

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

128695

ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMLERİNDE KAYIP
AZALTIMI İÇİN FİDER DÜZENLEMESİNDE YENİ
YÖNTEMLER

TE. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

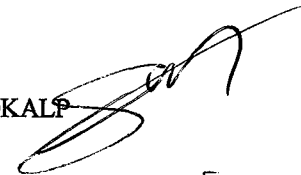
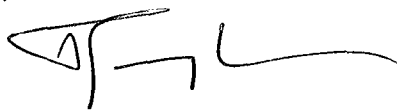
Elektrik Mühendisi Özgür Salih MUTLU

FBE Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Erdin GÖKALP

Prof. Dr. H. S. AKIK



Doç. Dr. Haluk Ünlü

İSTANBUL . 2002

128695

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	xi
1 GİRİŞ.....	1
2 ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMLERİNİN DÜZENLENMESİ.....	4
2.1 Elektrik Dağıtım Sistemlerinin Düzenlenmesi için Geliştirilen Mevcut Algoritma ve Yöntemler.....	4
2.1.1 Heuristik Kurallara Dayalı Algoritmalar.....	4
2.1.2 Matematiksel Optimizasyon Tekniği ve Heuristik Kurallara Dayalı Algoritmalar.....	5
2.1.3 Genetik Algoritmalar.....	6
2.1.4 Bulanık Mantık Üzerine Kurulu Algoritmalar.....	6
2.1.5 Yapay Sinir Ağları Üzerine Kurulu Algoritmalar.....	6
2.2 Düzenleme Probleminde Uyulması Gereken Koşullar.....	7
3. DÜZENLEME PROBLEMİ İÇİN GELİŞTİRİLEN YENİ METOT VE ALGORİTMALAR.....	9
3.1 Heuristik Kurallar ve Optimizasyon Tekniği Kullanan Yeni Algoritma.....	9
3.1.1 Problemin Formülasyonu.....	9
3.1.2 Anahtarlama İndekslerinin Tanımlanması.....	10
3.1.3 Çözüm İşlemi.....	13
3.2 Heuristik Yeniden Yapılandırma Algoritması.....	15
3.2.1 Algoritma Açıklaması.....	15
3.2.2 Geri Dönüş Adımı.....	17
3.3 Geliştirilmiş Heuristik Yaklaşım Algoritması.....	20
3.3.1 Dal Kayıp-Değişim Tekniği.....	20
3.3.2 Kayıp Azaltım Formülünün Türetilmesi.....	21
3.3.3 Çözüm Algoritması.....	27
3.4 Geometrik Yaklaşım Algoritması.....	28
3.4.1 Maksimum Kayıp Azaltımlı Gözün Belirlenmesi.....	31
3.4.2 Değişim için Uygun Dalın Belirlenmesi.....	32

3.4.3	Çözüm Algoritması.....	33
3.5	Yenilenmiş Genetik Algoritma.....	34
3.5.1	Problem Tanımı.....	34
3.5.2	Çözüm Algoritması.....	35
3.5.3	Çaprazlama ve Değişim Düzenleri.....	38
3.5.3.1	Basit Çaprazlama ve Değişim Düzeni.....	38
3.5.3.2	Yenilenmiş Çaprazlama ve Değişim Düzeni.....	38
3.6.	Bulanık Mantık Üzerine Kurulu Yöntemler.....	41
3.6.1	Bulanık Mantık.....	41
3.6.1.1	Bulanık Mantığa Ait Tanımlar.....	41
3.6.2	Kayıp Azaltımı İçin Bulanık Mantık Kontrollü Gelişimsel Programlama Kullanılarak Yapılan Dağıtım Sistemleri Düzenlemesi.....	43
3.6.2.1	Problem Formülasyonu.....	43
3.6.2.2	Fider Düzenlemesi için Bulanık Mantık Kontrollü GP.....	44
3.6.2.2.1	Anahtar Durumlarının Tanımlanması.....	44
3.6.2.2.2	İlk Populasyonun Üretilmesi.....	44
3.6.2.2.3	Yeni Sistemin Formülasyonu.....	44
3.6.2.2.4	Dağıtım Sisteminin Bilgi Yapısını Tanımlamak.....	44
3.6.2.2.5	Fiderlerin Soruşturulması.....	45
3.6.2.2.6	Dayanım Fonksiyonuna Bağlı Karşılaştırma.....	46
3.6.2.2.7	Bulanık Mantık Kontrollü Değişimin Uygulanması.....	47
3.7	Birden Fazla Hedef Fonksiyonlu Fider Düzenlemesi.....	51
3.7.1	Problem Formülasyonu.....	52
3.7.2	Hedef Fonksiyon.....	52
3.7.2.1	Güç Kayıplarının Azaltımı.....	52
3.7.2.2	Arttırılmış Sistem Güvenliği.....	52
3.7.2.3	Geliştirilmiş Güç Kalitesi.....	53
3.7.3	Bulanık Mantığa Göre Modelleme.....	53
3.7.4	Çok Hedefli Optimizasyon Problemi.....	54
3.7.5	Bulanık Mantık Esaslı Metot.....	54
3.7.6	Gelişimsel Programlama(GP).....	55
3.8	Yapay Sinir Ağları Uygulaması ile Dağıtım Sistemlerinde Kayıp Azaltımı için Fider Düzenlemesinde Yeni Bir Yöntem.....	57
3.8.1	Öğretim Kümeleri Oluşumu.....	57
3.8.2	YSA Dizaynı.....	59
3.8.3	YSA Yazılımları.....	59
3.9	Fider Düzenlemesi ve Kapasitör Ayarlamasının Dağıtım Sistemlerinde Kayıp Azaltımı için Eşzamanlı Uygulaması.....	61
3.9.1	Basitleştirilmiş Güç Akış Formülasyonu.....	62
3.9.2	Simulated Annealing(SA).....	63
3.9.3	Önerilen Metoda Ait Bilgisayar İşlemleri.....	65
4.	YENİ METOTLARA AİT UYGULAMALAR.....	67
4.1	Referans Sistem Verileri ve Sonuçları.....	67
4.2	Yeni Metotlara Ait Sonuçlar.....	69
5.	SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	77
	KAYNAKLAR.....	82
	ÖZGEÇMİŞ.....	84

SİMGE LİSTESİ

\bar{a}_v	Ortalama indisi
$B[x]$	Tam sayıya yuvarlayan fonksiyon
D	Düzenleme faktörü
E	Enerji
$f(t)$	Zamana bağlı fonksiyon
$ff(t)$	Dayanım fonksiyonu
G	Durum değişkeni
g	Halihazırdaki jenerasyonun numarası
g_{max}	Maksimum üretim sayısı
h	Yüksek gerilim tarafı indisi
I	Akım
K	Değeri 0 ile 1 arasında ve ilk değeri 0,5'e ayarlı kontrol parametresi
K_B	Boltzman sabiti
k	İterasyon sayacı
kay	Kayıp indisi
LP	Kayıp azaltımı
Li	Talep
l	Alçak gerilim indisi
M	Fayda göstergesi
$m(t)$	Değişim fonksiyonu
m	Momentum
min	En az indisi
$maks$	En çok indisi
n_h	Dal sayısı
n_b	Bara sayısı
n_o	Hedef sayısı
n_c	Koşul sayısı
n_j	Ürün fert sayısı
n_p	Bağ anahtarı sayısı
n_s	Boyut
P	Aktif güç
P_c	Çaprazlama oranı
P_m	Değişim oranı
p_j	Türetilmiş fert
Q	Reaktif güç
R	Direnç
$Rand$	(0-1) arasında belirlenen gelişigüzel bir sayı
S	Görünür güç
sec	Gizli düğüm sayıları
S_v	Anahtarların durum vektörü
T	Sıcaklık
top	Toplam indisi
X	Reaktans
V	Gerilim
w	Koşullara ait fonksiyon
Y	Admitans
Z	Büyük pozitif reel sayı
ω	Weighing faktörü
λ	Ceza çarpanı

μ	Üyelik Fonksiyonu
ϵ	Soğutma oranı
α	Gerilim koşulu
$\alpha(T)$	T'ye bağlı değişken
β	Kapasite koşulu
η	Öğrenme oranı
Δ	Fark indisi
(\cdot) indisi	Düzenleme sonrası değer
$\mu_{\tilde{V}}$	Gerilim indeksi
$\mu_{\tilde{L}}$	Ohmik İndeks
$\mu_{\tilde{D}}$	Karar İndeksi



KISALTMA LİSTESİ

DAOP	Discrete Ascent Optimal Programming
DISTOP	Distribution Network Optimization
GA	Genetik Algoritma
GP	Gelişimsel Programlama
OGA	Optimal Güç Akışı
SA	Simulated Annealing
YGA	Yenilenmiş Genetik Algoritma
YSA	Yapay Sinir Ağı



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Civanlar vd. (1988) tarafından sunulan 3 baralı, 3 bağ anahtarlı 13 bölgesel anahtarlı sistem 5
Şekil 3.1	Lin ve Chin (1997) ile tanımlanan gerilim indeksi 11
Şekil 3.2	Lin ve Chin (1997) ile tanımlanan ohmik indeks..... 12
Şekil 3.3	Lin ve Chin (1997) tarafından önerilen algoritma..... 14
Şekil 3.4	Bağ hattı ile oluşturulan göz 21
Şekil 3.5	Örnek dağıtım sistemi 22
Şekil 3.6	Tek hat ve tek yük içeren basit sistem 25
Şekil 3.7	Güç transferinin bir fonksiyonu olarak sıfır hata değişim daireleri 30
Şekil 3.8	Sıfır kayıp değişim göz dairesi..... 31
Şekil 3.9	YGA işleminin akış diyagramı..... 37
Şekil 3.10	Çaprazlama ve değişim işlemleri arasındaki ilişki 39
Şekil 3.11	Çaprazlama ve değişimin olasılık değişimi 40
Şekil 3.12	Çizelge 3. 3 ile zincir tablosu verilen sistem ağacı 46
Şekil 3.13	Bulanık mantık değişim kontrol ünitesinin yapısı..... 47
Şekil 3.14	$\Delta f(t)$ 'nin üyelik fonksiyonu 49
Şekil 3.15	$\Delta^2 f(t)$ 'nin üyelik fonksiyonu 49
Şekil 3.16	$\Delta m(t)$ 'nin üyelik fonksiyonu 50
Şekil 3.17	Önerilen yöntemeye uygun üyelik fonksiyonu 53
Şekil 3.18	Kashem vd. (1998) ile önerilen YSA kullanımlı sistem düzenlemesi..... 58
Şekil 3.19	Uygulama devresi 62
Şekil 3.20	Ana bir fiderin tek hat diyagramı 64
Şekil 3.21	Ana bilgisayar işlemlerini gösteren akış diyagramı 66
Şekil 4.1	McDermott vd. (1999) uygulaması için sabit akım ve direnç değerli devre 70
Şekil 4.2	Civanlar vd., (1988) tarafından sunulan örnek sistemin anahtarlı kapasitör grupları eklemesi ile yeniden düzenlenmesi 75

