

ENERJİNİN EKONOMİK OLARAK ÜRETİM VE DAĞITIMINDA KULLANILAN SCADA SİSTEMİNİN YAPISI VE ÖZELLİKLERİ VE TÜRKİYE'DE UYGULANABİLİRLİĞİ

Uğur ARİFOĞLU Kürşat AYAN

Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Esentepe Kampüsü, Adapazarı

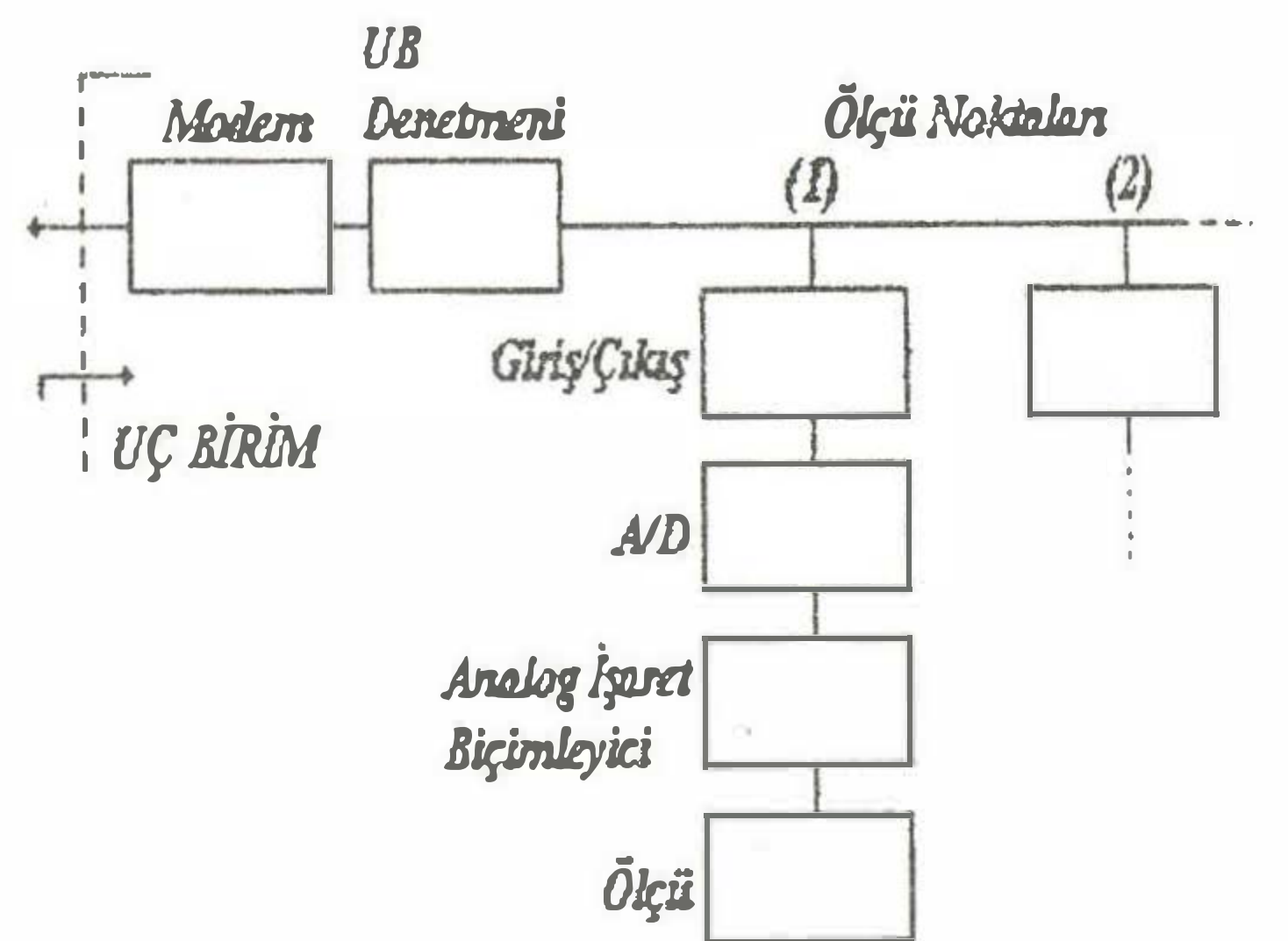
ÖZET: Elektrik güç sistemleri ilk olarak 1880'li yıllarda hizmet vermeye başladı ve günümüze kadar gerek büyüklük gerekse kompleks yapısı itibarı ile oldukça gelişti. Bunlara paralel olarak güç iletimi, dağıtımı ve ekipmanı verimlilik ve güvenilirlik açısından büyük mesafeler aldı. Şimdi ise türbin generator arasında kurulmuş bulunan analog kontrol mekanizmaları yerini on-line olarak işlev gören dijital bilgisayar kontrolüne bırakmaktadır zira enerji üretim, iletim ve dağıtım sisteminin büyümesi hızlı çalışma ihtiyacını arttırmıştır. Sunulan bu çalışmada büyüyen enerji sisteminin daha verimli çalışmasını temin amacı ile önerilen SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) -danışmalı kontrol ve veri toplama- sistemi ana hatları ile tanıtılmakta ve özellikle ekonomik yük üretimi ve dağıtımına olan katkısı vurgulanmaktadır. Türkiye'de kramportör sistemi yardımı ile data toplamaya dönük mevcut bir sistem olmakla beraber, sistemi on-line olarak kontrol eden bir iletişim hattı ve merkezi yapılanma bulunmamaktadır. Ülkemizde mevcut olan koruma hattı iletkeninde yapılacak değişiklik ile iletişim hattı problemi çözülebilir.

