüştürücülerden ve her t anında t'nin veri elde etme görev devresinin güncelleştirildiği iletim sistemi yardımıyla merkeze iletilir. Böylece herhangi bir zamanda son N şebeke durumları hesaplama amacı için bilgisayar hafızasında mevcuttur.

Veri tabanı (DB), şebekenin elektrik şemalarını gösteren video görüntülerinin oluşturulmasına ve tanımlanmasına yarayan bütün elemanları muhteva eder. Bu elemanlar onarılmış birçok bilgi içerir. DB donanım yapısı bakımından tasarlanmalıdır.

Bu yollardan biri; kendi kendine “Bilgi durum ödünç verme” dir. Örnek olarak; yeni bir hat veya yeni generatör işletmeye alındığında onun tanımı DB'ye eklenmelidir. Bazı elektrik parametreleri değiştirildiği zaman, değişim DB'ye verilmelidir.

Enerji yönetim sistemindeki diğer donanım modülleri şunlardır:

- Operatörlerin görüntü isteklerini kabul eden bir insan makine yazılımı (MMS) ve DB'den istenen bilginin ileriye yönelik görüntülenmesi (güç akışındaki akım değerlerinin bulunduğu şemalar ve gerilimler, masalar.v.s.)
- Veri Edinme Yazılımı (DAS) iletişim sistemlerinden veya DB'ye ön taraftan gelen veriyi transfer eder.
- Veri edinme yazılımı elektrik sistemleriyle ilişkili değişik fonksiyonları işletir.
- Sistem yazılımı (İşletim sistemi (OS), v.s)

3.6.1 İnsan-makine alt sistemi İnsan-makine arabirimi veya görüntüleme alt sistemi ekrandan, dinamik duvar görüntüleri, akım kaydediciler, kaydediciler ve ikazlardan ibarettir. Ekranlar operatöre güç sisteminin kontrolünü ve analizini yapma imkanı veren bir araç olma özelliği yüzünden, görüntüleme kontrol merkezlerinin vazgeçilmez özelliklerinden biridir.

O, bu suretle güç sistem operatörlerinin gereksinimlerini, kontrol sistem teşhisleri donanım gelişimini ve kontrol sistem gereksinimlerini dikkatli bir şekilde dizayn edebilir. İlk olarak, hızlı cevap elde etmek için, bilgi transfer oranının her saniye 300 KB mertebesinde olması gerekir. İnsan-makine arabirimini etkili ve tatminkar yapmak için, görüntüleme alt sisteminin ortalama olarak iki saniyelik bir cevap zamanına sahip olması gerekir.

Operatör ekranın ayarını yaparak görüntünün istenen formatta seçilen zamanda görüntülenmesini sağlar. En kötü durumda, maksimum beş saniyelik bir cevap kabul edilebilir. Bütün fonksiyonların işletme kabiliyetinin bütün konsollarca yapılabilmesi pratik olarak iyi bir düzenlemedir. Bu yüzden konsollardan biri çalışır durumda olsa bile sistemin işletilmesi mümkün olabilir.

Her bir işletim masası için kurulan ekranların sayısı en az iki olmalıdır. Üç CRT ile arabirim denetleme ve çapraz denetleme için yeterli olmaktadır ve kontrol veya güç sisteminin analiz problemi için genellikle istenmektedir. Dinamik duvar görüntüleme güç sistemlerinin tekrar gözden geçirilmesini amaçlar. Coğrafi bilgi sistemleri ile enerji sistemi daha iyi gözlenir.

3.6.2 Yazılım alt sistemi

Bu üç kategoride incelenir:

Sistem yazılımı: Gerçek zaman işletim sisteminden oluşur ve işlemciyi derleme, dosya yönetimi, ve hatasızlaştırma ve test araçları için kullanılır. Sistem donanımı genellikle bilgisayar satıcısı tarafından tedarik edilir.

Uygulama yazılımı: Veri elde etme donanımı, görüntüleme donanımı değişik kontrol fonksiyonlarının yürürlüğe konulması ve işletim plan programları gibi güç sisteminin işletimi için görevlerini yerine getirir.

Destekleme yazılımı: Bilgisayar sisteminin görüntülenmesi, gerçek zamanlı teşhisler, hatasızlaştırma ve test amaçlı kullanılan programlardır. Uygulama yazılımının gelişimi alan altında güç sistemine yüksek seviyeli bir güvenlik sağlamak için kontrol merkezindeki her tür işlemi kapsar. Bir gerçek zamanlı sisteme katılan 200'den fazla uygulama programı mevcuttur.

Sistem kontrol projesinin başarılı yürütülmesi; sistem operatörü tarafından göz önüne alınan projenin başlangıcı ile ilgili proje takımı mensuplarına bağlıdır. Bu takımın, güç sistem mühendisliğinde, dijital yazılımda, bilgisayar uygulamalarında ve sistem işlemlerinde iyi bir alt yapıya sahip olması gerekir. Dünyada kontrol merkezleri amaca ve kullanıcılara bağlı olarak birbirinden farklı dizayn edilmiştir.

BÖLÜM 4

ÇEŞİTLİ KONTROL MERKEZLERİNİN YAPISI

4.1 Giriş

Bu bölümde Dünyadaki kontrol merkezlerinden bazılarının yapısı ve işleyişi verilecektir. Bu çalışmada kontrol merkezlerine örnek olarak PJM (Pennsylvania-New Jersey-Maryland) arabağlantısının kontrol merkezi, CEGB'nin (İngiliz Merkezi Elektrik Üretim Birimi) kontrol merkezi, NGC'nin enerji yönetim merkezi, İtalyan ENEL güç sistemine ait kontrol merkezi, Kanada'nın Ontario hidro güç sisteminin kontrol merkezi ve son olarak Fransızlara ait kontrol merkezi ayrıntılı olarak verilecektir. Doğu Avrupa ülkelerinin enerji sistemleriyle ilgili araştırmalar da yapılmıştır. (Hammons, 1997)

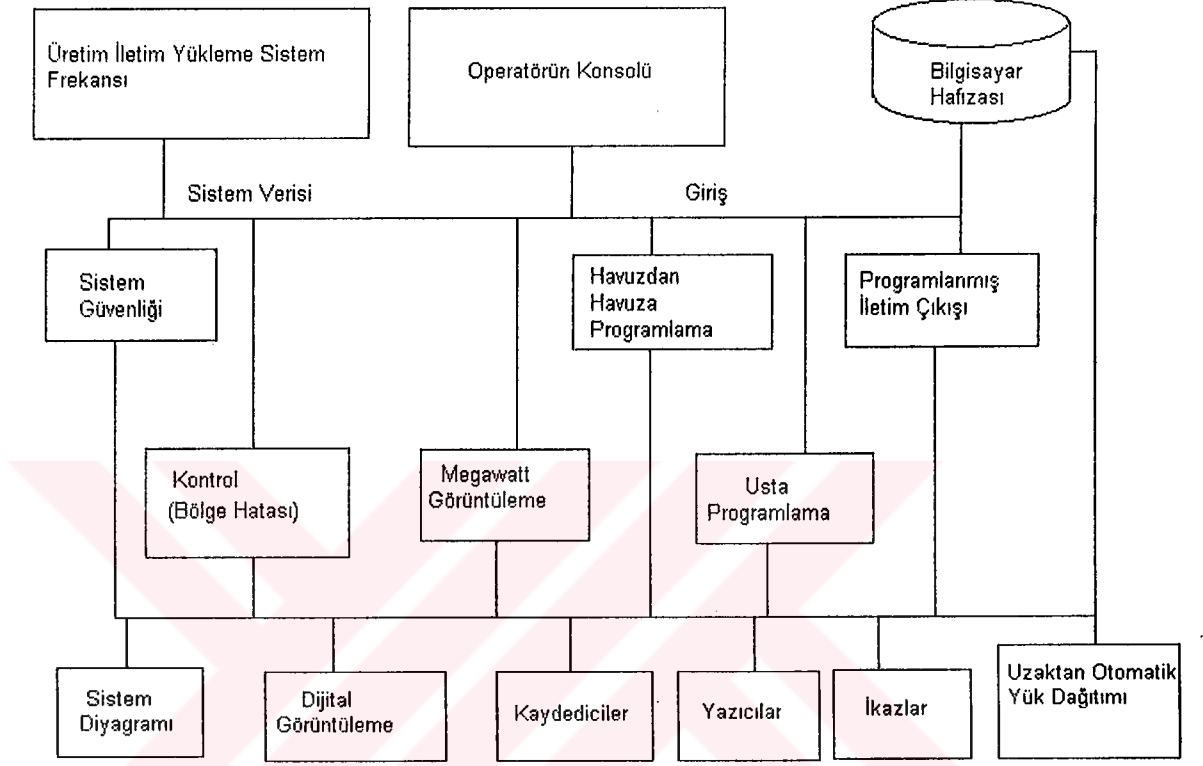
4.2 PJM Bağlantı Sistemi

Dünyanın en önemli güç havuzlarından Pensilvanya-New JERSEY-Maryland (PJM) 1956'da birbirine bağlantılı 11 elektrik sistemini içeren bir kuruluş olarak kuruldu. 1993'de üretim 55575 MW ve puant gücünde 46430 MW dır. 170 santralde toplam 541 farklı generatör bulunmakta ve bunlar çeşitli üretim tiplerini (Nükleer, termal, hidro, dizel v.s.) ihtiva etmektedir. Üretimin %89'u termal santrallardan karşılanmaktadır. İletim sistemi 500 kV'lık 2700 km, 345 kV'lık 275 km ve 230 kV'lık 8010 km'lik bir uzunluğa sahiptir. Havuz sanki havuzda bir şirket varmış gibi işletildi ve Kuzey Amerikada'ki en büyük yük dağıtım merkezidir. (Rutz, 1996)

Forge Vadisi'ndeki PJM Kontrol Merkezi, PJM içindeki önemli üretim istasyonları ve 6 ana yük dağıtım merkezinin eklendiği 12 kalıcı terminalle birbirine bağlanmıştır. Bu bağlantı telefon şirketinden kiralanan veri devreleri, yük dağıtımı ve yönetim amaçlı bağlanmış telefonlar, dijital veri, analog veri ve teleyazılım servislerinden ibarettir.

Şekil 4.1'de bilgisayar tarafından oluşturulan fonksiyonların bir görüntüsü mevcuttur. Jeneratör ve iletim hatlarının yük mevcudiyeti, yük tahminleri ve diğer yük dağıtım kontrol girişlerinin mevcudiyetinin bilgisi, yük dağıtım işletim masasında elle kumandalı olarak

başlatılır. İletim hatlarının kapasitesi, üretim maliyet eğrileri ve matematiksel olarak elektrik sistemini tarif eden bilgiler bilgisayar hafızasında depolanır. Normal olarak, bilgisayar sistemlerinden bir güç sisteminin görüntüleme fonksiyonunu saptar, Kontrol Odasında görüntüleri oluşturur ve işletim şartları istendiği zaman ikazlar verir. İşletim fonksiyonlarını işletmek için çevrim içi bir bilgisayar sistemi kullanılır.



Şekil 4.1 Bilgisayar Fonksiyonel Kullanımı

Diğer bilgisayar sistemi hem PJM planlanması hem de mühendislik çalışmaları için raporlar ve hesaplamalar sunan tasarlanmış iletim çalışmaları için kullanılır. Çevrim içi bilgisayarın fonksiyon olayında, çevrim dışı çalışan bilgisayar otomatik olarak durdurulur ve bütün bilgiler geçici olarak sonraki tekrar çalışmada depolanır. Çevrim içi görüntüleme ve yük akışı yapabilme fonksiyonu tatminkar bir şekilde bilgisayara aktarılır. Donanım veya program ayarlamaları yapıldığında, bilgisayar sistemi normal işlemi depolar.

Bilgisayara giriş bilgisinin transferi bilgisayar kontrol programı altında yapılır. Doğru zamanda bilgisayara doğru şekilde bilgilerin girişini sağlayan yönetici veya idareci program değişik tipteki görüntülerin olduğu formdaki çıkış bilgilerini ve uygulama programının işletimini ve bilgisayara kompleks bilgi girişini sağlar. Bu yönetici programda bilgisayarı çevrim içi tutmak, sistem şartlarını görüntüleme, hesaplama görüntü sonuçlarına doğru çözüme varma, eş zamanlı olarak yapmak mümkündür. Yönetici

program, bilgisayar içinde var olan beş kısımlı çevrelerinin içindeki öncül işlemleri yönetimini başlatır. Bu kısımlar şunlardır: Ekranda gösterim, ışık kalemi ile kesme, mesajlar, işten işe arabirim, kontrol fonksiyonları, zaman görüntüleme fonksiyonları ve listeleme fonksiyonlarıdır. Bilgisayar kontrolündeki araçlar insan makine arabirim sistemidir. Bu araçlarla yük dağıtımını yapan personel elektrik sisteminin durumu hakkında bilgilendirilir. Sistem diyagram tablosu, dijital televizyonlar ve kaydediciler kontrol merkezinde bulunur. İşlem mesajlarının birer yazılmış kopyası bir sonraki kontrol merkezinde mevcut olan yüksek hızlı yazıcılarla sağlanır. İşitilebilir ikazlar kontrol merkezinde bulunur. Uzaktaki yük dağıtım merkezlerine önemli mesajların sonuçları gösterilir. Bilgisayar tarafından geliştirilen üretim kontrol sinyali,otomatik ekonomik yük dağıtım sisteminin uzaktaki yük dağıtım merkezine gönderilir. Bu uzaktaki bilgisayar donanımı seçilmiş üretim grubuna yeniden üretim kontrol sinyalini gönderir.