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1	Şekil (2.1)'de verilen sistem için kodlama düzeni 35
Çizelge 3.2	Zincir tablo yapısı 45
Çizelge 3.3	Tipik bir zincir tablo örneği 46
Çizelge 3.4	Bulanık mantık sonuç çıkarma kuralları 50
Çizelge 3.5	Gerçek yüklerin yaklaşık yüklere dönüştürülmesi 59
Çizelge 3.6	Şekil 3.21'de verilen sistem kayıpları 62
Çizelge 4.1	Civanlar vd.(1988) tarafından verilen üç fiderli sisteme ait veriler 67
Çizelge 4.2	Baran ve Wu (1989) tarafından verilen sisteme ait veriler 68
Çizelge 4.3	Lin ve Chin (1997) indeks değerleri 69
Çizelge 4.4	Kashem vd. (2000) düzenleme yöntemi sonuçları 73
Çizelge 4.5	Kashem vd. (1998)'in sistem anahtar durumları 75
Çizelge 4.6	Su ve Lee (2001) uygulaması sonucunda elde edilen veriler 76



ÖNSÖZ

Elektrik tesislerinin kullanıcı birimlere en yakın kısmını oluşturan dağıtım sistemlerinde, ihtiyaç parametrelerinin zaman içinde değişmesi sistem verimine olumsuz etkide bulunur. Bu etkilerin ortadan kaldırılması ve hata olasılıklarının düşürülmesi amacıyla dağıtım sistemleri tekrar gözden geçirilerek düzenlemeye tabi tutulur. Düzenleme tanımı ile sistem dahilinde bulunan anahtarların konumlarının, sistem koşullarını sağlayacak şekilde değiştirilerek sisteme kısmen ya da tamamen yeni bir yapı kazandırılması ifade edilmektedir.

Basit yükler ve tek hat şemaları üzerinden kolayca yapılabilecek bu işlemler pratik sistemlerde; karmaşık sistem özellikleri ve değişik yük parametreleri nedeniyle çözülmesi gereken bir problem haline almıştır. Söz konusu problemin çözümü için birçok çalışma yapılarak yöntemler geliştirilmiş ve konu elektrik mühendisliği açısından önemli sayılabilecek bir konum kazanmıştır. Tez çalışmasında, kayıp azaltımı için fider düzenleme problemi ile ilgili son yıllarda yapılan en önemli çalışmaları inceleyerek yöntem sınıflandırmasında temel sayılan yöntemlerle karşılaştırdım. Yeni yöntemlerin düzenleme problemine uygulanabilirliklerini; örnek sistemler üzerinde sonuç karşılaştırmaları ile sorguladım. Çalışmalarım sırasında benden desteğini esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Erdin Gökalp'e teşekkür eder, saygılar sunarım.



ÖZET

Fider düzenleme işlemi sistem dahilindeki bölgesel ve bağ anahtarlarının “açık/kapalı” konumlarının değiştirilerek tüm sistem işletme şartlarının iyileştirilmesi olarak açıklanmaktadır.

Elektrik dağıtım sistemi, yük parametrelerinin zaman içinde değişmesi nedeniyle, verimliliğe bağlı olarak yeniden düzenlenmeye ihtiyaç duyar. Fakat dağıtım sistemleri dahilinde sayısız anahtar ve çok fazla anahtarlama seçeneği bulunur. Bu nedenle fider düzenlemesi uygulayıcılar için zor bir karar verme işlemi haline gelir.

Oluşan problemin çözümü için önerilen yeni metot ve algoritmalar dağıtım sistemleri mühendisliği kapsamında sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma dahilinde bilim adamları tarafından sunulan 9 yeni yöntem ve algoritmaları, uygulama sonuçları ile birlikte incelenmiştir. Sonuçlar kayıp azaltımı yanında, işlem süresi ve güvenilirlik açısından da değerlendirilerek sistem yöneticileri açısından her yeni yöntemin sağladığı avantaj ve dezavantajlar vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fider düzenlemesi, verimlilik, kayıpların azaltılması, algoritma.

ABSTRACT

Feeder reconfiguration is defined as changing the “open/closed” states of the sectionalizing and tie switches of the system to improve the operating conditions of the overall system.

Since the load parameters alter in time, electric distribution system needs to be reconfigured related to productivity. But there are numerous numbers of switches in the distribution systems and the number of switching operations is tremendous. Feeder reconfiguration thus becomes a complex decion-making process for dispatchers to follow.

The methods, which have been offered to this problem, are classified under the principles of the distribution system engineering. Within this classification 9 new methods and algorithms offered by the scientists have been analysed together with the application results. After analyzing the results for loss reduction, computational time, and robustness, the advantages and disadvantages of each new method have been emphasized from system administrators' point of view.

Keywords: Feeder reconfiguration, productivity, loss reduction, algorithm.



1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi günümüz genel enerji tüketimi içinde % 35 gibi hiç de azımsanmayacak yüksek bir yüzdeye sahip, kullanımı kolay, atık bırakmayan ve çağdaş bir enerji biçimidir.

Elektrik üretim santrallerinde çeşitli kaynaklar (termik, hidrolik, doğal gaz, nükleer enerji) vasıtasıyla üretilen elektrik enerjisi, üretildiği anda tüketilmesi gerekliliği nedeniyle depolanmadan tüketicilere ulaştırılır. Elektrik enerjisini üretildiği noktadan tüketiciye kadar ulaştıran tesisler iki ana bölümden oluşmaktadır:

a) Enerjinin çok yüksek ve yüksek gerilim ile uzun mesafelerde taşındığı elektrik iletim tesisleri

b) Enerjinin gerilim seviyesinin orta gerilim ve alçak gerilim seviyelerine çekilerek tüketiciye verildiği elektrik dağıtım tesisleri.

Elektrik enerjisinin insan hayatı içinde öneminin ve kullanım alanının artmasına paralel olarak söz konusu enerjinin verimliliği ve sürekliliğinin sağlanması da sistemden beklenen önemli bir nokta haline almıştır (Çakır, 1985). Hızla büyüyen ihtiyacın karşılanmasına yönelik olarak yeni üretim merkezleri kurulması yanı sıra mevcut sistemde verimliliğin artırılması, diğer bir ifade ile kayıpların azaltılması gerekliliği doğmuştur. Enerjinin üretim tesislerinden başlayarak son kullanıcıya kadar izlediği yol üzerinde araştırma ve çalışmalar yapılarak sistemin her kademesinde işletme koşulları dahilinde kayıpların azaltılmasına çalışılmıştır.

Üretim ve iletim sistemleri üzerine yoğunlaşan çalışmalar sonrasında, elde edilen sonuçlar itibariyle kullanıcıya en yakın sistem olan elektrik dağıtım sistemleri üzerinde de aynı tipte çalışmaların yapılması gerekliliği tespit edilmiştir. Elektrik dağıtım sistemleri üzerine yapılan çalışmalar sonucunda dağıtım sistemlerinde verimin artırılarak kayıpların azaltılması için pek çok yöntem geliştirilmiş ve günümüz sistemleri üzerinde başarı ile uygulanmıştır (Gönen, 1988; Burke, 1994).

Geliştirilen yöntemlerden en etkin ve yaygın olanlar :

- a) Reaktif güç kompanzasyonu
- b) Nispeten yüksek gerilim seviyelerinin kullanılması
- c) Yük dengelemesi
- d) İletken kesitlerinin ve kullanılan malzeme standartlarının iyileştirilmesi
- e) Fider düzenlemesidir.

Günümüzde kurulan elektrik dağıtım sistemlerinin önemli bölümü koruma sistemlerinin etkili koordinasyonunun sağlanabilmesi maksadıyla radyal(dallı) şebeke olarak işletilmektedir. Sistem içeriğinde koruma, yönetme ve düzenleme amacıyla kullanılmak için tesis edilmiş olan ve genel adlarına “anahtar” diyebileceğimiz çeşitli tipte şalt cihazları bulunmaktadır. Sistem dahilindeki anahtarlar kendi içlerinde ikiye ayrılırlar:

- a) Normalde kapalı (bölgesel) anahtarlar
- b) Normalde açık(bağ) anahtarlar

Söz konusu sistemler kurulum aşamasında pik(maksimum) yükler göz önüne alınarak planlanırlar. Fakat kullanım aşamasında her bir fider ticari, endüstriyel ya da beşeri pratik yüklerin değişken yapısına göre farklı yüklenir ve puant yükler farklı zamanlarda oluşabilir. Bu açıdan sistemin pratik yüklerin karakteristiklerine uygun şekilde yeniden düzenlenmesi ile sistem verimliliğinin artması kaçınılmazdır. Sistem düzenlemesi ifadesi; dağıtım sistemi içinde bulunan bölgesel ve bağ anahtarlarının belli bir mantık dahilinde durumlarının değiştirilmesi olarak basit şekilde açıklanabilir

Düzenleme işlemi sırasında bu iki tip anahtar uygulanan yöntem ve göz önüne alınan algoritmaya göre sistem işletme koşullarını sağlayacak şekilde konum değiştirirler. Anahtarların karşılıklı olarak konum değiştirmesi bir başka deyişle sistemin düzenlenmesi sonrasında ilk sistemden bir bölümüyle ya da tamamıyla farklı yeni bir radyal dağıtım sistemi elde edilmiş olur. Bu sistemde kayıplar azaltılmış, pik yükler hafifletilmiş, gerilim profili geliştirilmiş ve sistem güvenliği artırılmış olmalıdır. İlk sistemde meydana gelen bir hata sonrasında ise mümkün olduğunca çok tüketiciyi en kısa zaman diliminde enerji sağlamak hedef fonksiyondur. Dağıtım sistemlerinin tüketiciye en yakın sistem olması sebebiyle sistem

dahilinde ortaya çıkacak bir hata tüketici üzerinde diğer sistemlerdeki bir hatadan daha şiddetli etki gösterir.