1. GÜÇ SİSTEMİ KONTROL MERKEZİ VE UÇ BİRİM YAPILARI

Güç sisteminde hat, istasyon, transformatör, kesici ve benzeri yapıların hızla çoğalması çalışmanın karmaşasını arttırmış ve tüm sistemin bir merkezden, diğer adı ile 'güç sistemi kontrol merkezinden' (energy control center) kontrolünü gerekli kılmıştır (1). Böyle bir merkeze ihtiyaç duyulmasının iki önemli nedeni güvenilirlik ve ekonomik üretim yapma zaruretidir.

Güç sistemi kontrol merkezi (GSKM) hem normal çalışmada hem de acil çalışma koşullarında sistem elemanlarından gelen durum bildirimlerini inceler ve değerlendirir. GSKM'ni besleyen bilgilerin kaynağı sistemin algılayıcıları olan uç birimlerdir (UB). Bu birimler (remote terminal units) sistemin parmak uçları,

reseptörleridir. UB'ler alt istasyonlara monte edilir, görevi ise konulduğu alt istasyona ilişkin akım, gerilim, güç akışı ve çeşitli durumları merkezi bilgisayara iletmektir. UB'ler aynı zamanda merkezden gelen emirleri de uygulamakla görevlidirler. Bunlar algıladıkları analog değerleri örnekler ve elde edilen işareti dijital forma çevirerek modem sistemi yardımı ile GSKM'ne gönderirler. UB'ler belirli aralıklarla GSKM'ler tarafından sorgulama protokolleri yardımı ile sürekli olarak sorgulanırlar. Şekil 1 de bir UB'ne ilişkin bir kutuplu bir gösterim verilmiştir. GSKM gerek normal koşullarda gerekse acil durumlarda sistem elemanlarından gelen cevapları koordine eder, değerlendirir. Normal çalışma şartlarında asıl yoğunluk dijital bilgisayardadır. Sistem içindeki anormallikleri arama ve operatörü uyarma bilgisayarın görevidir. Bu uyarı ışık, zil ve bilgisayar ekranı (CRT-Cathode Ray Tube (screen)) yardımı ile olur. Düşük seviyeli anormallikler direk bilgisayar denetimi ve kontrolü ile giderilebilir.



Şekil 1. Bir uç birimi tek kutuplu gösterimi.

Örneğin bir generatörün limit değerleri aşıyorsa GSKM artan yükün diğer generatörler tarafından paylaşımını sağlayabilir. Fakat çok ciddi durumlar karşısında nihayi kontrol işareti operatör tarafından verilir. Bilgisayarın bu durumdaki görevi gelen bilgi akışını değerlendirip arıza teşhisi yapmak ve operatöre yardımcı olmaktır. Sistemi

stabil duruma getirme ve düzeltme adımları operatörün (dispatcher) sorumluluğuna bırakılmıştır.

Operatör fare-klavye yardımı ile ekranda sayfalar açabilir, genel görünümünden özel alt bilgilere inebilir ve bu ekran üzerinden sistem elemanlarına kontrol işareti gönderebilir. GSKM içinde iki adet bilgisayar bulunur. Bunlardan birisi on-line olarak sistemle irtibatlıdır ve sistemin ekrandan izlenmesi ve kontrolü (monitoring) amacı ile kullanılır. Diğer bilgisayar ise (back-up) destekleyici olarak işlev görür. On-line olarak çalışan bilgisayar aların, otomatik üretim kontrolü, durum kestirimi, işletmede kısıtlılık (contingencies), optimal güç akışı gibi güvenlik tabanlı fonksiyonları icra ederken diğer bilgisayar (back-up) ise kayıt tutma, güç alış verişi programlaması (ticari), birim üretim programlaması (unit-commitment), yük akışı ve yük tahmini gibi sistemi destekleyici algoritmaları koşturur. Herhangi bir arızaya karşı bilgisayarların birbirlerinin yüklerini taşıyabilmeleri için iki bilgisayar arasında arıza geçiş (fail-over) diski bulunmaktadır. Destekleyici (back-up) bilgisayar ana bilgisayarın ihtiyaç duyduğu bilgileri sürekli tazeler.