PJM ve komşu sistemler, arasındaki iletim hatlarındaki her iki saniyedeki yüklemeleri ve sistem frekansını ve sistem üretimini görüntüler. Bu bilgiden, sistem şartlarının kritik bir seviyede olup olmadığı araştırılıp analiz edilir. Başladıktan sonra sistem güvenlik programı, şartlar normale dönene kadar yük dağıtımını yapan personeline hayati önem taşıyan bilgiler sağlar. İki saniyeli iletim hattı yüklenmesinden ve frekans bilgilerinden, PJM üretim kontrol sinyalleri geliştirilmiştir. Bu kontrol sinyalleri otomatik ekonomik yük dağıtım sisteminin uzak yük dağıtımının merkezine iletilir. Temel olarak birbirine bağlı iletim kayıplarının icelenmesi yük dağıtımının Lambda programı yardımıyla beş dakika bir oluşturulur.

İletim hatlarındaki yüklemelerde her beş dakika, Megawatt İzleme programı yardımıyla uygun hat yükleme limitlerini denetleyen enterkonnekte işlemi için gereklidir. Seçilen programların farz edilen çıkışları ve iletim hatları test durumu olayında varolan şartların tekrar yüklenip yüklenmediğini anlamamızı sağlar. Bu programın çıkışı, kontrol merkezindeki sistem diyagramının yanmasına neden olur. Sistem şartlarıyla ilgili mesajlar dijital görüntüleme cihazlarında gösterilir. Her saatte güç iletim programı, komşu havuzlarla beraber hem ekonomik noktalar bakımından hem de iletim limitlerinin değerlendirilmesi bakımından kontrol edilir. Bu iletim limitleri, seçilen programın güvenli işletim birimleriyle tanışmadan sağlamak için oluşturulur. Yaklaşık olarak her gün dört defa veya istenen sıklıkta bir grup belirlemenin yapılması, en iyi buhar veya buhar hidroelektrik santrallerin ve birbirine bağlama işlemindeki en iyi birimleri belirlemek için oluşturulur. Bu grup belirleme programı ile ekonomikliği ve güvenilirliği göz önünde

tutularak oluşan bir programın bütün gerçeklerini dikkatle inceler. Son yapılan program enterkonnekte sistemin bütün gereksinimlerini karşılar ve iletim sınırlarını denetler.(Zadeh ve ark., 1996)

Sistemin güvenilirliğini sağlamak için kontrol aktif güç görüntüleme, programlanmış iletim arızası durumu ve yük dağıtım işini kolaylaştıran programlar ilk olarak çalıştırılır. Daha sonra havuzdan havuza programlama, yük dağıtımını ve en iyi grup belirleme yapılır.

Bütün veriler, diyagramlar, sistem performansı ve kopyalayıcı göstericiler aşağıdaki yedi kategoride sınıflandırılır:

Onarılmış görüntülemeler: Bu istenen gösteri esnasında değişmez değerlere bağlı olan onarılmış bilgi formatları içerir.

Önemsiz görüntülemeler: Bu, bazı zamanlar geri planda ihtiyaç duyulan onarılmış bilgi formatını içermek için dizayn edilir ve dinamik olarak gerçek zamanlı sistemin her bir gözden geçirme periyodunda yenilenen ön plandaki bilgileri değiştirir. Tipik gösteriler şunlardır: Kişisel PJM şirketi üretimleri, PJM düğüm hat akışları ve hidroelektrik üretim istasyonlarıdır.

Bölge diyagramları: Bölge diyagramları arka plandaki bilgiler gibi seçilen üretilmiş yük diyagramlarını gösterir ve üretimdeki toplam bölgelerin hat dışında kalan bölgelerin düğümündeki yük akışının bilgi değişikliklerini dinamik olarak gösterir.

Çubuk grafikleri: Çubuk grafik görüntüleme değerlerin değişimini ve tekrar seçilen sınırları yüzde olarak göstermeye yarar. Toplam değer seçilen yüzdesinden daha büyük değer değişiklikleri için, çubuklar çok hızlı hareket ettirilir. Telemetre hataları çubukları çapraz planlandığında sinyal verir. Tipik görüntülemeler gerçek hat yüklemeleri, olası hat yüklemeleri, istasyon üretilmesi ve sistem yedeklenmesidir.

Gözden geçirilen sistem diyagramları: Bu görüntüleme PJM birbirine bağlantılı iletim sisteminin ana gereksinimlerini gösteren bir diyagramdır ve 400 hat ve veri yollarından oluşur. Tümünü sistem diyagramını göstermek olası değildir. Diyagram bu suretle gözden geçirilebilme özelliğine sahiptir. Bu yüzden operatör görüntülemek istediği sistemin diyagramının bölümünü seçebilir.

Onarılmış alt-istasyon ve sistem diyagramları: Bu görüntülemeler alt sistemin donanım planının onarılmış bir resmini içermek için dizayn edilir ve dinamik olarak kesici pozisyonları ve yük akışına bağlı olan bilgileri değiştirir.

Mesaj monitörü: Mesajlar sistem tarafından üretildiği zaman ekranın altında yer alır. Ekranın üstüne yada yazının önceki hattına ulaşana kadar her saniye bir hat hızında ekranda gezinirler. Yazı trafiğinin tipik görüntülemeleri gerçekçi ve olası aşırı yükleme mesajları olabilir. Bu mesajlar, telemetre hata notları, büyük elektrik donanım durum değişiklikleri, bilgisayar/iletişim eksiklik durum değişiklikleridir.

4.3 CEGB Güç Sistemleri

Sistemin belirgin özellikleri: CEGB (Merkezi Elektrik Üretim Kurumu) İngiltere ve Galler'de 12 bölge birimine 400kV/275 kV'luk iletim hatları yardımıyla büyük miktarda elektrik üretilir ve iletilir. Bu bölge birimleri, kişisel tüketicilere dağıtım için uygun bölgelerdir. 1976'da 752 generatöre sahip 58,680 MW gücünde 161 elektrik santrali vardı. 1995'de İngiltere'de elektrik sektörünün özelleştirilmesinde sonra CEGB uzun zaman geçmeden ortadan kalktı. Bununla birlikte, burada büyük elektrik şirketlerinden biri olan CEGB tanıtılmıştır. Burada tanıtılan konfigürasyonun büyük bir bölümü özelleştirmeden sonrada kullanılmaya devam etmektedir. (Ray, 1995) (Russell, 1994)

Sistem kontrol amaçları için, İngiltere ve Galler, Londra'daki ulusal Kontrol Merkezi tarafından yürütülen ve koordine edilen bütün ayrıntılı işlemlerin yapıldığı her bir elektrik şebekesi kontrol merkeziyle belirlenen yedi elektrik şebekesi kontrol alanına ayrıldı. ulusal Kontrol Merkezi, üretim biriminin komşu olduğu Kuzey İskoçya Elektrik Kurumu ve Fransa elektrik şirketi enerji transfer eden programlar için uygundur. CEGB Glasgow'daki Kuzey İskoçya Elektrik Kurumu'nun kontrol merkeziyle ve Lille ve Paris'deki Fransız Kontrol Merkezleriyle doğrudan iletişim halindedir. Birbirine bağlantının tamamlanması ve güç yardımıyla, güç sistemlerini değişik yollarla yüklemek muhtemeldir. Bu yollardan birisi, en düşük yüklenen üretim maliyetini doğal şartlarda tam anlamıyla başarılmasıdır. Rezerv santralleri acil durumu minimuma indirmek için çalıştırılır. Eğer bir güç santralında ansızın üretim kayıpları olursa, diğer güç istasyonlarının sayılarından çıkışta uygun bir yükseliş derhal sağlanmalıdır. (Batth, 1996)

Gerekli olan toplam üretimi sağlamak için çalıştırılan jeneratörler ekonomik ölçütlere bakılarak seçilir. Düşük maliyetli yüksek güçlü santrallerin nükleer santraller ve yüksek

verimli 660 MW ve 500 MW'lık jeneratörler, sürekli olarak çalışır ve mümkün olduğu kadar maksimum çıkışları tümüyle kullanılır. Çok pahalı verimli santraller puant gücü karşılamak amacıyla kullanılır. Marjinal üretim maliyeti ulusal kontrollü elektrik şebekesi kontrol merkezi yardımıyla açıklanır ve dahili alan güç transfer programları yardımıyla en ucuz mümkün olabilecek santralla her zaman yük karşılanır. Santraller tam yükte çalıştırılmayarak belli miktarda artı kalan gücü üretim rezervi olarak saklanır. Herhangi bir anda santrallardan birinin devre dışı kalması durumunda bu rezerv bir ikaz ile kısa zamanda eksikliği tamamlamak için kullanılır. Miktar ve stratejik rezerv üretiminin dönüştürüldüğü bölge sürekli olarak gözden geçirilir. Maksimum güvenliği ve işlemin ekonomikliliğini sağlamak için gerekli olan program belirlenir. CEGB güç sisteminin boyutu ve karmaşıklığıyla, günden güne süren işlemlerin elle tutulan bilgisi gözden geçirilebilir ve dakika dakika inceleme ve kısa zamanlı verimli planlama için gerekli olan geniş bilgisayar kullanımıyla yapılır.

İki bağımsız bilgisayar sistemleri kullanıldı. Bir IBM 370 genel amaçlı bilgisayar sistemi, günlük planlanan işlemsel amaçlı çevrim dışı mod için çalıştırılır. Her yedi bölgenin elektrik şebekesindeki kontrol merkezleri ve ulusal kontrol merkezine kurulmuş olan uzak bilgisayarlar, terminalinin yardımıyla merkezi işlemciye doğrudan bilgi iletir. İkinci olarak, bir çevrim içi bilgisayar sistemi Ulusal Kontrole kurulmuş iki Ferranti Argus 500 Process kontrol bilgisayarlarından oluşur. Bu bilgisayarlar dakika dakika monitörde gerçek işletim sistemi şartlarının çevrim içi görüntülenmesini sağlar ve sürekli olarak denetler. Böylece elektrik şebekesi sistemi gereksiz aşırı yüklenme olmaksızın hataları önler. Alan elektrik şebekesi kontrol merkezinden bir telemetre sistemi üzerinde elektrik şebekesi sistemini çevrim içi verisi görüntüleme sistemine aktarılır.

İşletim planlaması için IBM bilgisayar, merkezin işletilen çevrim dışı tahmin çalışması çoğunluğu 24 saatte veya daha az süreyle işletim sistemi şartlarının tahminiyle doğrudan ilişkilidir. Bu çalışmalar yük tahmin etme, ağ güvenliği, gerilim kontrolü ve üretim programlarını içerir. Bunlar aşağıda özetlenmiştir.

Yük seviyeleri tümüyle hava şartlarına bağlıdır ve bu suretle bilgisayar tahminleri ile bulunan yük tahmini hava durum tahminlerinin ışığında günden güne güncelleştirilmelidir. Düzenli kullanılan bu program yük tahmini amaçlı olarak aşağıda açıklanmıştır:

- Soğuk ve yağışlı eski hava durumu bilgileri yük tahmin analizi tekniklerinde kullanılır
- Bu program her günün her yarım saati için CEGB sisteminin yük miktarını belirler

- Yük tahmin programı kontrol mühendisleri tarafından vardiyada kullanılmak için dizayn edilir.

Sistem güvenlik değerlendirmesi: Bu çalışmada kısa süreli işletim planlamalarından oluşan çalışmalar gelecekteki 24-48 saat içinde güç akışı dağıtımının yargısı devam ettirilir ve kısa devre seviyeleri planlanan ağla temas haline getirilir. Sistem güç akışı güvenlik değerlendirmesinin faaliyet alanı, ulusal ve bölgesel elektrik şebekesi kontrol merkezleriyle ortaklaşa yapılan birincil ve ikincil ağ iletimlerinin doğruluğunu oluşturan değerlendirmelerini içerir.

Sistem gerilim kontrolü: Ulusal Kontrol tarafından piyasaya sürülen dengeli reaktif güç öncelik durumunda; her bir alan kontrol merkezi onun kendi bölgesiyle reaktif güç dengesini meydana getirir. Bilindiği gibi, her bir regülasyon sistemindeki mevcut olan uygulanabilir reaktif güç sınırları, planlanan ağ şartları için çalışılan A.C yük akışı Ulusal Kontrol tarafından yapılır. Böylece kapsamlı ulusal sistem gerilim profili ve reaktif rezerv dağıtımının tatminkar olması sağlanır.

Üretim planlaması: Ulusal elektrik şebekesi kontrol merkezinde kontrol mühendisleri günlük olarak yükü karşılamak için ekonomik olarak santrallerin toplam üretim miktarını belirler.

Güç transferinin optimizasyonu: Bir bilgisayar programı üretimin marjinal fiyatındaki değişikliklerle birbirine bağlantılı sistemdeki dahili grup transferlerinin optimizasyonunu sağlar ve komşu sistemlerin ticari maliyetlerini değerlendirir. Bu işlemler İskoçya elektrik üretim birimi ve Fransa'daki elektrik birimlerinde saat saat yapılır.

Uzaktan işleme: Bilgisayar ağı kullanıcılara yüksek seviyeli bir iletişim sağlar. Her bir kontrol merkezindeki uzaktan işlemler sadece merkezi bilgisayarlarla iletişimi sağlamakla kalmaz; aynı zamanda iletilmiş hesaplanan sonuçların yada diğer uzaktan işlemlerin bilgilerinin merkezi bilgisayarlarda kullanılmasını da sağlar. Bu kendi bölgesine ait kişisel çalışmaların toplam sistem için eşit ulusal çalışmalarda yer almak amacıyla elektrik şebekesi kontrol merkezinde yapılır.