Yapılan tez çalışmasında elektrik dağıtım sistemlerinde kayıp azaltımı temelli fider düzenlemesi için sunulan yeni yöntemler temel mantıklarına göre sınıflandırılarak detaylı biçimde incelenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde fider düzenlemesi için geliştirilmiş mevcut temel yöntemler hakkında genel bilgiler verilmiş ve düzenleme işlemi sırasında uyulması gerekli genel sistem koşulları açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde tez çalışmasına konu teşkil eden; elektrik dağıtım sistemlerinde kayıp azaltımı için önerilen 9 yeni yöntem altbölümlerde sınıfsal ayrımlarla incelenmiştir. Sınıfsal ayrım; düzenleme probleminin çözümü için yeni yöntemin kullandığı yaklaşım mantığına göre yapılmıştır. Yöntemlerin incelemesinde yöntemin problemi formülasyonu, çözüm algoritması ve algoritma açıklamalarına yer verilmiş ve yöntem çözüm karakteri belirlenmiştir.

Dördüncü bölümde, bir önceki bölümde incelenen yeni yöntemler, sağladıkları sistem kayıp azaltım sayısal sonuç değerleri üzerinden karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar referans seçilen temel çalışmalara ait örnek sistemler üzerinden temel yöntem sonuçları ile yapılmıştır.

Son bölüm olan beşinci bölümde düzenleme probleminin çözümü açısından önerilen yeni yöntemlerle işlem adımlarında elde edilen sonuç ve bunlara ait değerlendirmelere yer verilmiştir. Sunulan yeni yöntemlerin avantaj ve dezavantajları verilmesinin yanısıra, problemin çözümü açısından kritik özellikler vurgulanmıştır.

2. ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMLERİNİN DÜZENLENMESİ

2.1 Elektrik Dağıtım Sistemlerinin Düzenlenmesi için Geliştirilen Mevcut Algoritma ve Yöntemler

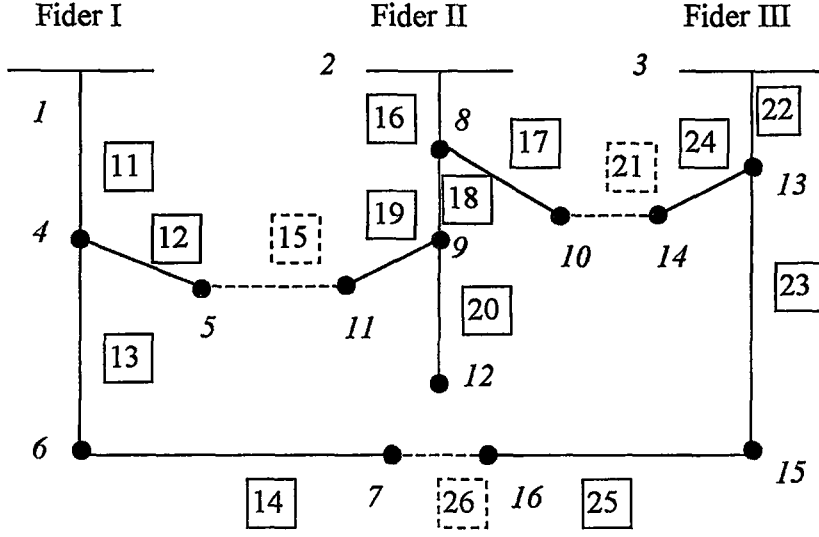
Dağıtım sistemlerinin kayıp azaltımı için düzenleme problemi üzerine yapılan ilk çalışmalardan itibaren öne sürülen metot ve algoritmalar şu şekilde sınıflandırılabilir:

- a) Heuristik kurallara dayalı algoritmalar
- b) Matematiksel optimizasyon tekniği ve heuristik kurallara dayalı algoritmalar
- c) Genetik algoritmalar
- d) Bulanık mantık üzerine kurulu algoritmalar
- e) Yapay sinir ağları üzerine kurulu algoritmalar

2.1.1 Heuristik Kurallara Dayalı Algoritmalar

Heuristik, kelime olarak; geçmiş deneyimlerden yararlanarak problemleri çözme veya iş görme gücünü geliştirme şeklinde açıklanmıştır. Dağıtım sistemlerinin düzenleme problemi için ise heuristik kurallar; ağır yüklenen sistem birimlerinin yüklerinin azaltılmasının sistem kayıplarını azaltacağını kabul eden kurallardır. Düzenleme probleminin büyük kapsamlı pratik yükler içeren sistemlerde uygulanması zorluğu sadece heuristik kurallar üzerine kurulu algoritmaların da optimum çözüm için önerilmesine neden olmuştur.

Civanlar vd., (1988)'in heuristik kurallar üzerine kurulu çözüm yöntemi kayıpların azaltımı için fider düzenlemesinde amaçları belirleyen temel çalışmadır. Önerilen yöntem ve sunulan örnek (Şekil 2.1) fider düzenlenmesi için daha sonra yapılan ve yapılmakta olan çoğu çalışma için önemli bir çıkış noktası oluşturmuş ve yöntem devamlı diğer bilim adamlarınca geliştirilmiştir.



Şekil 2. 1 Civanlar vd., (1988) tarafından sunulan 3 baralı,3 bağ anahtarlı,13 bölgesel anahtarlı sistem(Kesik çizgiler bağ anahtarların bulunduğu dalı gösterir)

Civanlar vd., (1988)'de fider düzenlemesi çözüm yönteminin şu iki özelliği sağlamanın gerekliliği vurgulanmıştır:

- Fider düzenlemesinden sonra kayıplardaki değişimi minimum hesaplama kullanarak tahmin edebilme yeteneği
- Çok boyutlu problemleri azaltmak için istenilmeyen açma-kapama seçeneklerini dikkate almamayı sağlayan bir kriter kullanımı.

Baran ve Wu (1989) sundukları çalışmada Civanlar vd., (1988) tarafından önerilen çözüm yaklaşımını işlemiş aynı zamanda iki yeni metot önererek sonuca ulaşmaya çalışan başka bir temel çalışma ortaya koymuşlardır. TÜBİTAK tarafından da desteklenen bu çalışmada düzenleme problemi yük dengeleme ve kayıp azaltımı için iki hedefli şekilde önerilmiştir. McDermott vd., (1998), Kashem vd., (2000) ve Kashem vd., (2001) ile önerilen bu sınıflandırmadaki yeni yöntemler (3. 2-4)no'lu bölümde incelenmiştir.

2.1.2 Matematiksel Optimizasyon Tekniği ve Heuristik Kurallara Dayalı Algoritmalar

Elektrik dağıtım sistemleri düzenleme probleminin lineer olmayan doğası sadece matematiksel teknikleri kullanan çözüm yöntemlerini pratik olmaktan çıkarmaktadır. Bu

yüzden optimizasyon teknikleri ve heuristik kuralların doğru şekilde entegre edilmesiyle uygun sonuçların elde edilebileceği önerilmiş ve uygulamalarda tatminkar sonuçlar elde edilmiştir. Shirmohammadi ve Hong (1989) önerdikleri algoritma ve kullandıkları (DISTOP) programıyla temel bir çalışma oluşturmuşlardır. Lin ve Chin (1997) ile önerilen bu sınıflandırmadaki yöntem (3.1)no'lu bölümde incelenmiştir.

2.1.3 Genetik Algoritmalar

Genetik algoritmalar; düzenleme probleminin çözülmesinde kullanılmak amacıyla geliştirilen yapay zeka teknolojisi üzerine dayalı algoritmalardan biridir. Rastlantısal bilgi değiştirilmesi ile çaprazlama ve değişim oranları dahilinde sisteme ait ilk bilgileri saklayan ata kromozomlardan yeni ürün fertler oluşturulması tekniği algoritmanın temelini oluşturur. Lin vd., (2000) tarafından önerilen yenilenmiş genetik algoritma(YGA) (3. 5)no'lu bölümde incelenmiştir.

2.1.4 Bulanık Mantık Üzerine Kurulu Algoritmalar

Bulanık mantık; söz konusu sistem özelliklerinin günlük konuşma dili ile belirtilmesini sağlayan yeni bir teknolojidir. Bulanık mantık tanımlama için kesin fiziksel değerlerin sözcüksel değişken kümelerle belirtildiği üyelik fonksiyonlarını kullanır. Bulanık mantık tanımlamaları ve bulanık mantık üzerine yeni yöntemler Song vd., (1997) ve Hsiao ve Chien (2001) (3.6-7) no'lu bölümde detaylı olarak incelenmiştir.

2.1.5 Yapay Sinir Ağları Üzerine Kurulu Algoritmalar

Yapay sinir ağları(YSA) doğrusal olmayan süreç çıkarma problemleri için üretilmiş uzman sistemlerdir. Dağıtım sistemlerindeki yük parametreleri-anahtar konumları arasındaki non-lineer ilişki ve benzeri problemlerin çözümlerinde uygun sonuç verme potansiyeline sahiptirler. Çoğu matematiksel modelde olduğunun aksine yaklaşım ve problem değişkenlerine ait ön bilgiye ihtiyaç duymazlar.