II. GSKM VE UÇ BİRİMLER ARASINDAKİ HABERLEŞME

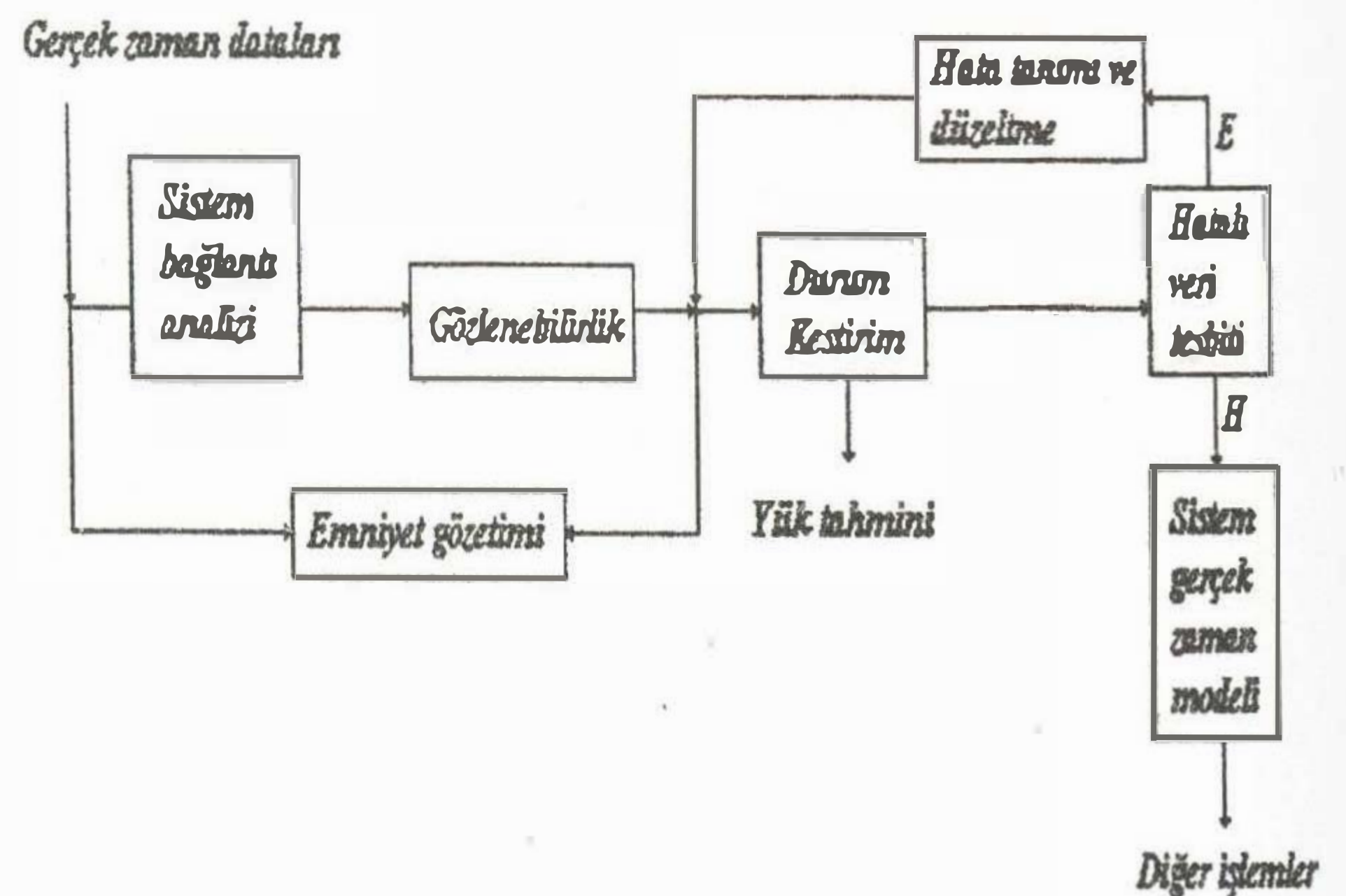
Kısaca link protokolü adını verdiğimiz bu haberleşmenin amacı GSKM ve UB'ler arasında inşa edilen link yardımı ile karşılıklı olarak gönderilen mesajların alıcı tarafından hatasız olarak alınmasıdır. Mesaj GSKM tarafından üretilir ve UB'lere yollanır, diğer bir ifade ile UB'ler GSKM tarafından sorgulanır (2). Mesaj alışverişi şu şekilde gelişir; GSKM bir mesaj (kontrol işareti veya ölçüm amaçlı işaret) yollar ve karşı tarafın mesajını aldığına dair 'geri bildirim süresi' miktarı bekler. Geri bildirim mesajı GSKM'ne ulaşır ulaşmaz aynı mesaj bir daha UB'ne yollanır. Mesaj alan taraf mesajı aldığına dair geri bildirim yollar. Geri bildirim alan GSKM aynı mesajı tekrar UB'ne yollar. Böylece mesaj teatisinde emniyet sağlanmış olur. Örneğin kesici pozisyonları (açık-kapalı), istasyon yükleri ve gerilimleri, trafo kademeleri, hat akışları, generatör yükleri ve gerilimleri, çalışma limitleri vb. değerler kısa süreli aralıklarla GSKM tarafından sorgulanır. Şekil 2 de GSKM tarafından üretilen bir mesaj iskeleti verilmiştir. Mesaj ikili tabanda yazılır. Başlatıcı sahip olduğu değere göre farklı mesajlar verir. Bunlar geri yollama, hatalı veya doğru mesaj aldığına gösteren 1 bayt uzunluğunda kodlardır. Adres mesajın gideceği alıcının kodunu gösterir. Veri boyu ulaşan verinin alıcıya doğru bir şekilde ulaşmadığını gösteren 1 bayt uzunluğunda