Sistem performansı görüntüleme ve bilgi bankasının oluşturulması: Bilgi bant kayıtları, çevrim içi bilgisayar sisteminin bilgi kayıt özelliklerini oluşturulur. Bu çevrim içi bilgisayar sistemi çevrim dışı merkezi bilgisayar sisteminin güncelleştirilmesi amacıyla işlem görür ve böylece bütün güç sistem bilgilerinin eski kayıtları kaydedilir. Seçilen bilgi

yöresel olarak yazılır veya uzak bir mekanda ileri özel amaçlı programların işlemini gerçekleştirir.

Çevrim içi işlem olanakları: 1000'den fazla telemetreli hat akışları, üretim çıkış miktarı, 7000 otomatik anahtar pozisyonlarının gösterimi ve güç sistemi ikazları Ulusal Kontrola erişir. Fiziksel olarak geleneksel sistemlerle bütün bu bilgileri göstermek imkansızdır ve böylece bir güçlü çevrim içi bilgisayar sistemi gerçek zamanlı bilgi işlemleri ve görüntü amaçları için kurulmuştur. Çevrim içi bilgisayar sistemi çekirdekteki yükleme kapasitesi her bir kelime için 32 KB kapasiteli ve sınırsal ekipmanların bütün geniş kullanımı process kontrol bilgisayarı yani iki Ferranti Argus 500 bilgisayarından ibarettir. Normal şartlar altında, bir hata bağlı bilgisayar, hatda oluşan görüntüleri kontrol etmek ve güç ikaz sisteminin başlatmak için telemetre bilgilerinin yetiştirilmesi için kullanılır. İkinci bilgisayar elektrik şebekesi sistem işleminin güvenliğini devamlı olarak denetlemek için çevrim içi veriyi kullanır. Eğer bilgisayar görüntüsü başarısız olursa, hesaplarını terkederek diğer bilgisayarları da tetikler ve görüntü fonksiyonu benimser. Çevrim içi görüntü eksikliklerini tümüyle bu yolla kopyası çıkarılmasına rağmen, bağımsız sürülen geleneksel görüntü eksikliklerinin bir sayısı diğer çevrim içi bütün bilgisayar hatalarına karşı bir sigorta sağlar.

Bilgisayar görüntüleme sistemleri: Çevrim içi bilgisayar görüntüleme sistemi aşağıdaki olası en önemli görüntüleri oluşturur.

- Ulusal akış diyagramı
- Yöresel 275kV'luk ağ diyagramları
- Elektrik anahtarlama diyagramları
- Önemli elektrik şebekesi sistem parametrelerinin alfa-nümerik listeleri

Vardiyada sürekli olarak üç kontrol mühendisi bulunur. Bunlar dört CRT görüntüleme birimiyle, görüntüleme kontrol klavyeleri ve alan Kontrol Merkezleri eksikliklerinin doğrudan telefonla istenmesiyle kontrol masası ekipmanlarını özel olarak dizayn ederler. Anahtarlar özel CRT seçimini, görüntülenilen bilgilerin kategorisini, seçilen kategorideki istenen resmi, görünen parametrelerin tipini ve geçmişle ilgili istenen zamanı sağlar. İkazlar, kesicilerin veya izolatörlerin durum değişikliği, olay ve izin verilen limitler dışındaki sistem geriliminin sapsması veya aşırı yüklemenin sürekli olduğu çevrim içi bilgisayar yardımıyla üretilir. Olası muhtemel güvensizlikler keşfedilir, çevrim içi bilgisayar ulusal kontrol odasında sesli veya görsel ikazlar başlatır ve CRT kontrol

panelinin kontrol edilmesiyle ikaz bilgileri verir. Bir bilgi geçerliliği her bir güvenlik değerlendirmesinden önce meydana gelir. Birbirine zıt bilgiler veya bilgi kaçırılması CRT görüntüsüyle veya teletype yardımıyla engellenir. Alternatif olarak bilgi değerlendirme programı kesme kurallarıyla hata gelen bilgilerin ayarlanmasını sağlar. (Batth, 1996)

4.4 NGC'nin Enerji Yönetim Sistemi

İngiltere ve Galler'deki elektrik güç sisteminin işletmesini, özelleştirmenin ardından Ulusal Elektrik Şebekesi Şirketi (NGC) yapmaktadır. Elektrik şebekesi sisteminde gün ve gün yapılan işlem Elektrik Şebeke Sistem Yönetimi (GSM) tarafından NGC içinden tatbik edilir. Gerçek zamanlı kontrol fonksiyonu yaygın olarak önemli değişikliğe maruz kalır.

Dört mevcut bölgesel kontrol merkezi fonksiyonları ve bir ulusal merkez, ana ve uydu kontrol odalarından oluşan tek yönetim biriminden güçlendirilmiş ve böylece sürekli olarak insanlaştırılmış tek bir kontrol merkezi oluşturulur. Önemli bir arıza sonucunda bütün bu merkezlerin kullanılamaz olarak temsil edilmesi olayında, üçüncü bir olasılıkta, bütün diğer kontrol odalarının sorumluluğunu almak için yük dağıtım eğitim simülatörü gibi normal olarak kullanılan kontrol merkezinin varlığıdır. Bu yapı içinden, SCADA kolaylıkları ikili faz ile olan merkezi işlemci birimi bilgisayarları tümüyle tek görevli geri beslemeli acil makineler yardımıyla sağlanır.

Güç sisteminin operatör arabirimi önemli olayların görsel ve sesli eğitimsel harita tablolarından oluşur. Her bir operatör dört pencere kadar eş zamanlı gösterilen bilgilerin her bir VDU kapasitesiyle, tek klavyeyle sürülen dört VDU ya kadar oluşan mevcut çalışma istasyonuna sahiptir. Standart konfigürasyon üç VDU insan makine arabiriminden oluşur. 12 ekranlı mevcut bilginin geçişi operatör seçimi yardımıyla idare edilir. Bilgi görüntü seçimine bağlı olarak ya yazı yada grafik formatında sunulur. Güç sistem kontrol fonksiyonun güçlendirilmesine paralel olarak, bir telekomut programı hareket halindedir. Bu yorumlanan telemetre ikaz mesajları vasıtasıyla yerlerdeki ekipmanların şartlarını görüntüleyen güç sistem operatörü yardımıyla yerlerin uzaktan kontrolünü sağlayabilir. (Russell, 1994)

4.5 ENEL Güç Sistemi

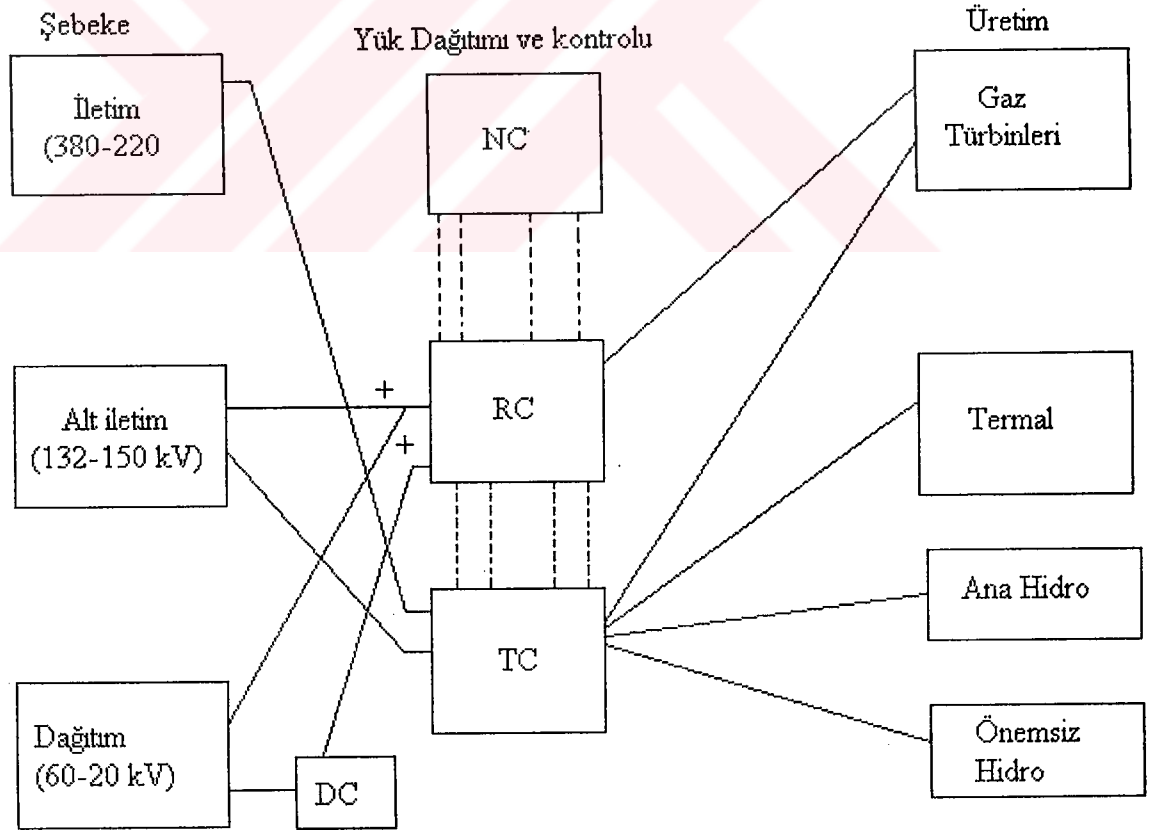
İtalyan ulusal yük dağıtım merkezi ENEL Güç Sisteminin ağ yapısı 380 kV'luk iletim hattı ve yardımcı 150/132 kV'luk iletim hatlarından oluşur.

ENEL'in yük dağıtım ve kontrol fonksiyonları aşağıdaki gibi paylaşılmıştır:

- Bir ulusal kontrol merkezi (NC)
- 8 bölgesel kontrol merkezi (RC)
- uzaktan kontrol merkezleri: Bazıları üretim ve iletim kontrol merkezleri (TC) ve bazıları dağıtım veya bölgesel kontrol merkezlerinden (DC) oluşur.

NC bütün termal yük dağıtımını, ana hidro üretim ve ağ iletim yönetiminden sorumludur. RC'ler önemsiz yük dağıtımını, hidro ve yardımcı iletim ağlarından (132/150 kV) sorumludur. Bunlar da bazı gaz türbinlerini ve bazı yük azaltma rölelerini kontrol eder. TC'ler üretimin, iletimin ve alt iletim ağlarının kontrolü için uygundur. DC'ler yük dağıtım ve dağıtım sistemlerinin kontrolü için elverişlidir.

Şekil 4.2'de hiyerarşi aşamaları ve yük dağıtım kontrol hareketleri gösterilmektedir. Yük dağıtım talimatları, telefon, yazıcılar ve çevrim dışı bilgisayarlar yardımıyla verilir, kontrol hareketleri uzaktaki kontrol kanallarıyla oluşturulur. (Mariani ve ark., 1997)



NC-Ulusal Merkezi
RC-Bölgesel Merkezi
TC-Uzaktan Kontrol Merkezi
DC-Bölgesel Merkez

Şekil 4.2 Hiyerarşi Seviyeleri ve Yük Dağıtım / Kontrol Hareketleri

380/220 kV'luk elektrik düğüm sayısı yaklaşık olarak 300 ve 132/150 kV'ta da yaklaşık olarak 700 alt istasyondur. ENEL güç Üretim ve İletim Kontrol Sisteminin (PGTCS) karakteristik bir özelliği kayıt, görüntüleme ve veri elde etme bağlantılarının otomatik yük dağıtım fonksiyonlarıdır. Bu fonksiyonlar sadece yüksek seviyede (NC) uygulanır ve sadece iletim ağlarını tercih eder.

Durum tahmini ve hata bağlı yük tahminleme gerçek zamanlı çevrede test edilmiştir. Birçok diğer güvenlik incelenmesi, reaktif optimizasyonu, yükleme tahmini, ekonomik yük dağıtım gibi gerçek zamanlı fonksiyonlarda çevrim dışı modunda test edilmiştir. Orta zamanlı tahminleme, istatistikler, değiş tokuş görüşmeleri, sistem analizi (Post-modern, kısa devre, vardiya kurumu ve programlama ile ilgili çevrim dışı fonksiyonlar, NC ve RC'ler tarafından kullanılan bir çevrim dışı bilgisayar sisteminde yıllardan beri kullanılmaktadır.

Çevrim içi sistem, çevrim dışı sistem analizi (post-modern analiz), tahminleme (kısa ve orta zamanlı), istatistikler ve daha birçoğu için gerekli olan hat dışı bilgileri iletir. Çevrim dışı sistem temelde kısa zamanlı işletim programları (aktif ve reaktif güç üretimi) transfer eder.