YSA'larının çeşitli güç sistem problemlerinin çözümünde kullanılması giderek artan bir ilgi görmektedir. İlk uygulamaları 1975 yılında yapılan YSA'larının güç sistem problemlerine ilk uygulaması 1988 yılı içinde yapılmıştır. Kim vd (1993) tarafından yapılan çalışma YSA'larının dağıtım sistemi düzenlenmesinde ilk kullanımınıdır. Bu çalışmada Kore elektrik dağıtım sistemi, YSA uygulaması ile kayıp azaltımı için yeniden

düzenlenmiş ve sonuç olarak sabit ve değişken yüklü durumda YSA uygulaması ile kayıp azaltımında optimum sonuç elde edilerek yüksek hızlı kontrol-sonuç mekanizması oluşturulabilmiştir. Kashem vd., (1998) fider düzenlemesi için YSA uygulaması ile dağıtım sistemlerinde kayıp azaltımı çalışması (3. 8)no'lu bölümde incelenmiştir.

2.2 Düzenleme Probleminde Uyulması Gereken Koşullar

Yük akışı kullanan yöntemler her barada gerilimin genliği, faz açısı ve her hatta akan aktif ve reaktif güçleri çıkış bilgisi olarak vereceklerdir (Çakır, 1986). Dağıtım sistemi düzenleme probleminin çözümünde hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın sistem işletme koşullarının yeni sistem düzeninde de sağlanması çözüm için en önemli adımlardan biridir. Dağıtım sisteminin sürekliliğinin sağlıklı şekilde sağlanması koşulların eksiksiz oluşumuna bağlıdır. Özel koşul gerektiren sistemlerle ilgili notlar önerilen yeni yöntemlere ait açıklamalarda verilmiştir.

Özel durumlar haricindeki koşullar genel ifadelerle:

- a) Sistemin her bölümü beslenmeli, tüm enerji talebi eksiksiz karşılanmalıdır. Bu koşulu eksiksiz yerine getiremeyen hiçbir çözüm önerilen yöntem tarafından kabul edilmemelidir.

$$L_i = 1 \quad (i=0,1,2,\dots,n) \quad (2. 1)$$

- b) Radyal sistem yapısı korunmalıdır: Düzenleme işlemi sırasında bölgesel anahtarların pozisyonları değişirken sistemin bu özelliğinin korunması sayesinde koruma sistemleri koordinasyonu sağlanabilecek ve yöntemler dahilinde güç akışı hesaplamaları kullanılacaktır.

- c) Sistem ısı koşulları korunmalı, dallarda yük akışı maksimum sınırları aşılmamalıdır :

$$I_i \leq I_{maks} \quad (i=0,1,2,\dots,n) \quad (2. 2)$$

$$S_i \leq S_{maks} \quad (i=0,1,2,\dots,n) \quad (2. 3)$$

- d) Sistem düğüm işletme gerilimi güvenlik sınırları içinde olmalıdır:

$$V_i^{min} \leq V_i \leq V_i^{maks} \quad (i=0,1,2,\dots,n) \quad (2. 4)$$

e) Her düğümdeki yük akışı dengede tutulmalıdır.

$$S_{i-1} = S_i + S_{Li} \quad (i=0,1,2,\dots,n) \quad (2.5)$$

f) Anahtarlama işlemleri eşzamanlı yapılmalıdır: Karşılıklı konum değiştiren bölgesel ve bağ anahtarlarının bu işlemleri(geçerli yöntemler için) aynı anda yapılmalıdır.



3. DÜZENLEME PROBLEMİ İÇİN GELİŞTİRİLEN YENİ METOT VE ALGORİTMALAR

3.1 Heuristik Kurallar ve Optimizasyon Tekniği Kullanan Yeni Algoritma

Daha önce yapılmış fider düzenlemesi optimum çözüm stratejileri ile ilgili çalışmaların hemen hemen hepsinde kayıp azaltımındaki etkinliğin değerlendirilmesine ihtiyaç vardır. Söz konusu geleneksel yük akış yöntemleri kullanıldığında optimum düzenin bulunabilmesi için çok fazla nümerik hesaplama ve çözüm alanı gerekmektedir. Lin ve Chin (1997) anahtarlama problemini en az nümerik yükü çözebilmek için yeni bir yaklaşım geliştirmiştir. Normal işletme şartlarında sistem kayıp azaltımı için; hata sonrasında ise yüklerin yeniden beslenebilmesi, servisin yeniden sağlanabilmesi için yeniden düzenleme yapılmıştır. Algoritma uygun bir anahtarlama işlemleri kümesi elde etmek için bir anahtarlama indeksi benimsemiştir. Anahtarlama indeksleri dal gerilim düşümleri ve hat sabitleri yardımıyla elde edilir. Dal gerilim düşümleri ve hat sabitleri elektriksel koşullarla beraber değerlendirilmiştir. Radyal topoloji yerine tüm bağlantı anahtarları kapatılarak gözlü şebeke göz önüne alınmıştır. Her gözde sadece en büyük anahtarlama indeksinin değerlendirilmesi sayesinde algoritma uygun durum sayısını kesin olarak azaltmaktadır. Hata sonrası servisin yeniden sağlanması durumunda en küçük indeksli aday anahtar beslenemeyen yük kısımlarına enerji iletmek için işlem görür.

3.1.1 Problemin Formülasyonu

Normal sistem işletmesinde fider düzenlemesi hat kayıplarının minimize edilmesi için yapılır. İşletme koşullarının belirlenmesi ve düzenleme sonrasında da sağlanabilmesi esastır. Anahtar işlemleri için (X,Y) gösterimi kullanılacak olup X kapanan anahtar, Y ise açılan anahtarın indisidir. Sistemin radyal yapısının korunması adına her anahtar kapanışını bir anahtarın açılışı izler.

İki komşu bara i ve j arasındaki hatta güç kaybı formülü :

$$P_{kay(i,j)} = R_{i,j} \left(V_j - V_i \| y_{i,j} \right)^2 \quad (3.1)$$

$$P_{topkay} = \sum P_{kay(i,j)} = \sum R_{i,j} \left(V_j - V_i \| y_{i,j} \right)^2 \quad (3.2)$$

Kayıp azaltımı problemi; (3. 2) nolu eşitliğin minimize edilerek gerilim ve akım limit değerleri ile ilgili elektriksel koşulların sağlanması ile formüle edilir.

Bir hata meydana gelmesi durumunda ise hatalı eleman(lar) uygun anahtarların açılmasıyla sistemden izole edilirler. Bu işlem sonucunda yükte doğal olarak azalma görülür. Hata izolasyonundan sonra dağıtım sistemi üç bölümde incelenebilir:

- a) Hatadan etkilenmeyen ve beslenen yükler
- b) Kaynak noktaları
- c) Hatadan etkilenen ve beslenemeyen yükler.

Servis düzenleme işleminde hatadan etkilenen grubun yeniden beslenebilmesi için en uygun çözüm stratejisi uygulanmalıdır. Aynı zamanda düzenleme işlemi boyunca şu kriterler sağlanmalıdır:

- a) Minimum anahtarlama
- b) Minimum kayıp
- c) Gerilim ve akım koşulları
- d) Bağ anahtarlarına yakın anahtarlarda işlem yapabilme.

3. 1. 2 Anahtarlama İndekslerinin Tanımlanması:

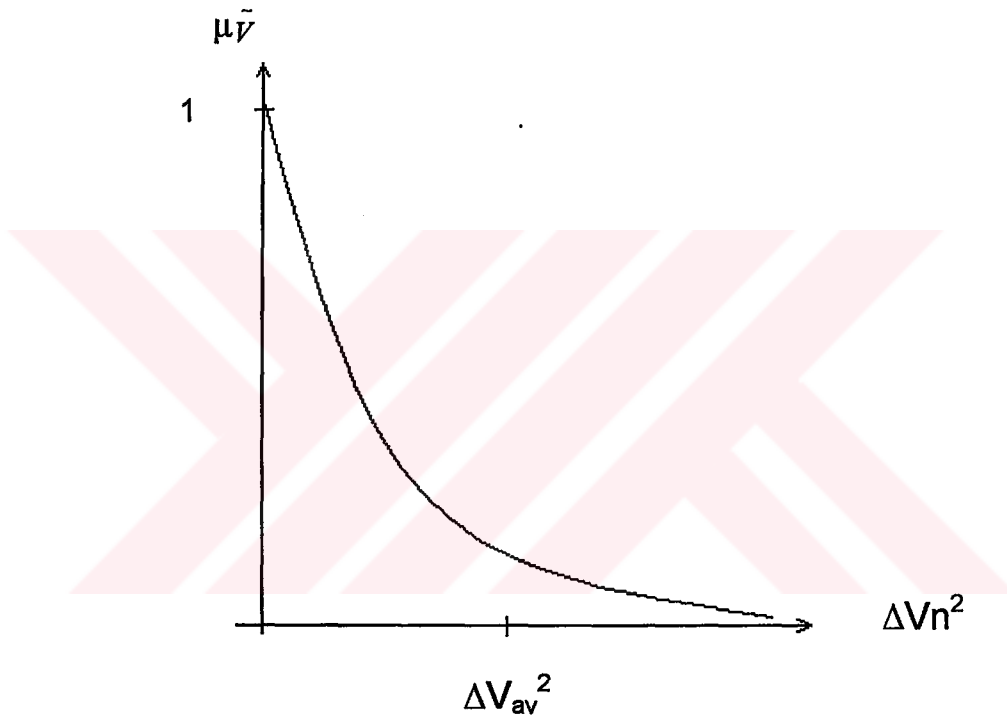
Dağıtım sistemi dahilindeki bir bağ anahtarının kapatılması sistemde kapalı bir göz oluşturur. Önerilen algoritma bütün anahtarların kapatılmasıyla başlar ve böylece gözlü şebeke elde edilir. Bu gözlü şebeke birçok kapalı gözden oluşacak olup; her göz minimum kayıp için bir açış noktasına sahip olacaktır. Her gözde bir anahtar açılarak radyal yapı yeniden sağlanmış olur. Normal işletme koşullarında amacımız, her göz için en uygun "açış" noktasının bulunması olacaktır. Hata sonrası ise ayırık bölümlerin birleşimi için "kapanış" noktası bulunmalıdır.