bir büyüklüktür. Başlık hata kodu başlık içindeki bilgilerin doğruluğunu ölçmek için kullanılan bir yöntemi içerir ve başlık içinde yer alan verilerin aralarındaki ilişki biçimini gösterir, 2 bayt (16 bit) uzunluğunda olur. Eğer başlık bilgilerinin arasındaki ilişki başlık hata kodunda belirtilen ilişkiye uymaz ise başlıkta hata olduğu anlaşılır. Dolayısı ile başlığa 1. hata hesaplaması adı verilebilir. Yukarıda anlatılanlar aynı şekilde veri ve veri hata kodu içinde geçerlidir. Veri 0-255 bayt arasında olurken veri hata kodu 2 bayt mertebesindedir.

III. DURUM KESTİRİMİ

UB'lerden kontrol merkezine yollanan mesajda bozulmalar olabileceği daha önce belirtilmişti. Ayrıca ölçme hatalarından kaynaklanan datalar da söz konusudur. Daha da kötüsü bazı ölçüm noktalarından hiç ölçüm sonuçları da alınamayabilir. Yukarıda bahsedilen ve kaçınılmaz olarak karşımıza çıkabilecek durumlardan en az etkilenmek üzere durum kestirimi algoritmaları geliştirilmiştir. Bu algoritmalar iletim hatlarından kendisine ulaşan bilgilerde ölçüm hataları (kullanılan aletlerin sınıflarından dolayı) değişiklikler olduğunu bilir. Bu aletlerin sınıflarını, maksimum ölçüm skalalarını ve ölçüm sonuçlarını kullanarak gerçek değerlere ulaşmaya çalışır (3).

Durum kestirimi algoritmasının bir diğer görevi GSKM'ne ulaşmayan dataları (uç birim hatası, iletişim hatası vb.) güç akışı ve benzeri yöntemler kullanarak tamamlamaya çalışmaktır. Bu algoritmanın bir diğer görevi de devrenin topolojisinde meydana gelebilecek değişiklikleri hızlı bir şekilde algılamaktır. Güç sistemine ilişkin datalar rastgele olduğundan durum kestirim algoritması istatistikî metodlar kullanılarak gerçekçi olmayan (kötü) dataları araştırır (4). Bu datalar fiziksel olarak doğruluğu kontrol edilinceye kadar hesaplama içine sokulmazlar. Fiziksel kontrolü yapmak operatörün görevidir. Operatörü buna sevk eden ise alarm işaretidir.



Şekil 3. Data akışı ile durum kestirimi arasındaki ilişki.



Şekil 2. GSKM tarafından üretilen bir mesaj iskeleti.

Acil durumlarda operatörün algılaması ve en isabetli kararı vermesi gecikme problemini gündeme getirmektedir. Operatörün sistem üretimini izlemek ve kontrol etmek, değişen şebeke şartlarını izlemek ve kontrol etmek, hat açmak ve kapamak, sistem işletimine müdahale etmek ve rapor hazırlamak gibi önemli görevleri vardır.

Durum kestiriminde şüphesiz en önemli problem minimum sayıda ölçü yaparak sistem durumunu algılayabilmektir. Bu işlem kısaca gözlenebilirlik olarak adlandırılmaktadır (5). Örneğin yalnızca güç ölçümleri ile yetinip akım ve gerilim sonuçları hesaplamaya katılmaz ise durum kestirimi algoritması daha kısa sürede yakınsayabilmektedir. Şekil 3 de yukarıda anlatılan durum kestirimi kavramının data akışı içindeki yeri gösterilmiştir.