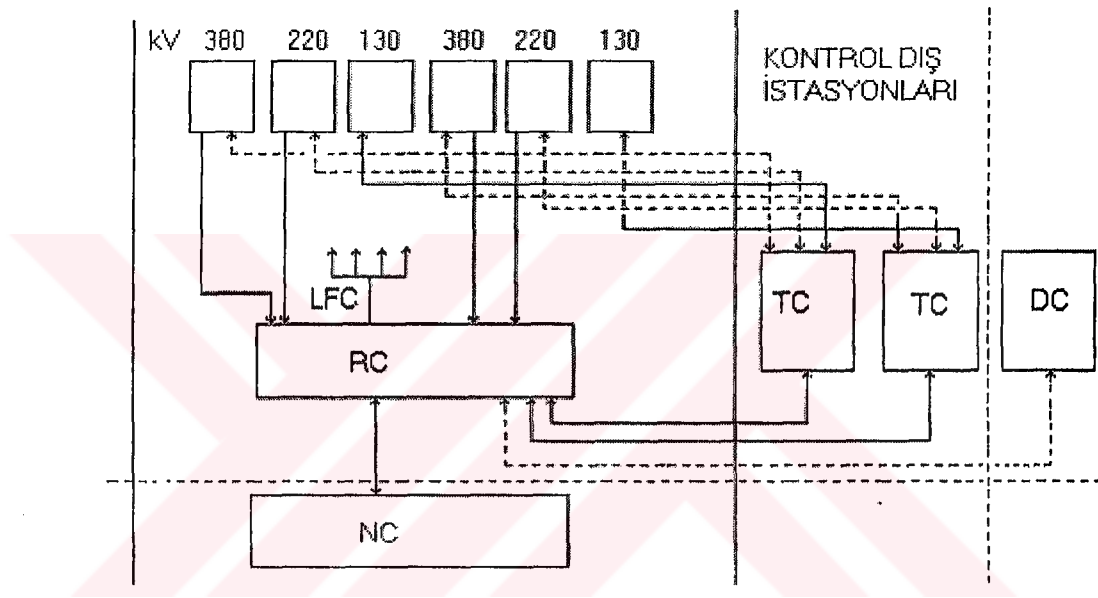
Şekil 4.3'de aşağıda tanımlanan farklı hiyerarşi seviyelerdeki ana fonksiyonları gösterilmiştir.

- Ağ durumuna göre veri elde etme, görüntüleme
- Bilgi kayıtları
- Yüklü frekans kontrolü veya otomatik üretim kontrolü
- Acil durum kontrolü (yük azaltma, uç birimlerin başlaması, pompaların elektriğinin kesilmesi)
- Normal şartlarda kalıcı kontrol(açma ve yükleme)
- Güvenli görüntüleme (ekonomik optimizasyon)
- Programlama (hat dışı uyarılama)

Bilgi yolu alt istasyonları TC yakınına, iletim alt istasyonunu (380-220 kV) RC'ye veya bölgelerine, TC'leri RC'nin bölgesine ve RC'leri NC'ye bağlar. Alt istasyonlardan TC'ye kontrol için gerekli olan bütün bilgi iletilir ve alt iletim harici istasyonlardan (132-150 kV) TC'lere; yük dağıtımını için gerekli olan bilgi iletilir, sadece iletim amaçlı olarak RC'lere

iletilir. Sadece yük dağıtımını için gerekli olan bilgi harici istasyonlardaki iletimlerden RC'lere iletilir. RC'lerden NC'ye, iletim ağıyla ve alt iletim ağının üretilen fazla bilgisiyle ilgili dağıtım bilgisi aktarılır.

Harici istasyonlar iki kategoriye ayrılır; ana iletim ağı ve ana alt iletim ağıdır. Alt iletim ağındaki harici istasyonlar yük akış bilgilerini ana iletim ağına gönderirler. Güvenlik nedenlerinden dolayı iletim harici istasyonları ve RC'ler arasındaki haberleşme kanalları otomatik anahtarlama ile yapılır.



Şekil 4.3, Bilgi Şablonu ve Fonksiyonlarının Yerleştirilmesi

İletişim ağı harici istasyonları ve TC'ler arasındaki haberleşme kanalları, şayet harici istasyon bir güç istasyonu veya özel bir birim olduğunda kopyası çıkarılır. Operatöre ağı bir ayrıntılı görüntüsünü ve aktif güç akışlarını verir. NC tablosu 380 kV'luk ulusal ağı gösterir ve her bir RC tablosu 380-220 kV'luk yöresel ağı gösterir. Analog kaydediciler kontrol altındaki elektrik sisteminin çok önemli bilgilerini kaydetmek için kullanılır. Değerler ya işlenmiş yada işlenmiş olarak kaydedilir. Yazıcılar elektrik sistem olaylarının, haberleşme sistem olaylarını ve operatörün isteklerini hemde masaların isteklerinin çıktılarını almak için kullanılır. Günlük düzenlenen zamanda otomatik olarak çıktıları almak için de kullanılır. CRT konsülleri operatör sistem diyalogunun ana unsurlarını oluşturmak için kullanılır.

Şematik görüntülemeler sistem performansına, işlem programlamasına uygun bilgiler sunar. Bu görüntülemenin temel özellikleri şunlardır:

- Diğer istenen görüntüleri kullanan indeks görüntüler
- Temsil bilgilendirme ve ikaz mesajlarının iptali için kullanılan ikaz görüntüler
- Ağ görüntüler
- Yüklenmiş frekans bilgi kontrol görüntüler
- Programlanmış görüntüler
- Arşiv görüntüleri, veri elde etme sistemi ve haberleşme ağının kontrolü ve görüntüleme amaçlı kullanılan DAS görüntülerdir.

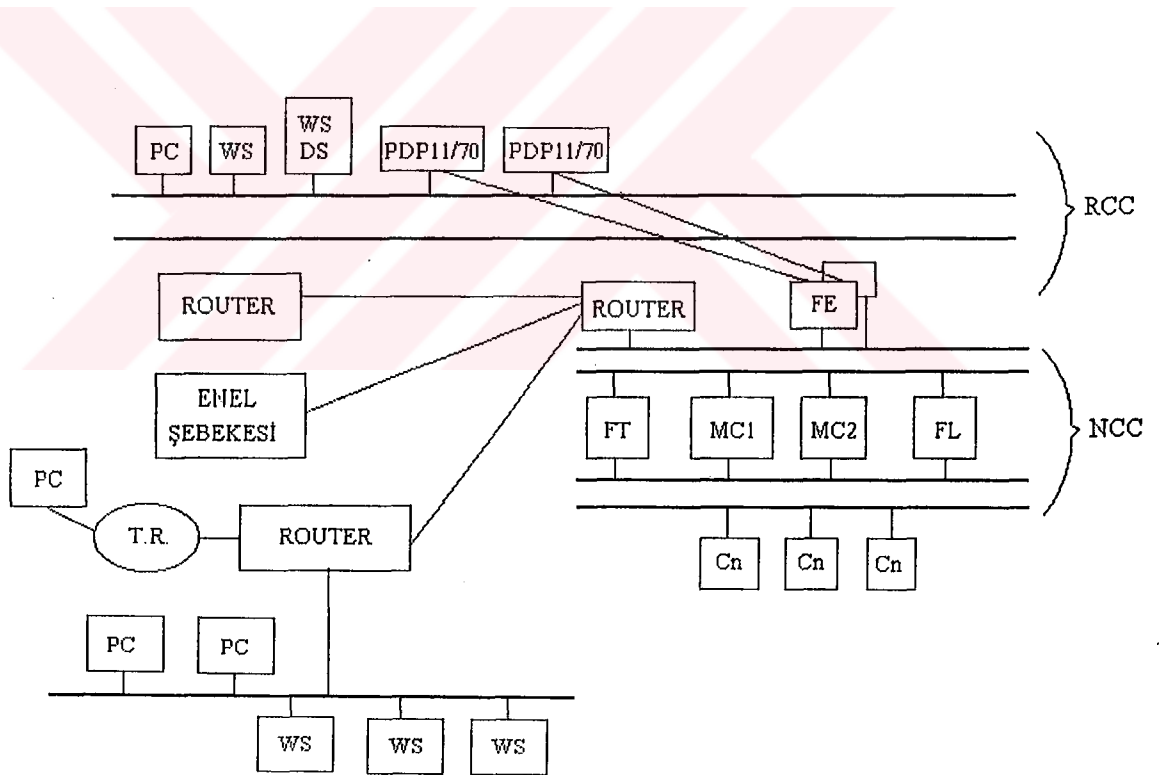
Operatörler şematik görüntülerini bilgi girmek veya bilgisayara aktarmak için kullanır. Bu görüntüler değişik güç sistemi parametrelerinin histogramlarını sunar. Ağa, akımın görüntülerini, aktif ve reaktif güç akışlarının yerine transformatörün payını, eski bilgilerin görüntülenmesini el ile kesicilerin ve izolatör durumlarının güncelleştirilmesini etiket şartlarını girmeyi ve yük frekans kontrolü içine hidro birimlerini eklemek veya onun üstünden nakil için iletişim komutunu vermeyi yapabilmelidir.

NC bilgi durumu birincil bilgisayarda bulunur. Bu bilgisayar RC'deki alana doğru bilgi girişinden ve diğer yerel giriş araçlarından (işlem konsülleri, yöresel terminal birimleri) sürekli olarak güncelleştirilir. Geri beslemeli bilgisayarda kopyası çıkarılır ve sürekli olarak birincil bilgisayardan güncelleştirilir. Çekirdek hafızada depo edilir ve kafa disketine doğru hareket eder ve önceden belirlenen zamanda hafızalara (teyplere) kaydedilir. Veri elde etme sistemiyle ölçü aletleri, durum sinyalleri, elektrik santrallerinde ölçüm, transformatör oranları, yük frekans kontrol düzenleme seviyeleri hakkında veri toplanır. Hatlar, transformatörler, jeneratörlerle ilgili parametreler, yüklemeler, düğümler, kesiciler ve düğüm hatlarının verileri toplanmalıdır. Sistem eleman bilgisi, temelde mevcut olan hesaplama elemanlarını gösteren durum sinyallerini ve tele iletim sistemini içerir. Uygulama bilgi durumu LFC (yükleme frekans düzenleme parametreleri) gibi bilgi için gerekli olan uygulama programlarını, video görüntüleme sayfaları için adresleri, arşiv yönetimi için bilgileri, ikaz yönetimi için bilgileri içerir.

Şekil 4.4 ENEL sisteminde işletilen iki düğümlü sistemin çevrim içi bilgisayar ağını gösterir. En üstte sınır noktalarla (güç santralleri) bağlantılı olan ikinci bağlantı (Bölgesel Kontrol Merkezi, RCC) merkezi şekilde gösterilir. Ulusal kontrol (NNC, şeklin altında)

RRC çevrim içi bilgisayarlar arasındaki noktadan noktaya durumlarla bağlantılıdır ve iki seviyeli ağ oluşturulur. Çevrim dışı hesaplanan ağ kişisel bilgisayarlar ve RCC'deki iş istasyonları (WS) tarafından oluşturulur. Bunlar çevrim içi bilgisayarlar FT (Hata toleransları) MC1 ve MC2'le paralel olarak bağlı bulunurlar. NCC'de çevrim içi bilgisayar sistemi elektrik sistem operatörü konsülleri (CN) tarafından tamamlanır. İş programları mesajlara doğru bilgi toplayan ve istendiği zaman onları tekrar toplayan iletim araçlarıdır. T.R. halka bölge ağının (LAN) simgesel bir işaretidir ve NCC'de görüntüleme amaçları için PC'lerin vazifesini görür.

Bütün yönlerde iletim bilgisi oluşturulabilir, sadece iki iş programına (NCC'de ve RRC'lerde) doğru noktadan noktaya bağlantı değil, aynı zamanda geniş bir alan ağı (WAN, şeklin sol ortasında belirtilen ENEL şebekesine) doğrudan yapılıır. İş programları hatta bağlı sistemle de bilgilerin değiş tokuşunun yapılmasını ve hatta bağlı işlemler için mevcut olan bilgilerin yapılmasını sağlar.



FT=Hata tolerans bilgisayar
 MC=Ana bilgisayar
 FL=Çevrim dışı bilgisayar
 FE=Öndeki bilgisayar

Şekil 4.4. Bir Avrupa Şirketinin Yük Dağıtım Kontrolünde Haberleşme ve Bilgisayar Sisteminin Mevcut Durumu

4.6 Ontario Hidro Güç Sistemi

Ontario Hidro Güç Sistemi, 1600 km'den daha fazla doğu ve batıya uzanan, 650000 kilometrekarelik Ontario bölgesinde elektrik iletimi ve üretiminden sorumludur. 1988'de, kurulu üretim kapasitesi, 6500 MW hidrolik, 12800 MW konvensiyonel termal ve 10400 MW nükleer toplam 29700 MW'tı ve sistemin maksimum talebi 22600 MW'tı. Elektrik şebekesi iletimi 500 kV, 230 kV ve 115 kV'dan ibarettir. Kanada'daki Manitoba ile Quebec ve USA'daki elektrik şirketleriyle birbirine bağlantılıdır. (Mariani ve ark., 1997)

Güç sistemi çok noktalı organizasyonlar yardımıyla çalıştırılır. Bunlar:

- İşletim merkezi istasyonu (birçok hidro elektrik santralleri, birçok transformatör istasyonları ve tümüyle kontrol edilen temel açma istasyonları)
- Kendi bölgelerindeki işletim merkezi istasyonlarını yöneten bölgesel işletim merkezleri
- Toronto'da kurulu olan sistem kontrol merkezidir.

Sistem kontrolünün iki fonksiyonu vardır. Birincisi, iletim işlemini, açma ve büyük güç sisteminin dönüşümünü (115 kV ve üstü) yönetir. İkinci olarak, ekonomik programları, üretim yüklemeye eksikliklerini ve diğer sistemlerle iletimlerini yönetir. Sistem Kontrol Merkezi Ontarionun bir tarafından öbür tarafına ve komşu sistemlerin geniş sayıdaki telemetre miktarlarını ve temel istasyonlardaki kesici durumlarının görüntülenmesini sağlar. Bir IBM 1800 bilgisayar yüklemeye frekans kontrolü, telemetreden elde edilen bilginin birkaç işletim sistemi limitlerini görüntüleme ve geniş ses iletişim sistemine adanmış sistem kontrolüyle bağlantılı bölgesel işletim merkezleri ve ana istasyonlar ve sistem komşulukları için kullanılır.