Bu çalışmanın çözüm araştırmasında üç anahtarlama indeksi tanımlanmıştır. \tilde{V} ve \tilde{L} setleri düğüm gerilimleri ve hat parametrelerini tanımlamak için kullanılmıştır.

Gerilim İndeksi: $(\mu_{\tilde{V}})$

$R_{i,j} \left(|V_j - V_i| |y_{i,j}| \right)^2$ ifadesinin minimize edilmesi ile gerilim düşümü azaltılarak kayıplarda azalış sağlanır. Gerilim indeksi " $\mu_{\tilde{V}}$ " n kolu için(i de j'ye) şu şekilde tanımlanır:

$$\mu_{\tilde{V}}(n) = \exp \frac{-\omega (\Delta V_n)^2}{(\Delta V_{av})^2} \quad (3.3)$$

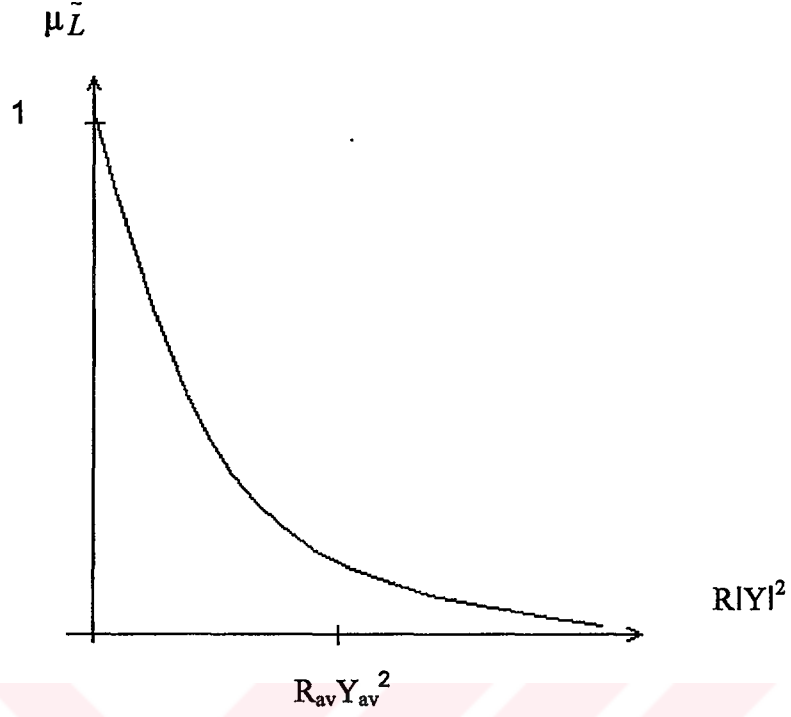


Şekil 3.1 Lin ve Chin (1997) ile tanımlanan gerilim indeksi $\mu_{\tilde{V}}$

Ohmik İndeks : $\mu_{\tilde{L}}$

Hat sabitleri R ve Y aynı zamanda (3. 1)no'lu eşitliği minimize etmek için de kullanılabilirler. Düşük akım geçişi yüksek $R|Y|^2$ değeri için beklenir. Ohmik indeks $\mu_{\tilde{L}}$ şu eşitlikle tanımlanabilir:

$$\mu_{\tilde{L}}(n) = \exp -\omega \left(\frac{R|Y|^2}{R_{av}Y_{av}^2} \right)$$



Şekil 3. 2 Lin ve Chin (1997) ile tanımlanan ohmik indeks $\mu_{\tilde{L}}$

Karar İndeksi : $\mu_{\tilde{D}}$

$\mu_{\tilde{V}}$ ve $\mu_{\tilde{L}}$ indekslerinin işlemleri sonucunda elde edilen \tilde{D} karar seti için $\mu_{\tilde{D}}$ karar indeksi şu şekilde tanımlanabilir:

$$\mu_{\tilde{D}}(n) = \mu_{\tilde{V}}(n) \times \mu_{\tilde{L}}(n) \quad (3.5)$$

Normal işletme şartlarında, en uygun sonuç şu şekilde elde edilir:

$$\text{Maks } \mu_{\tilde{D}}(n) = \text{Maks } \{ \mu_{\tilde{V}}(n) \times \mu_{\tilde{L}}(n) \} \quad (3.6)$$

Hata sonrası işlemlerinde ise sonuç; seçilmiş bir grup $\mu_{\tilde{D}}$ ile:

$$\text{Min Maks } \mu_{\tilde{D}}(n) = \text{Min } \{ \text{Maks } (\mu_{\tilde{V}}(n) \times \mu_{\tilde{L}}(n)) \} \quad (3.7)$$

şeklinde elde edilir.

Weighing Faktörü ω :

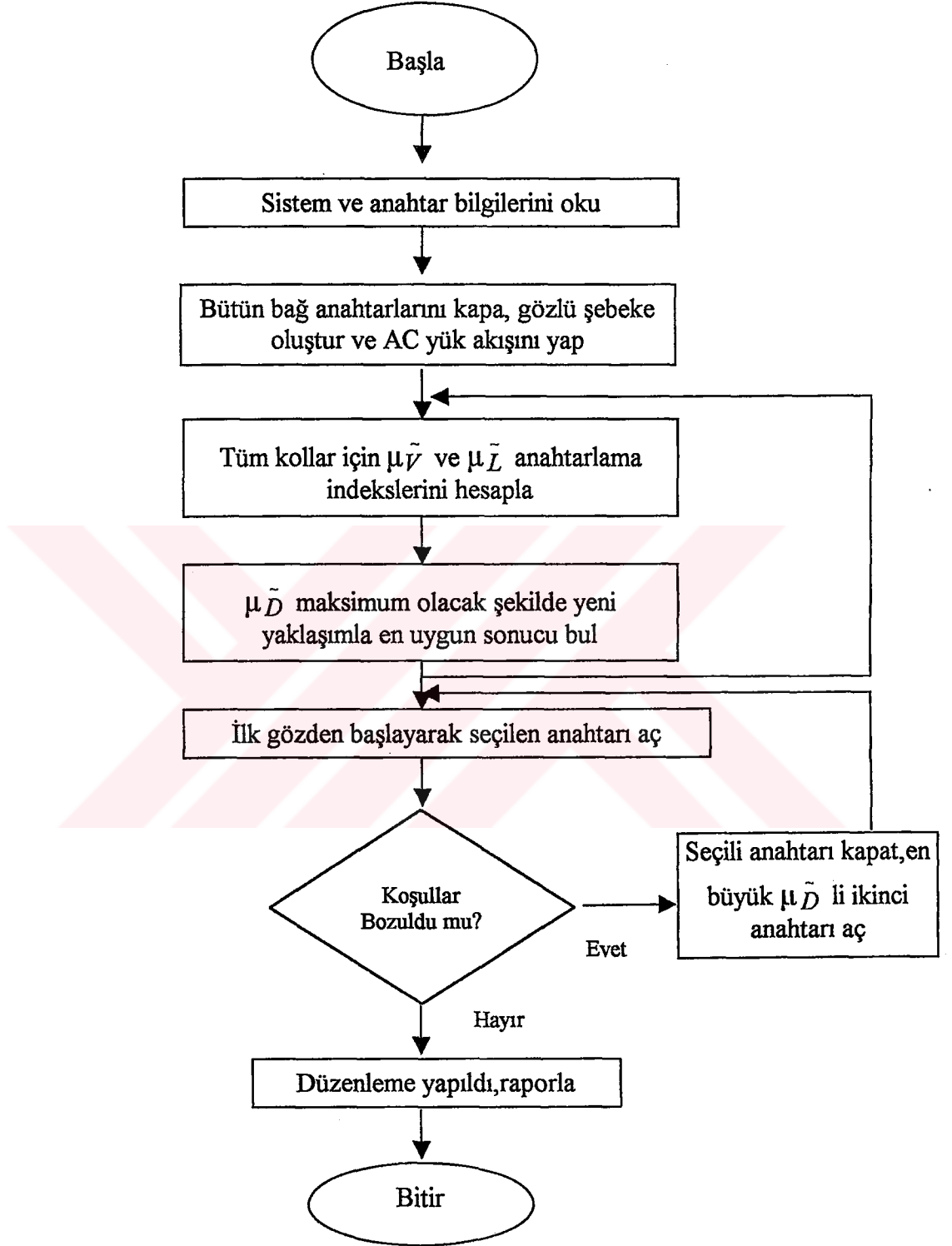
Belli bir bağ anahtarının kapatılmasıyla oluşan göz kapsamındaki bölgesel anahtar için bağ anahtarına olan mesafeye göre weighing faktörü tanımlanır. Belli bir gözde toplam m adet anahtar olduğu kabul edildiğinde; bağ anahtarı ve komşu iki anahtar için weighing faktörü $1/m$ değerini alır.

3. 1. 3 Çözüm İşlemi

Kayıp Azaltımı :

şekil 3.3' de normal işletme koşullarında düzenleme işleminin akış diyagramı(algoritması) gösterilmiştir. Düzenleme; her göz için maksimum güç akışı göz önüne alındığında en üstteki gözlerden başlamalıdır. Bir gözde seçilen bir anahtar, bir sonraki gözdeki işlemde devre dışı bırakılacaktır.





Şekil 3. 3 Lin ve Chin (1997) tarafından önerilen algoritma

3. 2 Heuristik Yeniden Yapılandırma Algoritması

McDermott vd., (1999) tarafından önerilen düzenleme algoritması bütün anahtarların açılması ve her adımda hedef fonksiyonda en az artış yapan anahtarın kapatılması mantığına dayanmaktadır. Hedef fonksiyon olarak artan kayıpların artan yüklere oranı alınmıştır. Aday anahtarların belirlenmesinde basitleştirilmiş kayıp formülü kullanılmış fakat her anahtarın kapatılmasından sonra tam yük akışı uygulanarak kayıp bilgileri elde edilmiştir. Algoritma sonuna geri dönüş adımı eklenerek dikkatsiz adımlar engellenebilmektedir. Bu algoritma diğer metotlardan daha fazla bilgisayar vakti kullanmasına rağmen kontrol mekanizması daha geçerlidir.