IV. SİSTEM EMNİYETİ

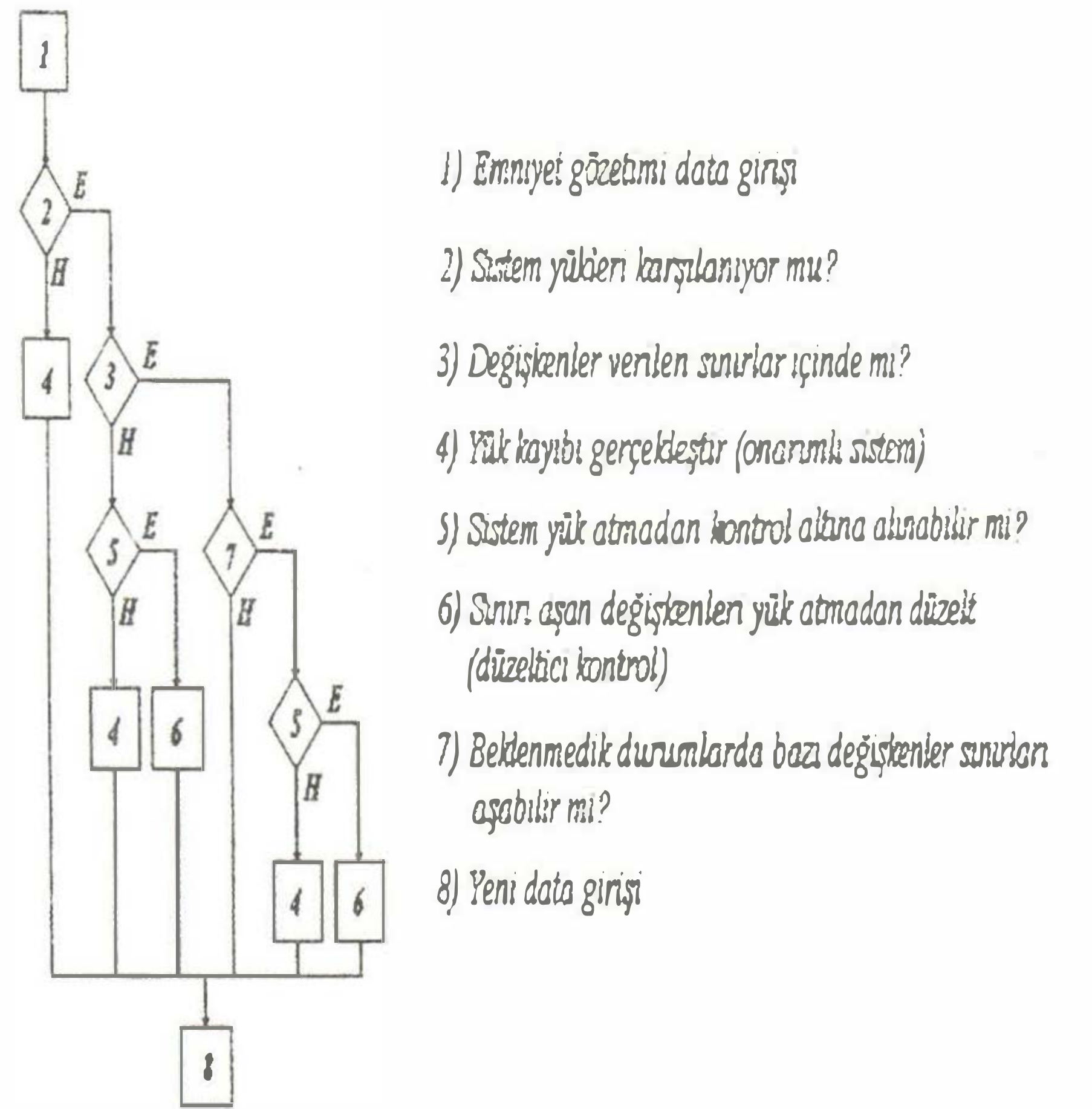
Sistem emniyeti kavramı oldukça geniştir. Bu kavram içerisinde sistem elemanlarının tek tek emniyetini barındırdığı gibi tüm sistemin bir ve bütünlük içinde çalışmasına matuf tedbirleri de içermektedir. Aşırı akım ve gerilim röleleri, aletlerin emniyet katsayıları, kesici ve açıcı gibi koruma yolları ile sistem elemanlarının emniyeti sağlanmaya çalışılır. Tüm sistemin emniyet içinde çalışabilmesi için sistemde meydana gelen her önemli değişiklikte bazı sistem parçalarının ana uzuvdan ayrılması yoluna gidilemez ve bu yol ekonomik de olmaz.

GSKM'ne ulaşan her değişiklik bir 'emniyet analizinden' geçmelidir. Bu değerlendirme sonunda önemli bir değişiklik gözlenirse oluşan yeni durumdaki emniyetli çalışmayı sağlamak üzere 'düzeltici kontrol' algoritması devreye sokulmalıdır. Sistem yüklerinin karşılanmasına rağmen hala bazı sistem değişkenleri müsaade edilen sınırları aşmaya devam ediyorsa onarmalı (restorative) sistem algoritması devreye sokulmalıdır. Onarmalı kontrol sonunda değişkenler belirlenen sınırlar içinde kalır ama sistemde yük kaybı da meydana gelir. Şekil 4 de yukarıda kısaca özetlenen 'emniyet kontrolü algoritması' sunulmuştur. GSKM'de sistemdeki hat, generatör ve transformator gibi önemli elemanların devre dışı kalması sonucunda ortaya çıkacak yeni durumda da sistemin emniyet içinde çalışmasını sağlayacak 'kısıtlılık' (contingency) analizleride yapılmalıdır. Bu tür analizler merkezdeki operatörün işini kolaylaştıracak, ani durumlarda yol gösterici kılavuz olacaktır.