Güç sisteminin işletilmesi güç sistemlerinin aktif olduğu olayların analiz edilmesi ve uygun zamanda ıslah edici veya güç verici hareketlerin yürürlüğe konulması için hızlı uygun verilerin toplanması gereklidir. Bu iş iki sebepten dolayı zor olur. Bunlar, karmaşıklığın artması ve artan özenli güvenlik standartlarıdır. Üretim programlama çok karmaşık olur. Büyük oranda yakıt değişimiyle birlikte üretim kaynaklarının sayısındaki artış ve komşu sistemlerle birbirine bağlantıda artan hızlı kullanım ve büyük değişiklik ve alım ve satım sayısında büyük bir artış mevcuttur. Geniş gerilim çökmesi olasılıklarını minimuma indirmek için özenle hazırlanan güvenlik standartları bundan başka, standartlar yüklemeye seviyelerinin bütün kombinasyonlarına, üretim biçimlerine, tutanakların değiş

tokuş edilmesi, hava şartları ve donanımın arızalarını göz önüne alarak oluşturmalıdır. Bu standartlarla tanışmak için, önceden sezilebilir ki kabul edilen bilgiyle sistemi tanıştırmadıkça önemli hesaplamaların yapılması ve anahtar sonuçlarının görüntülenmesi okunabilir anlaşılabilir bir formatta olmaz. Aşırı baskı kontrol yöneticilerinin üzerinde yer alabilir ve ciddi problemlerin olma ihtimali büyük oranda artabilir.

Veri elde etme ve güç sistemi işlemleri için hesaplanan sistem (DACS), ana ağın görüntülenmesini verimli bir şekilde yapabilen, sistem güvenlik sınırlarını ihmal etmeleri tahmin edebilen, ardışık süren beklenmedik olayları minimum etmek için uygun hareketi seçebilen kontrol yöneticileri için bir araçtır. Otomatik üretim kontrolü hariç, bu sistem döngülü bir sistem değildir.

DACS üretim, transformatör ve güç sistemlerine karşı açma istasyonlarından bilgileri toplar ve aşağıdakileri amaçlar.

- Doğruluk için bütün bilgileri denetlemek.
- Özel bilgileri bir duvar diyagramında ve sistem işletim konsüllerinde görüntülemek
- Önemli hesaplamaları denetlemek ve güvenlik limit ihlallerini tahmin etmek için oluşturmak
- Üretim kaynaklarının kullanımını optimize etmek ve
- Bütün önemli kayıtları muhafaza etmek.

Şekil 4.5 temel donanım birimlerinin onların bilgilerinin arabirimlerini gösteren DACS'nin bir blok diyagramıdır. DACS beş alt sisteme ayrılır:

- Veri elde etme alt sistemi
- Bilgisayar alt sistemi
- İnsan/makine alt sistemi
- Yazılım alt sistemi ve
- Kesintisiz güç kaynağı (UPS) alt sistemi

Veri elde etme alt sistemi, güç sistemlerinden bilgisayar alt sistemlerinin içine bir bilgi durumu oluşturmak için dijital bilgileri toplar. Kontrol merkezi ve güç sistemleri boyunca elektriksel enstrümanlar arasındaki bilgiyi tedarik eder. Veri elde etme alt sistemi, insan makine alt sistemlerinin belli ayrılmış kısımlarıyla iletişimi sağlamak için bilgisayar alt sistemlerinin de kapasitesini tedarik eder. Kontrol merkezindeki ana istasyon, güç

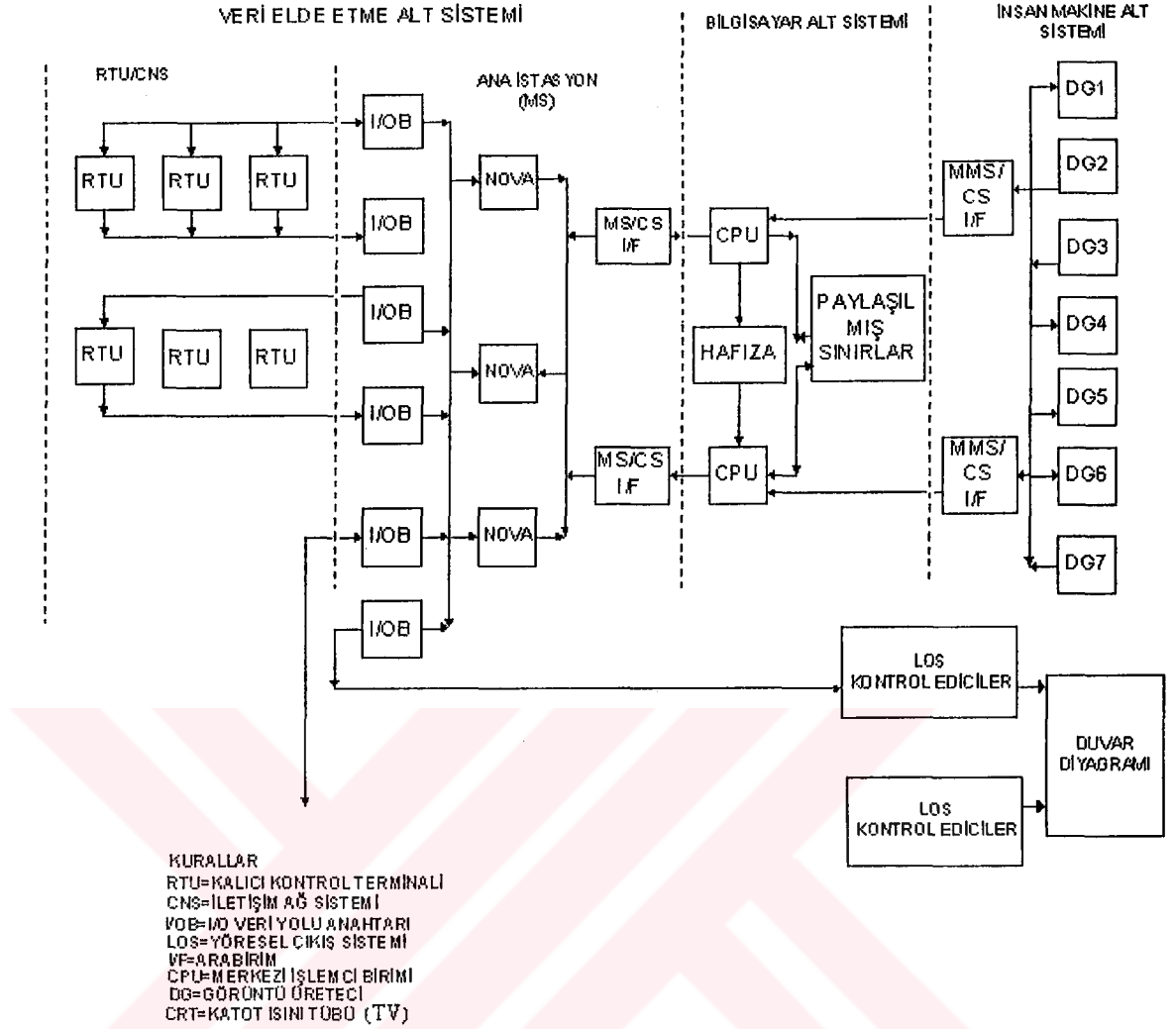
sistemleri boyunca yer alan kalıcı terminal birimleri (RTU'lar) ve elektrik şirketinin sahip olduğu mikrodalga ve kiralanmış özellikleri olan iletişim ağlarından oluşur. Bütün otomatik ve elle açmalı sistemler çeviricinin başarısızlığı durumunda AC istasyon işine RTU güç kaynağını transfer etmek için sağlanır. Buna ek olarak, her bir haberleşme linki sürekli olarak devamlılık ve servisin kalitesi için görüntülenebilir ve herhangi bir sapma bakım personeline uyarı kontrol merkezinde ikaz mesajları üretebilir.

Haberleşme ağı, iki bilgisayarın diğeriyle aktif olduğu ve böylece birisinin diğeriyle sistemde bir yedekleme birimi gibi davranmasından oluşan üç Nova küçük bilgisayardan ibaret olan ana istasyondan oluşur. Küçük bilgisayarlar 24 K 16 bitlik çekirdek hafızasıyla donatılmıştır.

Bir bilgisayar alt sistemi arabirimi her bir üç Nova küçük bilgisayar için tedarik edilir. Arabirim birimleri yüksek hızlı bilgi transferi üzerinde başlayan Unicav 1106 çoklu mikroişlemci sağlanan bir tampon gibi çalıştırılır. Veri iletişim alt sistemi, özel bilgileri seçen ve dönüştüren ana istasyonda bulunan bir bilgisayar yardımıyla kontrol edilir.

DACS bilgisayar sistemindeki temel fonksiyon, çoklu işlemciyle bağlantısı donanım ve yazılım işlemcisi iki Univac model 1106 tarafından oluşturulur. Onun modüler yapısı gelecekteki gelişim gereksinimlerini tamamlamak için eleman eklenmesine izin veren bir yapıdadır. 262 KB'lık çekirdek hafıza ve disk alt sisteminin eklenmesi hata bağı ve hat dışı bilgisayar sistemini konfigürasyon edebilmek için mevcuttur.

Duvar diyagramı, iki tip belirteç kullanır; aydınlatılmış belirteçler ve metreler. Aydınlatılmış belirteçler, kesici işleminin olduğu durumları tanımlamak ve hat sonu durumlarını göstermek için kullanılır. Yazılım genellikle üç kategoriye ayrılır: Sistem yazılımı, destek yazılımı ve uygulama yazılımı. DACS sistem yazılımında; işletim sistemi, Univac arabirim sistemi, insan-makine arabirimi, veri elde etme yazılımı ve veri tabanı yazılım bölümleri mevcuttur.



Şekil 4.5 DACS Sisteminin Basitleştirilmiş Blok Diyagramı

DACS sistem izlenmesi ve görevlerin yürütülmesi ile kullanılan bütün programları ihtiva eder. Bunlar, iletişim hatalarını tespit edecek ve ikaz verecek yazılımı kapsar. DACS için temel dayanağı, geniş güç sistemlerinde yüksek seviyeli güvenliği sağlama gerekliliğidir. Güvenlik uygulama programları, sistem güvenlik sınırları karşılamazsa veya gelecek zaman içinde bir aşırı yüklenme olursa bu tür durumları tespit etmek için geliştirilmiştir. Bu durumda, yönetici kontrole durumu doğrulamak için kullanabilen bilgiler sağlanır. Uygulama programları için temel veri, durum tahmin edici program ile sağlanır. Bu veriler, gerçek zamanlı izleme programları ile analiz edilir. Bunlar:

- Değişik sistem parametresi kullanarak hesaplamaları yapar ve hat dışı çalışmalarla belirlenmiş güvenlik sınır değerlerine karşı sonuçları karşılaştırır.
- Değişik sistem elemanları örneğin, hatlar, trafolar v.s. yapabileceklerine göre karşılaştırır.

- Gereksinimlere karşı depolama (ayırma) üretiminin yerini ve büyüklüğünü karşılaştırır.

Gerçek zaman kontrol programları otomatik üretim kontrolü için kullanılır. Bu programlar, geleneksel yük-frekans kontrol teknikleri kullanarak gerekli üretim ayarlama sinyallerini üretir. Ekonomik yük dağıtımı, kullanılan taban noktası ve katılma faktörlerini birleştirir. Herhangi bir harici güç sistemi, sürekli kontrol merkezi için kritik olan ekipman ve DACS işletimi iki adet 600 kW'luk dizel jeneratör ile desteklenir. (Mariani ve Murthy, 1997)