3. 2. 1 Algoritma Açıklaması

Discrete Ascent Optimal Programming (DAOP) dağıtım sistemlerinde optimum yük akışı ve faz dengesi için uygulanmış bir sistemdir (Broadwater vd., 1996). (DAOP)'da yük, toplam kayıplardaki artışı en azda tutacak şekilde, son uçlardaki düğümlere eklenerek, artışlarla elde edilir. Her adımda kayıplardaki artış bağımsızdır. Üç merkezli ve koşulsuz sistemde optimumu bulmasına rağmen (DAOP) gelişmeye açık (greedy) bir algoritmadır.

McDermott vd., (1999) tarafından önerilen (DAOP) üzerine kurulu algoritmada aday anahtar işleminin incelemesi tam yük akışı vasıtasıyla sağlanmaktadır. Kullanıcı, işleme girebilecek anahtar tiplerini belirleyebilmekte ve istediklerini manuel olarak kilitleyebilmekle beraber hata önleme sistemi ile daha fazla anahtar da kilitlenebilmektedir. İşlem sonunda algoritma kullanıcıya işlem görebilecek anahtarları sıralar. Uygun anahtarların bu haliyle ölçme işareti kayıpları ve beslenemeyen yükler sorunu çözümlenir. Tüm uygun anahtarların kapatılmasıyla yapılacak olan sistem yük akışı da faydalı olur. Bu durum kayıplardaki artışı düşük tutar.

Önerilen algoritmanın ana döngüsü tüm açılabilir anahtarların açılmasıyla başlar ve her adımda adayların bir listesi yapılır. Aday anahtarın sadece bir ucunda gerilim bulunmalıdır. Yine her adımda adaylar birer birer kapatılarak döngüde başa dönülür. Her adım bağımsız olduğu için kayıplar da her adımda ister istemez artmaktadır.

Önerilen algoritma

İşlem görebilecek anahtarları sırala

Hatalı elemanları ayır

Radyal güç akışını işaretle

Opsiyonel:ideal kayıplar için sistem yük akışını yap

Tüm anahtarları aç;temel yük akışını yap

Tekrarla

-sadece bir tarafında gerilim bulunan aday anahtarları listele

-En iyi fayda=sonsuz;En iyi anahtar= bulunmadı olarak ata

-her aday için

adayı kapat,söz konusu devrede yük akışını uygula

adayın fayda göstergesi < En iyi fayda

akım ve gerilim koşulları sağlanıyor mu?

Evet ise:En iyi fayda ve En iyi anahtarı değiştir

Hayır ise:elemana uyarı mesajı ata

Adayı aç,temel yük akışını eski haline getir

-En iyi anahtar bulundu mu?

En iyi anahtarı kapat ve temel yük akışını yenile

Opsiyonel:geri dönüş için kontrol yap

En iyi anahtar bulunamayınca kadar

Raporla:kayıplar;beslenemeyen yükler,anahtarlama işlemleri.

$$M = \frac{\Delta P_{kay}}{\Delta S_{yük} + 0,001 \Delta Q_{kap}} \quad (3. 8)$$

Fayda göstergesi; her adımda çekilen toplam yük ile normalleştirilen minimum kayıp artışını belirtir. (3. 8) 'nolu eşitlikte ağırlaşma çarpanı olarak 0,001 yer alır. Bu çarpan şebeke tarafı kapasitör grupları içindir fakat bu grupların müşteriye direk bir getirisi ya da faydası yoktur. Bu çarpanın aktif değerinin önemi olmamasının yanında tek maksadı kapasitörlü fakat yüksüz anahtarlama bölümlerinde sıfırdan farklı payda oluşturmaktır. Bu koşul oluşmadığında algoritma söz konusu bölümlerde takılabilir. Çünkü bu anahtarı kapatmak kayıpları arttırırken yük beslemesi yapmamaktadır.

Kapasitörler bir kez devreye alındığında, yük akış programı her anahtarlama adımında kapasitörlerle ilgili kontrolü yapmaktadır. (3. 8) 'nolu eşitliğin paydası sıfır olsa dahi kayıp artışı yaratmayan anahtarlama işleminin fayda göstergesi sıfırdır. Böylece algoritma alt anahtarları kapanıncaya kadar akım taşımayan kolların da devreye alınmasını sağlar.

Algoritma belli bir adımda uygun bir anahtar bulamayıncaya kadar işleme devam eder. Algoritmanın iki şekilde sona erer:

- a) Tüm yükler beslenmiş, aday kalmamıştır.
- b) Akım ve gerilim koşullarını bozmadan kapatılabilecek adaya anahtar kalmamıştır.

Akım ve gerilim koşulları "önemli" bir adayın kapanmasını engellediğinde sistem o bölgede başka bir düzenleme yapılması gerekliliğini kullanıcıya bildirir. Tüm yüklerle servis verilemeden algoritmanın takılması durumunda; kullanıcı akım ve gerilim koşullarını acil durum anlarını da göz önüne alarak yenilemelidir.

3. 2. 2 Geri Dönüş Adımı

McDermott vd., (1999)'in önerdiği ana döngü sonunda opsiyonel olarak kullanılacak bir geri dönüş adımı verilmiştir. Bir anahtar açık bir gözü tamamlamak için kapandığında o adımdaki diğer adaylardan en az birinin iki ucunda da gerilim belirir. Bu tipteki işlemler algoritmada listelenerek saklanır. Algoritma yeni yüklerin sisteme katılacağı daha sonraki adımlarında alternatif anahtarlardan herhangi birinin kaynak yolundaki başka bir anahtarın açılmasıyla kayıplar açısından daha iyi ve kazançlı çözümler elde edilmesini sağlayabilir.

Açık göz geri dönüş algoritması

Herhangi bir adayın iki ucunda da gerilim var mı?

Açık göz yapısını ekle, En iyi anahtarı besleyen k. anahtar ile

Alternatifler = Her iki ucunda gerilim olan adayları listele

Değişmemiş bütün Açık gözleri işaretle

Varolan yük akış çözümünden temel kaybı belirle

Tekrarla

En iyi gözü = bulunmadı

Her değişmemiş En iyi anahtarı besleyen k. anahtar bulunduran açık göz için

K.anahtarı aç

En iyi alternatif = bulunmadı

Anahtar gerilimi > K.anahtar gerilimi olan her alternatif için

Alternatifi kapa ve yük akışı uygula

Kayıplar < En iyi kayıp ve koşullar tamam mı?

Temel kayıp ve en iyi alternatifi yenile

Alternatifi aç ve yük akışını yeniden düzenle

En iyi alternatif bulundu mu?

En iyi gözü yenile

K.anahtarı kapat ve yük akışını yenile

En iyi gözü buldun mu?

En iyi göz k.anahtarını ve en iyi alternatifi değiştir

Yük akışını yenile

En iyi gözün değiştiğini işaretle

En iyi göz bulunamayınca kadar

Bitir

Önerilen ana algoritma her anahtarlama işlemi adayının incelenmesi için tam non-lineer yük akışı kullanır. Bu yük akışı tüm sistemin ufak bir parçası olabilecek bir devrede yapılmaktadır. Pratikte her aday anahtarın yaklaşık kayıp görüntülemesi için (3. 9)'nolu formül kullanılır. Enerjilenen bölgenin gerilimi sabit ve aday anahtarın öncesindeki gerilime eşit sayılır. Yük açıları dengeli kabul edilir. Anahtar gerilimindeki düşüş ihmal edilerek akım koşulları yaklaşık olarak kontrol edilir. Bu yolla en iyi durumdaki anahtar seçildikten sonra algoritma tam non-lineer yük akışı yaparak koşulları yeniden kontrol eder. Her adım sonunda tüm koşulları karşılayan tam yük akışı çözümü algoritmada olmasına rağmen yük akışlarının toplam sayısı düşürülmüştür.

$$P_{kay} = I_1^2 R_{11} + I_2^2 R_{22} + I_3^2 R_{33} + 2R_{12}(a_r' b_r' + a_i' b_i') + 2R_{13}(a_r' c_r' + a_i' c_i') + 2R_{23}(b_r' c_r' + b_i' c_i') \quad (3. 9)$$

$$I_1 = \sqrt{a_r^2 + a_i^2}; I_2 = \sqrt{b_r^2 + b_i^2}; I_3 = \sqrt{c_r^2 + c_i^2} \quad (3. 10)$$

$$a_r = kWak1s_1/kV_1; a_i = kVARak1s_1/kV_1 \quad (3. 11)$$

$$b_r = kWak1s_2/kV_2; b_i = kVARak1s_2/kV_2 \quad (3. 12)$$

$$c_r = kW_{akıs3}/kV_3; c_i = kVAR_{akıs3}/kV_3 \quad (3.13)$$

$$a_r' = a_r; a_i' = a_i \quad (3.14)$$

$$b_r' = -0,5b_r + 0,866b_i; b_i' = -0,5b_i - 0,866b_r \quad (3.15)$$

$$c_r' = -0,5c_r + 0,866c_i; c_i' = -0,5c_i - 0,866c_r \quad (3.16)$$

(3. 9-16)no'lu eşitliklerde 1,2 ve 3 ile üç fazın iletkenleri, R ile dal serisi empedans matrisindeki resistif elemanlar, $kW_{akıs}$ ile dal üzerindeki nominal aktif güç akışı, $kVAR_{akıs}$ ile dal üzerindeki nominal reaktif güç akışı ve kV ile ise aday anahtar gerisindeki gerilim gösterilmiştir. r ve i alt indisleri ise akımın reel ve imajiner kısımları için kullanılmış ve büyüklükler aynı faz açısı referansı ile gösterilmiştir.