V. OPTİMAL GÜÇ AKIŞI VE SCADA SİSTEMİ

Enerji sistemlerinde optimizasyon üç ana başlık altında incelenebilir; P (aktif güç) optimizasyonu, Q (reaktif güç) optimizasyonu ve PQ (aktif-reaktif) optimizasyonu. P optimizasyonunda amaç enerji sistemini besleyen santrallardaki yakıt maliyetini kw başına minimum

yapmaktır. Q optimizasyonunda ise enerji iletim hatlarındaki güç kaybını en aza indirecek çözüm araştırılır. PQ optimizasyonunda ise yukarıda belirtilen amaçlara aynı anda sahip olmaya çalışılır. Literatürde her üç optimizasyon türüne ilişkin oldukça çok sayıda ve farklı yaklaşımlar içeren algoritmalar mevcuttur. Bu algoritmalar içinde scada sistemine en uygun olanı, şüphesiz büyük boyutlu güç sistemlerinde çalışabilecek yetenekte ve data girişleri ile optimal çözümü bulma arasındaki süreyi en aza indirecek özellikte olan algoritmalarlardır. Zira enerji sistemi dinamik bir yapıya sahiptir ve her an yeni bir data girişi olabilir. Eski data girişine karşı gelen optimal çalışma noktaları araştırılırken yeni data girişleri olması halinde hesaplama sonunda elde edilen sonuçların bir önemi kalmayacaktır.