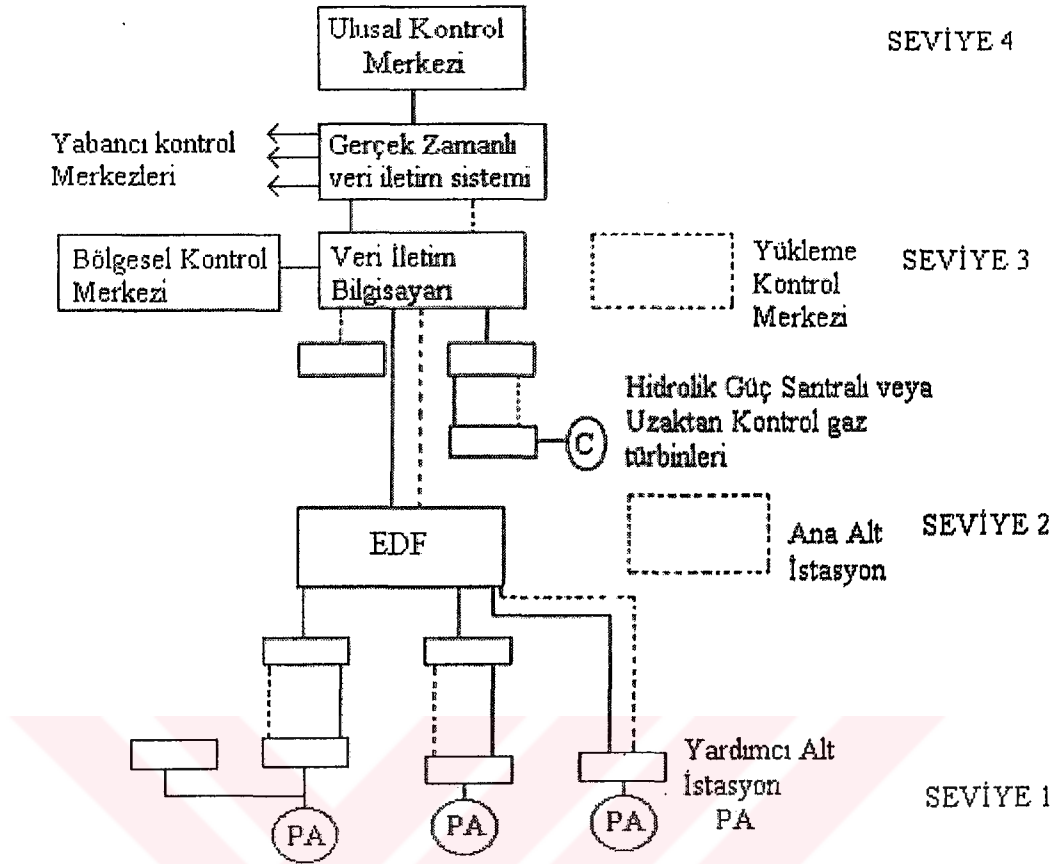
4.7 Fransız Sistemi

Bilgisayar teknolojisindeki çok hızlı gelişim, tümüyle eski olan 1968 ve 1973 yılları arasında Fransız Enerji Sisteminde (EDF) gerçek zamanlı kontrol sistemlerinin kurulmasının sağlanmasıyla küçük bilgisayarlara güvenilirlik ve güçte önemli artışlar sağlandı. Bu suretle bu sistemler ilk olarak ulusal kontrol merkezinde ve yedi bölgesel kontrol merkezinde karşılığının verilmesine karar verildi. (Auge ve ark., 1984)

Fransız sistemindeki toplam kurulum kapasitesi 103,300 MW'tır. 1990 yılında bu güç; Nükleer 55.750 MW, Termal 22.700 MW ve Hidro 24.850 MW tır. Nükleer güç kapasitesi, toplam 399,5 MW'ın % 74,5'ini karşılıyordu. Yüksek gerilim hattı, 400 kV gerilimli 19000 km boyunda ve 225 kV gerilimli 25500 km boyundadır.

EDF sistemini kullandığı boyutlar ve sistemin karmaşıklığı tek merkezi otorite tarafından dünyada yönetilen en geniş bir sistemdir. 400 kV'luk birbirine bağlı iletim sisteminin kontrolü ulusal kontrol merkeziyle uyumludur ve bunun alt istasyon ağı 225 kV'da 63 kV'luk bölgesel uygunluklara da sahiptir.

Yükleme frekansı kontrol fonksiyonu normal olarak bütün Fransız güç sistemi için ulusal kontrol merkezi tarafından gerçekleştirilir. İki frekans metre yardımıyla ağ frekansının iki saniyede bir belirlenmesinin temelinde ve ulusal ağ düğümlerinin ölçülmesinin temelinde de, kontrol düzeninin kurulması ve güç sistemine her beş saniyede kurulması yatar. Bütün ulusal kontrol merkezlerindeki bilgisayarlarının eş zamanlı olarak çökmesi durumunda, yedekleme özel işlemci tarafından sağlanır. (Auge ve ark., 1984)



Şekil 4.6 EDF'nin Yeni Gerçek Zamanlı Sisteminin Blok Diyagramı

Şekil 4.6'da gerçek zamanlı kontrol sistemi gösterilmektedir. Burada dört kontrol seviyesi vardır.

- Seviye 1'de alt istasyonlardan ve santrallardan veriler toplanır ve uzaktan kontrol istekleri ulaşır. (PA)
- Seviye 2'de bilgilerin kontrol merkezine gönderilmeden ve kalıcı sistem elemanlarının oluşturulmasından önce birleştirildiği işletim sistemiyle (EDT) donatıldığı usta alt istasyonların konsülleridir.
- Seviye 3'de standartlaşmış veri elde etme bilgisayarları ve seçici bir şekilde bölgede sistemlerin işlenmesini bilgilere doğru dağıtımını yapar ve alt iletim ağlarının gerçek zamanlı kontrolü için bilgisayar araçlarını sunan gerçek zamanlı ulusal kontrol merkezlerini seçer.
- Seviye 4'de gerçek zamanlı bilgi iletim sistemi (TTR) için merkezi anahtardır. Bu anahtar veri elde etme bilgisayarlarından gelen veriler için merkez gibi davranır ve

hedefleri ya ulusal yada bölgesel veya yabancı kontrol merkezlerinin işlemsel sistemidir.

Bilgisayar konfigürasyonu 150 ns'lik periyoda sahip iki 16 bit endüstriyel bilgisayardan ibarettir. Normal işletim modunda, bilgisayarlardan biri aktiftir ve ağdan gerçek zamanlı bilgi elde eder. Diğer bilgisayar yedek gibi davranır ve yazılım işlemleri veya bilgi durumunun güncelleştirilmesi için kullanılır. Gerçek zamanda bilgisayarda oluşan hata durumunda, anahtar açması otomatiktir ve 60 saniye içinde yer alır. Her bir bilgisayar 1024 kilobaytlık merkezi bir hafızaya sahiptir. Görüntüleme sistemi genellikle kontrol merkezinde kullanılan sistemlerde farklılık gösterir. Operatör ve bütün ekrandaki resimlerle bağlantılı olan bir kontrol sistemi tarafından sürülen her konsül için iki grup halinde birleşmiş bir dairesel şekle sahip dört renkli grafik görüntü ekranından yapılır. İnsan makine iletişimi açık kalem veya izleme topu, operatör seçimleri ve dijital bir klavye yardımıyla yürütülür.

Bu çeşit ekranın temel avantajı; yüksek yoğunluklu güç sistemi diyagramlarıyla ilişkili geniş okunabilir görüntüleri sağlamaktır. Örnek olarak 69 alt istasyona sahip 400 kV'luk bir Fransız sistemi; hat akışını ve elektrik düğümlerinin sunumunu gösteren iki resimle komple gösterilebilir. Görüntü istekten sonra bir veya iki saniye içinde elde edilir. Grafik görüntülerindeki sistem resminin sunumunun kalitesine rağmen, taklidi bir diyagram sağlamak önemli olarak düşünülür. Sonraki, özellikle dengesiz elektrik şebekesi şartlarında faydalı görünebilir.

Değiştirilebilir prosedürlerin yönetimi iki ön taraftaki bilgisayar yardımıyla normal bekleme modundaki öndeki bilgisayar ve basitleştirilmiş prosedürün kontrolü altında oluşturulan işlemsel bilgisayar arasındaki değiş-tokuşla birleştirilir. Ulusal kontrol merkezi gerçek zamanlı veri iletim sistemi ile birleştirilir. Verinin yolu ulusal kontrol merkezine bölgesel veri elde etme bilgisayarları aracılığıyla yapılır. Ulusal kontrol merkezi üretim ve iletim yardımıyla işlem politikasını tahmin eden planlanmış işlem sistemine de bağlanır. Bu iki hata bağlı birleştirilmiş iki sistemin avantajı transfer edebilme yeteneğidir. Gelecek gün için üretim birimlerinin birim kesin programları ile 24 saatlik tüketim tahminleri, işlem planlama sistemindeki güncelleştirilen sistemin elemanlarının elektriksel karakteristikleri belirlenir. Duruma uygun bilgilerin gerçek zamanda göz önünde bulundurulması ve ağ tahmin çalışmaları için kullanılır. Bu, amacı bütün EDF bilgisayar sistemlerinin teknik

olarak yönetim, hesaplama ve finansmanını yapma olan ulusal haber işleme sistemi bilgi iletim sistemine doğru oluşturulur.

Ulusal kontrol merkezinin fonksiyonları iki farklı kategoriye ayrılabilir:

- Enerji sistemi için gerçek zamanlı kontrol sisteminde birincil analiz araçları gerçek zamanlı bilgilerin elde edilmesi ve bilgilerin doldurulması, insan makine iletişimi,yük akışları, gerilimler ver yükleme frekans kontrolünün güvenli görüntülenmesini göz önünde tutar.
- Gerçek zamanlı kontrolde yeni araçlar olan ikincil analiz araçları durumunun gerçek zamanlı analizine izin verir. Eğer gerekliyse, hemen etki gösterecek değişiklikler yapar ekonomik ve güvenlik açısından birleştirilen sistem işleminin gelişimini amaçlar. Durum tahmini, güvenlik analizi, ekonomik yük dağıtımı yük akışını yapar.



BÖLÜM 5

TÜRKİYE'DE ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİ

5.1 Türkiye'de Enterkonnekte Sistemin Gelişimi

Türkiye'de yük tevziinin kuruluşu enterkonnekte sistemin kurulması ile başlar. İlk enterkonnekte sistem 1952 yılında kurulmuştur. 1952 yılında 60 MW kurulu gücünde olan Çatalağzı Santrali tüketimin azlığından dolayı düşük yükte çalışmaktaydı. Dolayısıyla mevcut kapasiteden tam istifade edilemiyordu. İstanbul'un artan ihtiyacını ise 72 MW gücündeki Silahtar Santrali karşılayamaz olmuştu. İşte çatalağzındaki fazla kapasiteden istifade etmek amacı ile her iki santral toplam uzunluğu 290 km. olan 66-154 kV enerji iletim hattıyla birleştirilerek paralel çalıştırılmaya başlandı. Her iki santralin paralel çalıştırılmasıyla ortaya bir takım sorunlar çıktı. Bu sorunları şöyle sıralayabiliriz;

- Müşterilerin değişen yük ve enerji taleplerinin santraller arasında taksimi
- Arızalarda müşterilerde meydana gelen arıza sürelerinin uzaması,
- Sistemde voltaj ve frekansın ayarlanması.

İşte bu sorunların çözümü santrallerin tek bir merkezden kontrol ve kumandasının yapılmasını zorunlu kılmaktaydı. Bu düşünceden hareketle görev çatalağzı santrali kumanda operatörlerine verildi. 1952'den 1953 yılına kadar her iki santralin paralel çalışması devam etti. Ancak 1953 yılında santrallerin paralel çalışmasına son verilince görevde kendiliğinden sona erdi. Zamanla artan enerji ihtiyacı ve enerji ihtiyacını yüksek maliyetle belde santrallerinden temin eden tüketicilerin enterkonnekte sisteme bağlanarak ucuz ve emniyetli enerjiden istifade etmek istemeleri üzerine yeni santrallerin kurulması ve santrallerin paralel çalıştırılmaları gerekmiştir. Bu nedenle Çatalağzı ve Silahtar santrallerine yeni gruplar ilave edildi. Sarıyar, Hirfanlı, Tunçbilek santralleri kuruldu. Bu santrallerin ilavesi ile Kuzey Batı Anadolu (K.B.A.) adı verilen enterkonnekte sistem süratle gelişti. 1956 yılında Çatalağzı, Silahtar ve Tunçbilek santrallerinin paralel çalışmaya başlamaları üzerine yük tevzicilik görevi, Ümraniye trafo merkezindeki kumanda operatörlerine verildi. Ancak bu operatörlerin hem kendi görevlerini yapmaları hem de yukarıdaki görevleri yapması ve yaptırması mümkün olamadı. Müstakil bir

işletmenin, yani yük tevzi merkezinin kurulmasını zorunlu kıldı ve ilk defa 20 Kasım 1956'da Adapazarı'nda Kuzey Batı Anadolu Yük Tevzi Merkezi kuruldu.

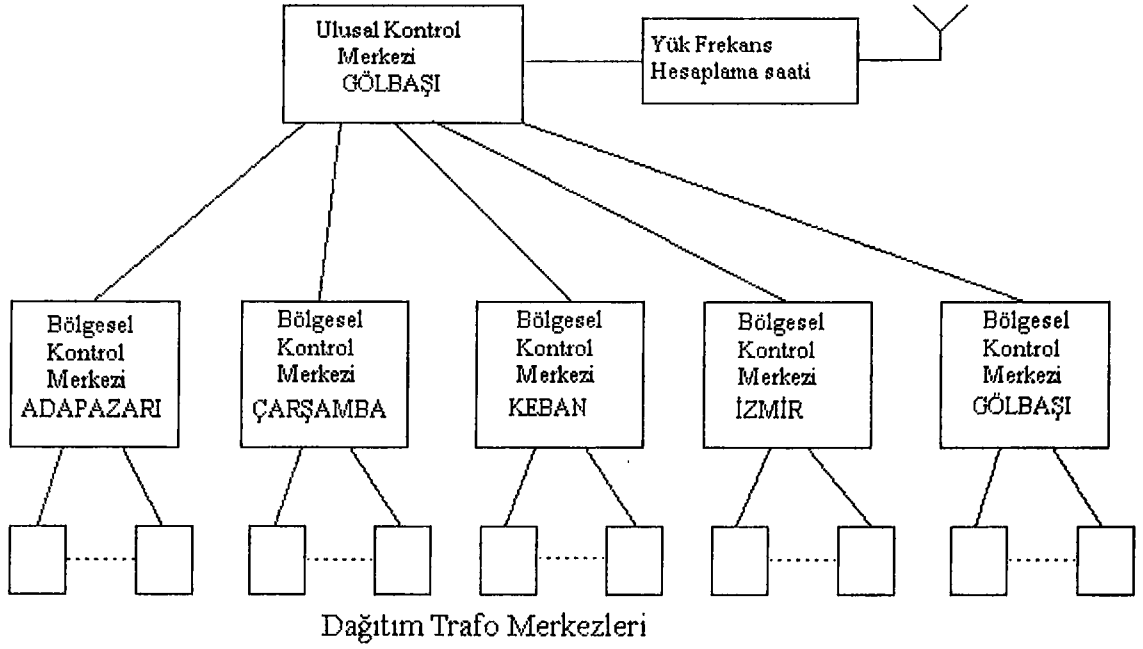
K.B.A. enterkonnekte sistemindeki gelişmeye paralel olarak 1957 yılında Soma-A santralının İzmir santrali ile paralel çalışmaya başlaması ve buna 1958 yılında kemer santralının ilavesi ile Batı Anadolu'da da yeni bir yük tevziinin kurulması gerektiğinden aynı yıl İzmir'de Batı Anadolu Yük Tevzi Merkezi (B.A) kuruldu. Zamanla K.B.A. enterkonnekte sisteminde meydana gelen enerji ve güç yetersizliğini, B.A. sistemindeki fazla kapasiteden karşılamak için 1963'te her iki sistem Bursa-Göbel E.N. Hattı ile birleştirilmiştir. 1959 yılında Orta Anadolu, 1970 yılında Karadeniz ve Çukurova, 1974 yılında Doğu Anadolu Bölgeleri K.B.A. – B.A sistemlerine bağlanmıştır. Bunun sonucu olarak 1969 yılında Hirfanlı, 1971 yılında Seyhan, 1972 yılında Samsun, 1974 yılında da Keban Yük Tevzi Merkezleri kurulmuştur.