3.3 Geliştirilmiş Heuristik Yaklaşım Algoritması

Kashem vd., (2000) tarafından yapılan çalışmada; Baran ve Wu (1989) sistem düzenleme metoduna dayalı yeni bir yaklaşım şekli sunulmuştur. Kashem vd., (2000) kayıp azaltımı için en uygun anahtarlama seçeneklerini bulmada minimum ağaç inceleme yöntemi önermiş ve kayıplardaki maksimum azalmayı izleyebilmek için basit bir kayıp değişim formülü vermiştir.

Sistem kayıplarındaki değişimin kolayca görülebilmesi için düzenleme öncesi ve sonrası olmak üzere iki yük akış çözümü kullanılır. Fakat normal büyüklükteki bir elektrik dağıtım sistemi için bile anahtarlama seçeneklerinin sayısı ve dolayısıyla yapılması gereken yük akış hesapları çok fazla sayıdadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde hem hesaplama hem de düzenleme mantığı açısından istenmeyen bir durum söz konusudur. Bu noktada gereksiz seçeneklerin elenmesi için bir kriter sunabilen metot ihtiyacı ortaya çıkar.

Dağıtım sistemi değişkenleri ile sistem koşulları bozulmadan ifade edilebilecek kayıp azaltım fonksiyonu (3. 17) eşitliği ile verilmiştir:

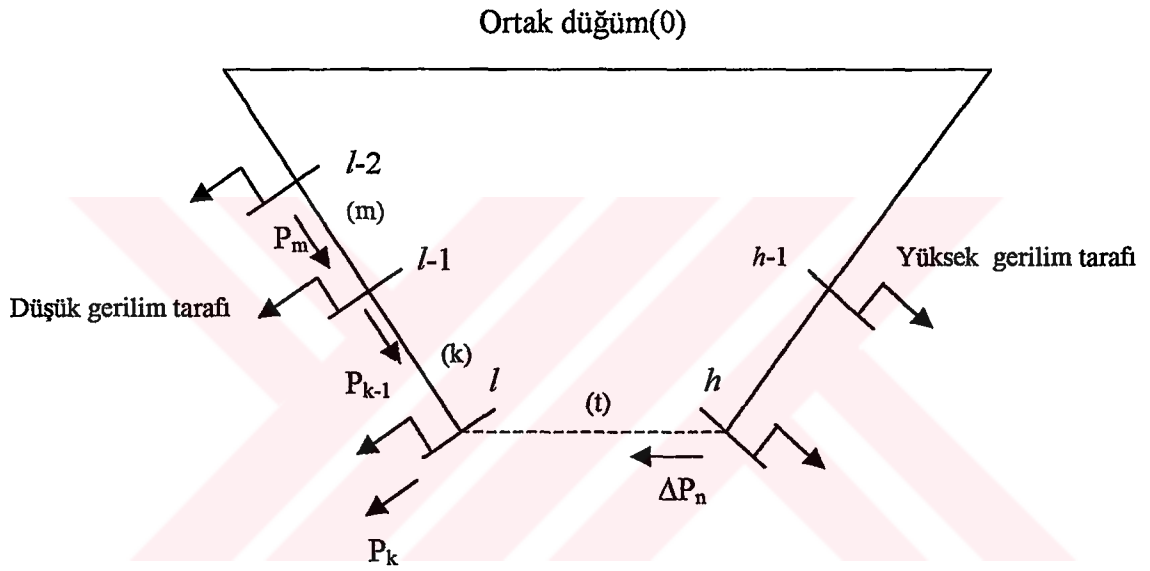
$$P_{kay} = \min \sum_i^{Nb} R_i \left(\frac{P_i^2 + Q_i^2}{V_i^2} \right) \quad (3. 17)$$

3.3.1 Dal Kayıp-Değişim Tekniği

Fider düzenlemesi ifadesi ile; özellikleri belli bir dağıtım sistemi için minimum kayıplı anahtarlama düzeninin bulunması anlaşılmaktadır. Anahtarlama işlemi normalde açık bir bağ anahtarı ile normalde kapalı bir bölgesel anahtarın konumlarını karşılıklı değiştirmeleri ile oluşur. Bu yüzden bu işleme dal değişim işlemi ismi de verilebilir. Kashem vd., (2000) tarafından önerilen algoritmanın her adımında koşulları sağlayacak şekilde en iyi kayıp azaltımını sağlayan dal değişim işlemi seçilir. Sistemin başarılı uygulamalarında aynı anda birden çok dal değişim uygulaması yapılabilir. Bu bölümde dal değişim işlemi sonucunda kayıplarda oluşan değişimi veren bir kayıp değişim formülü tanımlanmaktadır.

3.3.2 Kayıp Azaltım Formülünün Türetilmesi

Önerilen metotta kayıp azaltım formülü; oluşturulan gözdeki anahtarlama işlemi sonucunda oluşacak kayıplar yardımı ile sistemin tüm kayıplarını bulabilecektir. Radyal dağıtım sisteminde oluşturulabilecek göz sayısı bağ anahtarlarının sayısına eşittir. Bağ hattı ile radyal sistemde göz oluşumu Şekil (3. 4)'de görülmektedir. Bağ hattında bulunan normalde açık bağ anahtarının iki ucu arasında gerilim farkı mevcuttur. Bağ anahtarının daha yüksek gerilim düşümlü tarafına düşük gerilim tarafı, daha alçak gerilim düşümlü tarafına yüksek gerilim tarafı ismi verilmiştir. Şekil (3. 4)'de bu kısımlar sırasıyla l ve h ile gösterilmiştir.

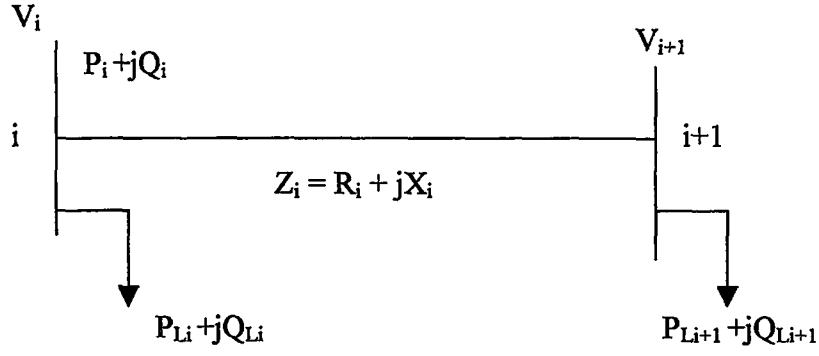


Şekil 3. 4 Bağ hattı ile oluşturulan göz

Şekil (3. 5)'de i barası ile $i+1$ barasını $z_i = r_i + jx_i$ empedanslı hattın birleştirdiği sistem görülmektedir. Bu basit dağıtım sistemi için güç kayıpları:

$$P_{kayı} = R_i \left(\frac{P_i^2 + Q_i^2}{V_i^2} \right) \quad (3. 18)$$

$$Q_{kayı} = X_i \left(\frac{P_i^2 + Q_i^2}{V_i^2} \right) \quad (3. 19)$$



Şekil 3. 5 Örnek dağıtım sistemi

Baran ve Wu (1989) tarafından radyal dağıtım sistemlerine ait güç akış eşitlikleri şu şekilde verilmiştir:

$$P_{i+1} = P_i - R_i \frac{(P_i^2 + Q_i^2)}{V_i^2} - P_{Li+1} \quad (3.20)$$

$$Q_{i+1} = Q_i - X_i \frac{(P_i^2 + Q_i^2)}{V_i^2} - Q_{Li+1} \quad (3.21)$$

$$V_{i+1}^2 = V_i^2 - 2(R_i P_i + X_i Q_i) + \frac{(R_i^2 + X_i^2)(P_i^2 + Q_i^2)}{V_i^2} \quad (3.22)$$

Kayıp azaltım problemi için hedef “ I^2R ” kayıplarının azaltılmasıdır ve bu bağlamda üstte verilen eşitlikler aktif ve reaktif kayıpların ayrı ayrı görülebilmesi amacıyla yeniden düzenlenmelidir :

$$P_{kayı} = R_i \frac{(P_i^2 + Q_i^2)}{V_i^2} = P_i - P_{i+1} - P_{Li+1} \quad (3.23)$$

$$Q_{kayı} = X_i \frac{(P_i^2 + Q_i^2)}{V_i^2} = Q_i - Q_{i+1} - Q_{Li+1} \quad (3.24)$$

Dağıtım sisteminde anahtarların konumlarının değiştirilmesi ile fider düzenlemesi yapılması sonucunda güç akışı değişecek ve böylece i dalındaki kayıplara ait eşitlik şu şekli alacaktır:

$$P'_{kayı} = R_i \frac{(P'_i{}^2 + Q'_i{}^2)}{V'_i{}^2} = P'_i - P'_{i+1} - P_{Li+1} \quad (3.25)$$

$$Q'_{kayı} = X_i \frac{(P'_i{}^2 + Q'_i{}^2)}{V'_i{}^2} = Q'_i - Q'_{i+1} - Q_{Li+1} \quad (3.26)$$