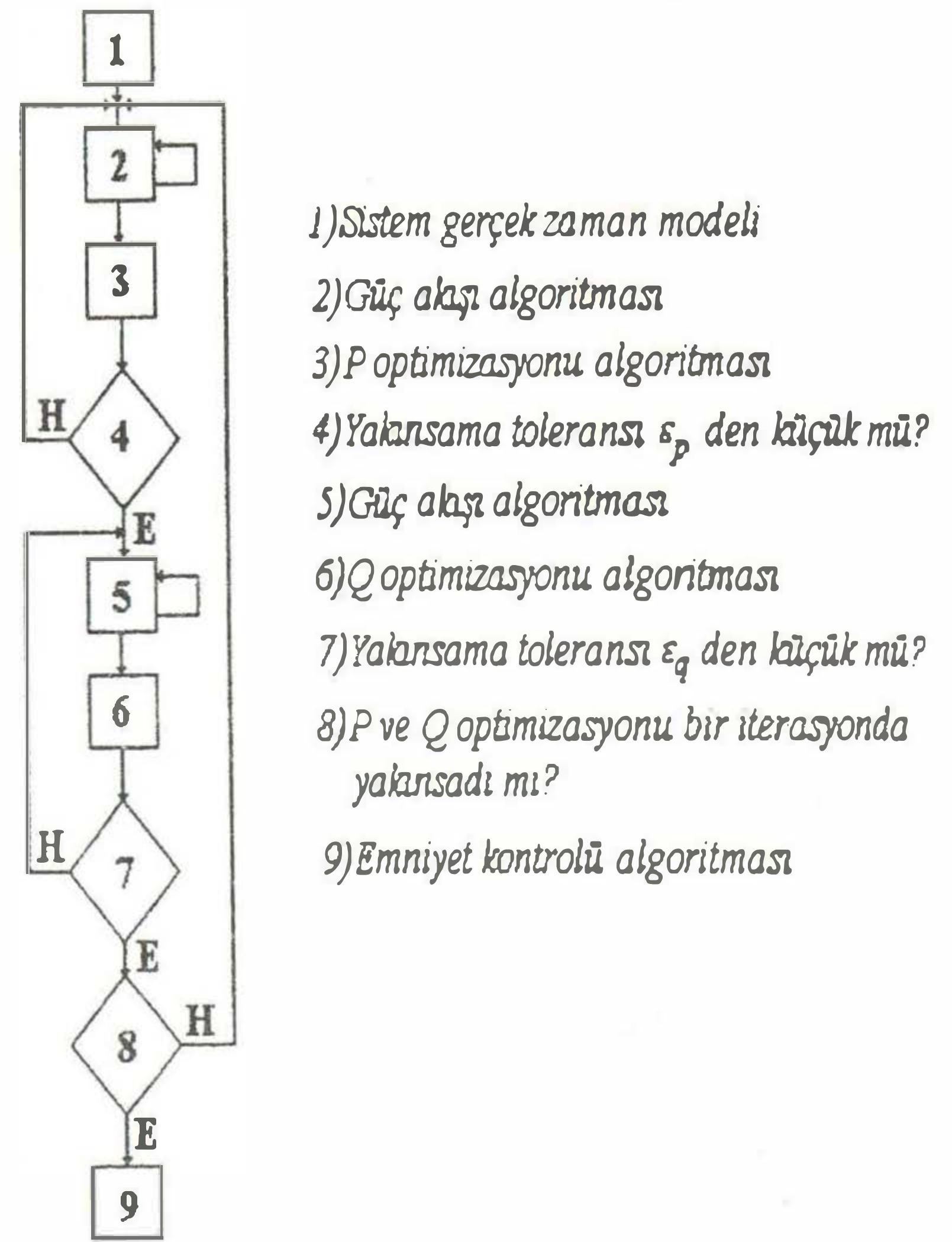


Şekil 4. SCADA emniyet kontrolü algoritması

Optimal güç akışı (OGA) çalışmalarında kontrol değişkenleri için başlangıç koşulları gerekmektedir. Kimi OGA algoritmasında kontrol değişkenlerinin başlangıç değerlerinin optimal noktalara çok uzak olmama şartı aranırken kimi algoritmada bu özellik aranmamaktadır. Yine bir çok OGA algoritmasının içinde güç akışı algoritması da yer almaktadır. Güç akışı algoritması sisteme ilişkin eşitlik kısıtlarının (equality constraints) sağlanması açısından son derece önemlidir. OGA algoritması örneğin PQ optimizasyonu yapıyor ise hem P hem de Q algoritması içinde güç akışı alt algoritması kullanılması kaçınılmaz olabilir. Bu yüzden güç akışı algoritması için harcanan zamanı azaltmak için 'neural network' algoritmaları kullanılmaya başlanmıştır (6). Aynı şekilde 'durum kestirimi' algoritması da 'neural network' yaklaşımı ile hızlandırılabilir. Mevcut teknoloji bunu yapacak özel 'chip'ler üretebilmektedir (7).

OGA algoritmasında kullanılan metodlar gereği kontrol değişkenlerinin alacağı optimal değerleri ararken bir çok tuzak noktalara düşülmektedir. Bu noktalar en iyi koşullarda algoritma süresini uzatmakta yada çözümü iraksak kılmaktadır. Bu tür problemleri halletmek için 'neural network' algoritması kullanılabilir. Burada amaç yakınsama noktalarına 'neural network' algoritması kullanılarak hızlı bir biçimde yaklaşmak nihayi optimal kontrol değişken değerlerini klasik yöntemler kullanarak yakalamaktır. Uç birimlerden ard arda alınan iki değer grubunun okudukları süreler arasındaki farkın en az değerde olması ne kadar önemli ise algoritmayı hızlandırıcı etkiye sahip 'neural network' çalışmasının OGA içine sokulması da o kadar önemlidir. Kısıtlayıcı fonksiyonları göz önüne almadan OGA kullanan algoritmaların scada sisteminde pratik manada bir önemi yoktur. Zira elde edilen optimal çalışma noktalarının sistemin emniyetli çalışılabilir bölgesi içinde kalması taviz verilemeyecek bir şarttır. Kısıtları gözetilen OGA ile elde edilen optimal kontrol değişken değerlerinden bazısının yine de belirlenen emniyet sınırlarını aşması ihtimali vardır ve bu yüzden elde edilen sonuçlar 'emniyet kontrolü algoritması' ndan geçirilmesi gerekmektedir. Şekil 3 de gösterildiği gibi sistemin bara-hat bağlantısı sürekli olarak gözden geçirilmelidir. Aksi halde sisteme ilişkin bara empedans ve bara admitans matrisleri güncellenmiş olmaz, sonuç olarak bulunan optimal çalışma noktaları da hatalı olur.

Şekil 5 de aktif ve reaktif güç optimizasyonunun aynı anda yapan bir PQ optimizasyonu algoritması verilmiştir. GSKM'ne uç birimlerinden gelen kontrol değişken değerlerine ilaveten santrallerden temin edilen kw başına üretim maliyet katsayıları da ulaşmalıdır. Kontrol değişkenleri olarak generatörler tarafından üretilen aktif güç değerleri, reaktif güç kompanzatörlerinin reaktif güç değerleri, generatör baralarının gerilim genlik değerleri, transformatör kademelerinin kademe ayar değerleri alınır. Güç akışı hesaplamaları boyunca kontrol değişken değerleri sabit tutulur. Aktif güç optimizasyonu yapılırken generatörler tarafından üretilen aktif güç değerleri dışında kalan tüm kontrol değişken değerleri sabit tutulur ve yeni aktif güç değerleri hesaplanır. Aktif güç optimizasyonu sona erdiğinde hesaplanan ve sabit tutulan tüm kontrol değişken değerleri için sistemin üretim maliyet fonksiyonu minimum olur. Bulunan bu değerler için Q optimizasyonu ilk iterasyon içinde yakınsar ise aktif güç optimizasyonunu temin eden tüm durum ve kontrol değişken değerlerinin aynı zamanda sistemin tüm iletim kayıplarını da minimum kıldığı söylenir. Şayet P optimizasyonunu minimum kılan değerler Q optimizasyonunu sağlamıyorlar ise tüm generatörlere ilişkin aktif güç değerleri sabit tutularak geri kalan kontrol değişken değerleri matematiksel metodlar yardımı ile değiştirilerek Q optimizasyonu algoritması yakınsatılmaya çalışılır (8). Algoritmanın işleyişi şekil 5 de verilmiştir.