Bu merkezlerin koordinasyonu, enterkonnekte sistemde frekans, voltaj ayarı ve ekonomik yüklenmenin gerekliliği düşüncesinden hareketle bir merkezden sevk ve idaresinin yapılması Milli Yük Tevzi düşüncesini ortaya çıkarmıştır. Bu görev 1985 yılına kadar K.B.A. Yük Tevzi Merkezince yürütülmüştür. Aynı yıl Gölbaşı (Ankara) Milli Yük Tevzi Merkezi diğer adıyla Ulusal Kontrol Merkezi (UKM) kurularak faaliyete geçmiştir. (Demirkol, 1992) (Gülbin, 1990) (Loğlaroğlu, 1995)

5.2 Ulusal Yük Dağıtım Sistemi

Günden güne büyüyen ve bir arada çalışan çok sayıda ve çeşitte elemandan oluşan Ulusal enterkonnekte Elektrik Şebekesinin işletilmesinde salt insan çabası yetersiz kalmaktadır. Elektrik şebekesinin daha etkin bir şekilde işletilmesi için kurulan Ulusal Yük Dağıtım Merkezi, 380 kV ve 154 kV trafo merkezlerini ve önemli santralleri izler. (Uçan, 1993)

Ulusal Yük dağıtım sistemi hiyerarşik bir yapıya sahiptir. Bu hiyerarşinin tepesinde Gölbaşı'nda bulunan Ulusal Kontrol Merkezi (UKM) yer almaktadır. Bu merkeze bağlı beş Bölgesel Yük Kontrol Merkezi (BKM) Adapazarı, Çarşamba, Gölbaşı, İzmir ve Keban'dadır. Şekil 5.1'de ulusal kontrol sisteminin organizasyonu görülmektedir.



Şekil 5.1 Türkiye'deki Ulusal Kontrol Organizasyonu

5.3 İletişim Sistemleri

Ulusal yük dağıtım sistemi kapsamındaki bütün veri ve ses iletişimi kuranportörler vasıtasıyla enerji nakil hatları üzerinden yapılmaktadır. Gelecekte radyolink ve fiber optik linklerin kullanılması da düşünülmektedir. Halen kullanılmakta olan kuranportör kanallarının hızı Ulusal Yük Dağıtım Merkezi ile Bölgesel Kontrol Merkezleri (BKM) arasında 2400 Baud, bölgesel yük dağıtım merkezleri ile Uzak Terminal Birimi (UTB) arasında ise 200 Baud olup bütün linkler yedeklidir. UKM ile BKM'ler arasında Westinghouse Integrated System Protocol (WISP) ve UTB'lerle BKM'ler arasında ise Westinghouse System Micro Telemetry (4F4) iletişim protokolları kullanılmaktadır. Veri iletişimde kullanılan bu özel protokollar güvenli bir iletişim sağlanması için hata kontrol kodlarına sahiptir.

5.4 Bilgisayar Sistemleri Donanımı

Ulusal kontrol merkezi çift VAX-11/785, Bölgesel Kontrol Merkezleri ise çift VAX-11/730 bilgisayar sistemleri ve çevre birimleriyle donatılmıştır. Birbirinin yedeği olarak çalışan bu bilgisayarlardan çevrim içi (on-line) olanının arızalanması durumunda çevrim dışı (off-line) bilgisayar otomatik olarak onun görevini üstlenmektedir. Çevrim içi bilgisayarların işlediği veriler, bilgisayarlar arası link üzerinden yedek olarak bekleyen çevrim dışı bilgisayarlara da aktarılmaktadır. (İnce, 1992) (Dinçoğlu, 1991)

Kontrol merkezlerindeki bilgisayar sistemlerinin çevre birimleri arasında yazıcılar, yarı-grafik ekranlar, disk üniteleri, kaydediciler bulunmaktadır. Ulusal Kontrol Merkezinde uluslararası bir radyo vericisinden zaman sinyalleri alan bir saat sistemi de bulunmaktadır.

Bilgisayar işletim sistemleri ise, Ulusal ve Bölgesel Kontrol Merkezlerindeki VAX-11/785 ve VAX-11/730 bilgisayarlar gerçek zaman uygulamaları için iyi bir ortam olan VAX/VMS işletim sistemi altında çalışmaktadır. Ulusal Yük dağıtım sisteminde kullanılan veritabanı yönetim sistemi ESCA firmasının ürünü olan HABITAT veri, tabanıdır.

VAX/VMS işletim sistemi üzerinde çalışan bu veritabanı sistemi, veritabanlarının yönetimi, görüntülerin yaratılması, insan-makina ilişkisinin sağlanması ve uygulama programlarının yaratılmasını sağlayan alt sistemlerden oluşmuştur. (Uçan, 1993)

Uygulama programları olan SCADA ve EMS' ye ilave olarak mevcut başlıca uygulamalar olan alarm, alarm durumlarını işler ve bunları türlerine göre çeşitli gruplar halinde ekranlarda operatörlere sunar. Aynı zamanda yazıcı tarafından kaydedilen alarm durumları için sesli uyarı olanağı da vardır. Operatörler ise on dakikalık, saatlik ve günlük üretim raporları ile on dakikalık ortalama değerleri hesap eder. Bunlar yedi gün süreyle saklanır.

Ulusal Kontrol Merkezi Sisteminde SCADA'dan da faydalanılır. SCADA, kontrol merkezlerindeki operatörler ve diğer uygulama programları tarafından ihtiyaç duyulan verileri uzak terminal birimleri aracılığıyla toplayan ve bunların gönderdiği komutları istasyonlara ileten uygulamadır. SCADA, Ulusal Yük Dağıtım sisteminin en temel fonksiyonudur. SCADA sistemi vasıtasıyla Ulusal enterkonnekte elektrik şebekesinin önemli noktalarının izlenmesinir. Ulusal Kontrol Merkezinde bulunan enerji yönetim sistemi ile otomatik olarak yapılan yük frekans kontrolünden başka şebeke operatörlerinin hızlı ve doğru karar karar verebilmek için ihtiyaç duydukları hesaplama ve analizler yapılır. SCADA sistemiyle halen 27'si santral, 18'i trafo merkezi olmak üzere toplam 45 merkezden yaklaşık 800 ölçüm ve 3200 civarında durum alarm bilgisi toplanmaktadır. Bu bilgiler ;

- 380 kV hatlardaki aktif ve reaktif güç akışları
- 380 kV bara gerilimleri
- 380/154 kV ototrafoların 154 taraflarındaki aktif ve reaktif güç akışları ile gerilimleri
- 154 kV santralların bara gerilimleri

- Generatör ünitelerinin brüt aktif ve reaktif güç değerleri ve buna ilaveten kömür santrallerinde generatör ünitelerinin net aktif ve reaktif güç değerleri
- Diğer ülkelerle veya şirketlerle olan bağlantı hatlarındaki aktif ve reaktif güç akışları ve aktif enerji alış veriş değerleri
- Seri kapasitör akımları
- Bazı baralardan frekans ölçümleri
- 380/154 kV ototrafoların pozisyon değerleri
- Yük frekans kontrolüne katılan santrallerin alt ve üst sınır bilgileri

Toplanan durum ve alarm bilgileri ise:

- Topoloji tanımlayan kesici, ayırıcı ve toprak ayırıcısı durum bilgileri
- 380 kV ve 154 kV baraların gerilim ve sigorta durum bilgileri
- Hat kesicisi tekrar kapama bilgileri
- Generatör senkron kompensatör bilgileri
- Yük frekans kontrolüne katılan santral ünitelerinin on/off, auto/man, ve yük arabiriminin çalışma modu ve alarm bilgileri
- Ulusal yük dağıtım sisteminde bulunan iletişim cihazları ve diğer teçhizat alarmları, gibi bilgilerdir. (Uçan, 1993)

BÖLÜM 6

TARTIŞMA VE SONUÇ

Geleneksel senaryo içerisinde iki nesil EMS geliştirilmiştir. Bu iki nesil bilgisayar endüstrisindeki değişimleri göstermektedir. Birinci nesil EMS ler 1970 lerin başında ortaya çıktı. Bu neslin işlemsel yapısı günümüz standartlarına göre çok pahalı ve çok düşük işlem gücü olan ana yapılar (Mainframe) üstüne kurulmuştu. Maliyet bilgisayar kullanımını sadece en önemli güç sistem kontrol merkezleri ile sınırlamıştı. Düşük işlem gücü yüksek seviyede optimize edilmiş bir kod geliştirilmesini mecburi kılmıştı. Bu kod, her yazılım ve operasyonel sistemin özelliklerini yüksek seviyede kullanıyordu. Bunlara veri tabanları, kullanıcı etkileşimi ve hatta gelişmiş uygulamalarda dahildi. Bu sebeple birinci nesil bilgisayarlaşmış güç sistem kontrol merkezlerinde, yazılım ve donanım arasında güçlü bir bağlantı vardı. Bu yaklaşım güçlü sistemlerin az sayıda bilgisayarlar üzerinde çalışmasını sağladı. Bu güç sistem kontrol kalitesini yükseltmekte çok başarılı olmuştu. Ama bilgisayar endüstrisindeki hızlı gelişim bu nesil için ciddi problemler doğurdu. Birkaç yıl içerisinde birçok yazılım ve operasyonel sistem ve destek yazılımları çok geri kalmış ve piyasadan çıkmış oluyordu. Yazılımın donanımdan bağımsız olmaması sadece sistemlerin yenilenebilmesini ve basamak basamak yenilenmeyi çok zor hatta imkansız hale getirmişti. Şirketler kontrol merkezlerinin kısa zamanda geri kalmış, düşük performanslı, yüksek ve artan maliyeti ve bunun yanında güvenilirliklerinin ise çok az olduğunun farkına varıyorlardı. Bu, sistemlerin şirketlerin ihtiyaçlarına adapte olması konusunda büyük problemler ortaya sürüyordu. İkinci nesil EMS 1990'ların başında ortaya çıkmıştır ve halen piyasada hüküm sürmektedir. Bu nesil bilgisayar endüstride 1980'lerde yaşanan önemli değişimleri temsil etmektedir.

Birinci ve ikinci nesil EMS ler arasındaki farklar şöyle karakterize edilebilir:

- Bilgisayar endüstri standartlarının geniş kullanımı
- Ana yapıların yerine daha düşük maliyette fakat daha güçlü bilgisayar ağlarının kullanılması
- Parçalanmış işlemciliğin daha fazla kullanılması

İkinci nesil EMS'lerin bu özellikleri onlar için "Açık Sistemler" terimin kullanılmasına sebep olmuştur. İkinci nesil EMS lerdeki ana gelişme onların basamak basamak büyümeye imkan tanınmasıdır. Değişik kaynaklardan sağlanan teçhizatlar birbiriyle uyumlu çalışabilmekte ve daha gelişmiş teçhizatlar genel sisteme minimum etkiyle monte edilebilmekteydi. Yeni fonksiyonlar kolayca etkilenebiliyordu. Bu karakteristikler bir önceki sistemde bulunan bazı problemleri çözmüş, destek ve bakım teçhizatlarının maliyetini düşürmüş ve kontrol mekanizmasının bir bütün olarak gelişimine izin vermiştir. Buna rağmen bu ikinci nesil EMS'ler fonksiyonelliklerine dair bazı ortak özelliklere sahipti. Önemli benzerliklerin bir tanesi de bilgi işletim kontrol merkezinin sınırları içerisinde yoğunlaştırılmasıdır. (Azevedo ve ark., 2000)

Bu merkezler genelde otonom bir yapıdaydı ve işleyiş genelde teknik kriterlere bağlıydı. Bu sistemlerin diğer partnerlerle veya aynı şirketin diğer bölümleriyle olan bağlantısı dikkat çekecek kadar azdı. İşlemler dağıtılmış veya merkezi olsun güçlü bir şekilde organize edilmiş ve kontrol altındaydı. İkinci nesil EMS lere "Açık Sistemler" denmesine rağmen bunların başka bileşenlerle olan ilişkisi veya aynı şirketin diğer bölümleriyle olan bağlantısı yok denecek kadar azdı. Güç sistem piyasasındaki geleneksel ve katı organizasyon her iki nesilde kendini göstermiştir.