Şekil 5. Aktif-reaktif optimal güç akışı algoritması

Algoritma sonunda elde edilen kontrol değişken değerleri iletişim ortamı yardımı ile uç birimlere yollanır ve kontrol edilen cihazın yeni kontrol değerleri ile çalışması sağlanır. Şüphesiz bilgisayar teknolojisinin geldiği seviye göz önüne alındığında büyük boyutlu sistemlerin gerek datalarının toplanması ve işleme tabi tutulması ve gerekse çalışma hızlarının büyük değerlere ulaşması, ekonomik güç akışı algoritmasının on-line olarak çalışmasının mümkün olabileceğinin en önemli kanıtı olmaktadır. Güç akışı hesaplamaları sonunda bulunan değerler tüm değişkenler için gerekli olan alt ve üst sınırlar arasında kalabilir. Bu durumda hesaplanan üretim maliyeti ve kayıp güç miktarı ile optimal güç akışı sonunda elde edilen ekonomik değerler arasında %10 ila %20 arasında değişen bir fark göze çarpmaktadır (8). Bu fark enerji tasarrufu açısından ele alındığında göz ardı edilemeyecek bir değerdir. Bu nedenle yurdumuzda üretilen enerjinin üretim, iletim ve dağıtımını kontrol eden cihazların her an optimum çalışma koşullarını arayan ve bulan bir kontrol sistemi içinde çalıştırılması oldukça önemlidir.

VI. SONUÇ

Danışmalı kontrol ve veri toplama sistemi (Supervisory Control And Data Acquisition) kısaca SCADA, büyüyen ve gittikçe kontrolü zorlaşan enerji sistemleri için vazgeçilmez bir araçtır. Gerek sistem emniyetinin en üst düzeyde temini ve gerekse müşteri taleplerini en makul süre ve ihtiyaçta karşılayabilmenin en az riskli yolu SCADA sistemidir. Yapılan bu çalışmada aslında çok kapsamlı olan bu sahaya genel bir bakış açısı ile

yaklaşmış, her alt birimi bir uzmanlık gerektiren sahalara yalnızca atıfta bulunulmuştur.

Yukarıda sunulan çalışmadan da anlaşılacağı gibi böylesi bir çalışmanın üç önemli unsuru vardır; uç birim donanımı, iletişim ortamı ve kontrol merkezine ilişkin bilgi işlem donanımı ve yazılımı. Mevcut sistemde koruma iletkeni, dünya üzerinde de uygulaması görüldüğü üzere, uygun bir yapıda imal edilerek iletişim ortamı sağlanabilir. Koruma iletkeni dış yüzeyi koruma amacı ile iç kısmı ise transmisyon hattı olarak kullanılabilir. Dış kısım ile iç kısım arasında kalan bölge ise koruma hattının bozucu etkilerini iç kısma yansıtmayacak bir Faraday sistemi içerir. Bu sistemin bir diğer alternatifi uç birimler ile merkezi kontrol birimi arasında uydu yardımı ile haberleşme sağlanmasıdır. SCADA'nın geri kalan parçalarının, ülkemizin ulaştığı bilgisayar kullanım ve yazılım seviyesi göz önüne alındığında, temini zor olmayacaktır.

Böylesi bir projenin hayata geçirilmesinin maliyeti orta vadede sağlayacağı ekonomik avantajlarla karşılanabilir. Ekonomik olmayan üretim ve dağıtım, önlenme imkanı olan hatalardan kaynaklanan elektrik kesintileri ve alet hasarlarının ekonomik maliyeti, böyle bir sistemi hayata geçirmenin maliyetinden hiç de az değildir. Böyle bir merkezi kontrol sistemini yurdumuzda uygulayacak kapasitede teknik bilginin bulunduğu inaniyoruz.

VII. KAYNAKLAR

1. 'Control and monitoring systems for power plants', Brown Boweri Rewiev,71, 321-384, August , 1984
2. TUBİTAK-ODTÜ araştırma gurubu, 'TEK için güç sistemi kontrol merkezi ve işlevlerine yönelik eğitim programı', Ankara, 1990
3. Kusic,G.L.'Computer aided power systems analysis', Prentice Hall, New Jersey, 1986
4. Handschin,E., Schweppe, F.C. 'Bad data analysis for power state estimation', IEEE Trans. Power Appar. Sys., 94, 2, Mar./Apr., 1975
5. Fetzer, E.E., Anderson, P.M. 'Observability in the state estimation of power systems', IEEE Trans. Power Appar. Syst.,94, 6, Nov./Dec., 1975
6. Nguyen, T.T. 'Neural network load flow', IEE Proc. Gener. Transm. Distrib., 142,1,Jan., 1995
7. Arifoğlu U., 'Neural Network for Power Flow State Estimator', TAINN'97 The Sixth Turkish Symposium on Artificial Intelligence and Neural Networks, Symposium Proceedings, pp.48-64, May.22-23, 1997

8. Arifoğlu U, 'AA-DA Sisteminde Ayrık Yöntem Kullanımı ile Optimal Güç Dağılımı Hesabı İçin Yeni Bir Yaklaşım', Doktora tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1994