Yeni güç sistemi senaryosu, telekomünikasyonda beklenen gelişmeler ve bilgisayar ağındaki gelişmeyle EMS yapılarında önemli değişikliklere yol açacaktır. Düzenleyici kurumlar, enerji piyasası, bağımsız enerji üreticileri, büyük müşteri ve üretici potansiyeli ve kontrol merkezine hizmetler sunan şirketler önemli bir rol oynamaya başlayacaktır. Dünya çapında büyük kamu hizmeti şirketleri, kendi hedeflerine sahip daha küçük ve uzmanlaşmış kontrol merkezlerine ve şirketlere bölünmektedir. Aynı zamanda aynı şirketin değişik bölümleri arasındaki entegrasyon rekabet senaryosunda önemli role sahip olacaktır. Bunun başka bir sonucu da kontrol merkezinin operasyonun şirketin diğer kazanç kaynakları ile bağlantılı olarak ve aynı zamanda dış bileşenlerle olan etkileşim sadece teknik bir mesele olmaktan çıkacaktır. Bu yeni senaryonun bir sonucu da güç sistemlerinin operasyonunda kullanılan işlem gücünün büyük kısmının kontrol merkezinin sınırları dışında olacak olmasıdır.

Geleneksel olarak kontrol merkezlerine ait olduğu kabul edilen bazı görevler diğer bileşenlerle yapılacaktır. Aynı şirketlere ait değişik merkezler arasındaki bağlantıya gerek duyulabilir. Acil bakım gerektiren durumlar, hava tahmini ve gözetim bunu

örneklerindedir. Bugün açıkça belirli olan merkez sınırları belirsiz bir hal alacaktır. Bu merkezler otonom olmaktan çıkıp neredeyse bağımsız birim haline gelecektir.

Sonuçta bilgi üretiminin önemli bir kısmını kaybedecek buna karşılık üretilen bilginin alış veriş hızı artacaktır. Merkezler partnerlerin üzerinde hemen hemen hiçbir kontrole sahip olmayacaktır. Kısacası yeni senaryoda bilgi sistemleri aşağıdaki senaryoya uygun olarak hareket etmek zorunda kalacaktır. (Bann ve ark., 1996)

- Değişik şirketlerden sağlanan değişik operasyonel sistemlerde çalışan ve değişik protokoller kullanan değişik platformdaki bilgisayarların değişik parçaları birbirleriyle etkileşim kabiliyetine sahiptir olmalıdır.
- Birbiriyle etkileşimdeki bilgisayarlar coğrafik olarak dağılmış olabilirler.
- Parçalar herhangi bir zamanda yararlarına göre mevcut olabilir veya olmayabilir.
- Parçaların işlev gördüğü ortam devamlı bir değişim içerisinde.

Yeni nesil kontrol merkezleri birçok yeni problemle karşı karşıya kalacaktır. Dışardan herhangi bir müdahale olmadan çalışanlar ve kendi işlerini kontrol kapasitesine sahip olmaları, birbiriyle haberleşebilmeleri buldukları ortamdaki değişiklikleri algılayıp ona göre uyum sağlama kapasitesine sahip olmaları ve sadece olaylara reaksiyon göstermekle kalmamaları, aynı zamanda kendi hedeflerine sahip ve bu hedeflerine ulaşmak için girişimlerde bulunmaları gibi özelliklere sahip olmalıdır. (Azevedo ve ark., 2000)

Devamlı değişen hedefler, yöntemler ve gereksinimler, bir önceki neslin şekillenmesinde etkin olan yavaş değişim senaryosu yerini dinamik değişime bırakmıştır. Yeni neslin dizaynı hedeflerin metotların ve gereksinimlerin devamlı değişimine ayak uyduracak şekilde olmalıdır. Bu yazılımın, destek parçalarının çıkartılıp takılmasının modüler bir yapıya sahip olmasını gerektirmektedir. Bu olmazsa kontrol merkezleri çok kısa ömürlü olacaktır.

Değişen işlem yükü; bir önceki nesilde işlem organizasyonunun katı yapısı pek değişmeyen bir işlem yükünü sonuçlandırmıştır. Bu bağımsız dış partnerlerin olduğu bir ortamda değişecektir. Kontrol merkezinin yapısı işlem yükündeki büyük değişimleri destekleyecek şekilde olmalıdır. Güç sistem limitlerine yakın operasyonlar, ekonomik sebepler operasyonların olabildiğince efektif olmasını gerektirmektedir. İyi kontrol edilen sistemler riski arttırmadan limitlerine daha yakın bir şekilde işleyebilirler. Böylece yeni yatırımlar yapılmadan kar arttırılabilir. Kontrol merkezi operatörleri ihtiyaçları olan bilgiye

birçok program ve iletişim sistemi çeşitliliği ile uğraşmadan kolayca ulaşabilmelidir. İnsan makine etkileşimi özel uygulamalar yerine operatörlerin yaptıkları işlemler göz önüne alınarak yapılmalıdır.

İşlem teknolojisindeki hızlı eskime, bir önceki neslin maruz kaldığı problemler günümüzde de artan bir şekilde varlığını sürdürecektir. Yazılımın yapısı kontrol merkezinin ömrünü mümkün olduğunca uzatmak için mümkün olduğunca açık ve modüler olmalıdır. (Barazesh ve ark., 1996)

Coğrafi dağılım, kontrol merkezinin sınırlandırılmış fiziksel bir ortam olduğu anlayışı yavaş yavaş değişik sektörlerin dış partnerlerini de içeriden daha dağınık bir sisteme bırakacaktır. Akıllı kontrol teknolojisi bu problemleri çözmek için geleneksel yazılım geliştirme yaklaşımından daha uygun bir soyutlama seviyesi sağlar. Akıllı kontrol merkezleri geliştirmek için değişik yaklaşımlar vardır. Daha önce bahsedilen problemler göz önüne alınırsa akıllı yapıların aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekir.

- Kullanıcı-bilgisayar etkileşimi ve uygulama programları birbirinden bağımsız olmalıdır. Bu modülleri elde etmek için kesinlikle gereklidir.
- Kullanıcı-bilgisayar etkileşimi uygulama programları esas alınarak kurulmak yerine yapacağı görev esas alınarak kurulmalıdır. Bu etkileşimler operatörler tarafından yapılan görevleri de kapsayacak şekilde olmalıdır.
- Açık sistemlerdeki işlem yükünün karakteristikleri sebebiyle işlem yükünün iyi dağıtımının sağlanması mecburidir.

Yeni nesil güç sistem kontrol merkezleri şu özelliklere sahip olmalıdır.

- Kendi hedeflerine sahiptirler.
- Ortamlarındaki gelişmeleri kavrayabilmeli ve bunlara uygun hareket kabiliyetine sahip olmalıdır.
- Özel işlevlerinden bağımsız bir dilde birbirleriyle iletişim kurabilmelidirler.

İlk iki nesil EMS arasında yapısal farklar güç sistem senaryolarının genelde sabit kaldığı düşünülürse çoğunlukla bilgisayar endüstrisindeki evrim tarafından yönlendirilmişlerdir. Fakat gelecek nesil EMS güç sistem endüstrisindeki radikal değişimden derin olarak etkilenecektir. EMS'ler yeniliklerin dikkatlice ve yavaşça tanıtılması gereken değişimlerin adım adım yapılması ve test edilmesi gereken sistemlerdir. Güç sistem senaryolarında değişim hızlı fakat devamlıdır. Geliştiricilerin halen kullanılan EMS yapılarını yeni

senaryonun devamlı artan kompleks yapısına ayak uyduramayacakları açıkça ortaya çıkana kadar adapte etmeye çalışmaları beklenebilir. (Azevedo ve ark., 2000)

Türkiye'deki Ulusal Yük Dağıtım Sisteminin genişletilmesi için aşağıdaki yeniliklerin biran önce yapılması gereklidir.

- Yeni santral ve trafo merkezlerinin Ulusal Yük Dağıtım Sistemine dahil edilmeli
- Tüm 154 kV şebekenin Ulusal Yük Dağıtım Sistemine dahil edilmeli
- Mevcut kontrol merkezlerindeki teçhizat genişletilmeli ve modernizasyonu yapılmalı
- Yeni kontrol merkezleri kurulmalı
- Ulusal enterkonnekte elektrik şebekesinin daha iyi işletilmesi için ihtiyaç duyulan yeni yazılımlar sağlanmalı
- Ekonomik yükleme fonksiyonu gerçekleştirilmeli
- Uzaktan kumanda olanakları gerçekleştirilmeli
- Yük frekans kontrolüne yeni hidrolik ve termik santraller dahil edilmeli
- Akıllı, kendi kendine karar verebilen kontrol merkezlerin kurulması gereklidir.

Özellikle akıllı ve kendi kendine karar verebilen kontrol merkezlerinin kurulması, özelleştirme sonucunda ortaya çıkacak enerjinin yönetim problemlerine iyi bir çözüm olacaktır. Özelleştirme sonucunda bir çok firma enerji üretecek ve dağıtacaktır. Bu da karmaşıklığa yol açabilecektir. Bu sistemin kontrolü için akıllı kontrol merkezlerinin bir an önce kurulması iyi olacaktır.

KAYNAKLAR

- Auge, J., Fernandez, R., Merlin, A., Broussolle, F., 1984. *The New Real-Time Computerised Control System in The National Control Centre of Electricite.* France, 10-39.
- Azevedo, P.G., Feijo, B., Costa, M., 2000. Control Centers Evolve With Agent Technology. *IEEE Computer Applications in Power.* 13/1, 48-53.
- Bann, J., İrisarri, G., Kirschen, D., 1996. Integration of Artificial Intelligence Applications in The EMS:Issues and Solutions. *IEEE Transactions on Power systems.* 11/1, 475-481.
- Barazesh, B., Berry, T., Said, M., Zhang, S., 1996. Overview of Advanced System Architecture For Control Centre Applications. *Fourt International Conference on IEE Power System Control and Management.* London, 221-225.
- Batth, P.S., 1996. The Electricity Market Place-The Pool. *Fourt International Conference on IEEE Power System Control and Management.* London, 113-119.
- Demirkol, A., 1992. *Türkiye 'de Enerjinin Üretim ve Yönetimi Yüksek Lisans Tezi.* İstanbul Üniversitesi. İstanbul, 170s.
- Dieterle, J., Kochs, D., 1996. LAN Based DATA Communication İn Modern Energy Management Systems. *IEE Transactions on Power systems.* 11/1, 469-474.
- Dinçoğlu, M.O., 1991. *Elektrik Enerji Sistemlerinin Tek Merkezden Yönetilmesi Yüksek Lisans Tezi.* İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul, 64s.
- Gülbin, H., 1990. *Türkiye Elektrik Kurumu'nda Elektrik Enerjisi Maliyetlerinin Analizi ve Fiyat Politikası Yüksek Lisans Tezi.* Karadeniz Teknik Üniversitesi. Trabzon, 143s.
- Hammons, J.T., 1997. East European Electricity İn Franstructure, Interconnections and Electricity Exchanges. *Electric Machines and Power Systems.*25/693, 693-711.
- İnce, F., 1992. *Elektrik enerji Sistemlerinin Tek Merkezden Yönetilmesi ve Kontrolü Yüksek Lisans Tezi.* Yıldız Teknik Üniversitesi. İstanbul, 47s.
- Joyanta, K.P., Frederick, C.H., 2000. *Advantages of an Electrical Control and Energy Management system.* Elsevier Science Ltd. London, 103-114.
- Liacco, T.E., 1975. *System Control Centre Desing, Energy Research and Development Administration.* United States.
- Loğlaroğlu, D., 1995. *Ülkeler Arası Enerji Bağlantılarında Güç Akışı Sorunu Yüksek Lisans Tezi.* İstanbul Üniversitesi. İstanbul, 58s.

- Mariani, E., Murthy, S.S., 1997. *Control of Modern Integrated Power Systems*. Springer, London, 1-51.
- Onay, H., 1999. *Yük Tevzi İşletmesi*. TEAŞ. Ankara.
- Prabhakara, F.S., Smith, R.I., Stratford, R.P., 1996. *Industrial and Commercial Power Systems Handbook*. McGraw-Hill. New York, 17-26.
- Pye, M.E., Russell, T.D., 1996. Intelligent Energy Management System an Operator View. *Fourth International Conference on IEE Power System Control and Management*. London, 154-159.
- Ray, C., 1995. Transmission Service Pricing in England and Wales. *Cigre International Conference on Large High Voltage Electric Systems Report 37-95 (GB) 07 (E)*. Tokyo, 1-15.
- Russell, T.D., 1994. Evolution of Power system Operating Practice in England and Wales Post privatisation. *Universities Power Engineering Conference*. England, 99-101.
- Rutz, L.W., 1996. Critical Issues Affecting Power systems Control Center Databases. *IEEE Transactions on Power systems*. **11/2**, 923-928.
- TEAŞ, 2001. *Türkiye Elektrik Üretim-İletim İstatistikleri*. AKP. Ankara.
- Uçan, B., 1993. Bir SCADA / EMS Uygulaması: TEK Ulusal Yük Dağıtım Sistemi. *Elektrik Mühendisliği 5. Ulusal Kongresi*. Trabzon, 1182-1190.
- Wood, A.J., Wollenberg, B.F., 1996. *Power Generation Operation and Control*. JohnWiley&Sons Inc. New York, 363-409.
- Zadeh, K.N., Meyer, R.C., 1996. Practices and New Concepts in Power System Control. *IEEE Transactions on Power Systems*. **11/1**, 3-9.