Bir grup yükün (göz dahilinde) alçak gerilim tarafından yüksek gerilim tarafına aktarılması ile sonuçlanan bir anahtarlama işlemi yapılması durumunda güç akışı; yüksek gerilim tarafında artarken alçak gerilim tarafında azalacaktır. Göz dahilinde akan kol akışı P_i ve Q_i sırasıyla ΔP_i ve ΔQ_i kadar değişmiş kabul edilir. Alçak gerilim tarafında i ve i+1 dalları için yeni aktif ve reaktif güç:

$$P'_i = P_i - \Delta P_i \quad (3.27)$$

$$Q'_i = Q_i - \Delta Q_i \quad (3.28)$$

$$P'_{i+1} = P_{i+1} - \Delta P_{i+1} \quad (3.29)$$

$$Q'_{i+1} = Q_{i+1} - \Delta Q_{i+1} \quad (3.30)$$

Yüksek gerilim tarafında yine i ve i+1 dalları için yeni aktif ve reaktif güç:

$$P'_i = P_i + \Delta P_i \quad (3.31)$$

$$Q'_i = Q_i + \Delta Q_i \quad (3.32)$$

$$P'_{i+1} = P_{i+1} + \Delta P_{i+1} \quad (3.33)$$

$$Q'_{i+1} = Q_{i+1} + \Delta Q_{i+1} \quad (3.34)$$

(3.23) ve (3.25) eşitlikleri kullanılarak istenen her dalda oluşan aktif güç kaybı için:

$$\Delta P_{kayi} = P_{kayi} - P'_{kayi} = (P_i - P'_i) - (P_{i+1} - P'_{i+1}) \quad (3.35)$$

yazılabilir. Eşitlik (3.35)'den (3.27-30)'nolu eşitlikler kullanılarak alçak gerilim tarafında aktif ve reaktif güç kayıpları için:

$$\Delta P_{kayi} = \Delta P_i - \Delta P_{i+1} \quad (3.36)$$

$$\Delta Q_{kayi} = \Delta Q_i - \Delta Q_{i+1} \quad (3.37)$$

yazılabilir. Benzer şekilde yüksek gerilim tarafı aktif ve reaktif kayıpları:

$$\Delta P_{kayi} = \Delta P_{i+1} - \Delta P_i \quad (3.38)$$

$$\Delta Q_{kayi} = \Delta Q_{i+1} - \Delta Q_i \quad (3.39)$$

Göz için aktif güç kayıpları :

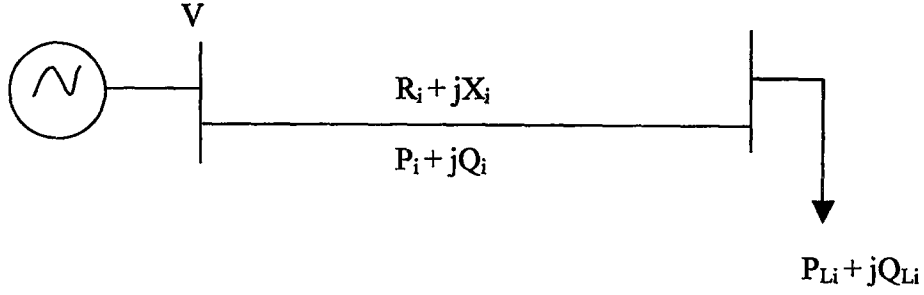
$$\Delta P_{kay} = \sum_l \Delta P_{kayi} + \sum_h \Delta P_{kayi} = \sum_l (\Delta P_i - \Delta P_{i+1}) + \sum_h (\Delta P_{i+1} - \Delta P_i) \quad (3.40)$$

Benzer şekilde göz için reaktif güç kayıpları :

$$\Delta Q_{kay} = \sum_l (\Delta Q_i - \Delta Q_{i+1}) + \sum_h (\Delta Q_{i+1} - \Delta Q_i) \quad (3.41)$$

Güç kayıplarındaki değişim sistem güç akışındaki değişime bağlıdır. Birden fazla dallı sistemde sistemin tek hata indirgenmesi sonrasında güç akışı görülebilir.

Şekil (3. 6)'daki tek hat eşdeğer devre için aktif ve reaktif güç kayıplarını gösterir eşitlikler:



Şekil 3. 6 Tek hat ve tek yük içeren basit sistem

$$P_i = R_i \frac{(P_i^2 + Q_i^2)}{V_i^2} + P_{Li} \quad (3. 42)$$

$$Q_i = X_i \frac{(P_i^2 + Q_i^2)}{V_i^2} + Q_{Li} \quad (3. 43)$$

(3. 42) ve (3. 43) eşitliklerini sadeleştirir ve yeniden düzenlersek:

$$X_i(P_i - P_{Li}) = R_i(Q_i - Q_{Li}) \quad (3. 44)$$

$$Q_i = \frac{X_i(P_i - P_{Li})}{R_i} + Q_{Li} \quad (3. 45)$$

Elde edilen Q_i değerini (3. 42)'nolu eşitliğe uyarlayarak P_i güç akışı ikinci dereceden bir denklem olarak bulunur:

$$(R_i^2 + X_i)P_i^2 - (2X_i^2P_{Li} - 2R_iX_iQ_{Li} + R_i)P_i + (X_i^2P_{Li}^2 + R_i^2Q_{Li}^2 - 2R_iX_iP_{Li}Q_{Li} + R_iP_{Li}) = 0 \quad (3. 46)$$

Sistem düzenlenmesi itibariyle dal güç akışları değişecektir. Böylece oluşacak yeni düzende (3. 46)'nolu eşitlik değişerek:

$$(R_i^2 + X_i)P_i'^2 - (2X_i^2P_{Li} - 2R_iX_iQ_{Li} + R_i)P_i' + (X_i^2P_{Li}^2 + R_i^2Q_{Li}^2 - 2R_iX_iP_{Li}Q_{Li} + R_iP_{Li}) = 0 \quad (3. 47)$$

olacaktır. (3. 47)'den (3. 46)'nın çıkarılması sonunda ΔP_i ; alçak gerilim için:

$$\Delta P_i = 2P_i - \frac{(2X_i^2 P_{Li} - 2R_i X_i Q_{Li} + R_i)}{(R_i^2 + X_i^2)} \quad (3.48)$$

Yüksek gerilim için:

$$\Delta P_i = \frac{(2X_i^2 P_{Li} - 2R_i X_i Q_{Li} + R_i)}{(R_i^2 + X_i^2)} - 2P_i \quad (3.49)$$

(3.48) ve (3.49) eşitlikleriyle aynı şekilde ΔP_{i+1} da elde edilir. Alçak gerilim tarafı için :

$$\Delta P_{i+1} = 2P_{i+1} - \frac{(2X_{i+1}^2 P_{Li+1} - 2R_{i+1} X_{i+1} Q_{Li+1} + R_{i+1})}{(R_{i+1}^2 + X_{i+1}^2)} \quad (3.50)$$

Yüksek gerilim tarafı için :

$$\Delta P_{i+1} = \frac{(2X_{i+1}^2 P_{Li+1} - 2R_{i+1} X_{i+1} Q_{Li+1} + R_{i+1})}{(R_{i+1}^2 + X_{i+1}^2)} - 2P_{i+1} \quad (3.51)$$

Alçak ve yüksek gerilim için bulunan ΔP_i ve ΔP_{i+1} değerlerini (3.48-51)'nolu eşitlik değerlerinden çıkardığımızda bir göz dahilindeki ve bu sayede de toplam güç kaybındaki bulabileceğimiz ifadeleri elde edebiliriz :

$$\Delta P_{göz} = \sum_{i+h} \left[2(P_i - P_{i+1}) + \frac{(2X_{i+1}^2 P_{Li+1} - 2R_{i+1} X_{i+1} Q_{Li+1} + R_{i+1})}{(R_{i+1}^2 + X_{i+1}^2)} - \frac{(2X_i^2 P_{Li} - 2R_i X_i Q_{Li} + R_i)}{(R_i^2 + X_i^2)} \right] \quad (3.52)$$

Göz dahilindeki herhangi bir dal değişimi için :

$$\Delta P_{kay} = 2(P_i - P_{i+1}) + \frac{(2X_{i+1}^2 P_{Li+1} - 2R_{i+1} X_{i+1} Q_{Li+1} + R_{i+1})}{(R_{i+1}^2 + X_{i+1}^2)} - \frac{(2X_i^2 P_{Li} - 2R_i X_i Q_{Li} + R_i)}{(R_i^2 + X_i^2)} \quad (3.53)$$

Kayıp azaltımı ΔP_{kay} 'ın değeri ile belirlenmektedir. ΔP_{kay} pozitifse kayıplar azalmış, negatifse kayıplar artmıştır. Baran ve Wu (1989)'nun yaptığı çalışmalar sonucunda verdikleri bilgilere göre sistemde kayıp azaltan gözün tanımlanması için nominal kayıp incelenir. Nominal kayıp açık dala nominal dalın yer değiştirmesi ile oluşur. Nominal dal ise bağ dalına alçak gerilim tarafında ilk komşu olan daldır. Nominal kayıp negatifse gözde dal değişimi için aday

olabilecek hiçbir dal yoktur. Nominal kayıp pozitif olduğunda ise kayıp azaltımı sağlanmış ve gözdeki değişim dalı belirlenmiştir. Böylece kayıp azaltım formülü sadece pozitif nominal kayıplı gözlerle uygulanmıştır. Civanlar vd., (1988)'ye göre düşük gerilim tarafındaki bir dal kayıp azaltımı için seçilmelidir. Sonuç olarak düşük gerilim tarafındaki tüm dallar için (3.53)'nolu eşitlik ile ΔP_{kay} hesaplanır ve en yüksek ΔP_{kay} değerini veren dal, dal değişimi için belirlenir.

3.3.3 Çözüm Algoritması

Dal değişimi için uygun dalın belirlenmesi ile ilgili uygulama algoritması şu şekilde oluşur:

- Adım 1 : Dallardaki güç akışlarının belirlenmesi için yük akış programını çalıştır.
- Adım 2 : Sistemdeki her gözde nominal kayıpları kontrol et, pozitif nominal kayıplı gözleri kayıp azaltım gözleri olarak seç.
- Adım 3 : Düşük gerilim tarafındaki kayıp azaltım gözlerinde (3.53)'nolu eşitliği kullanarak tüm dallar için ΔP_{kay} değerini hesapla ve sistemde kayıpları azaltan anahtarlama işlemlerini belirle.
- Adım 4 : 3. adımda elde edilen anahtarlama işlemlerini en iyiden başlayarak sırala.
- Adım 5 : En iyi işlemi koşullar yönünden kontrol et.
- Adım 6 : Koşulların bozulması durumunda 7 aksi halde 8 nolu adıma geç.
- Adım 7 : Söz konusu gözün alçak gerilim tarafında başka bir işlem olanağı varsa onu seç ve 6 nolu adıma dön, aksi halde dur.
- Adım 8 : Bu işlemi dal değişim işlemi olarak belirle ve bu yük akış hesabını bir sonraki incelemede kullan.
- Adım 9 : 1- 8 nolu adımları pozitif nominal kayıplı göz kalmayıncaya kadar devam ettir.

3.4 Geometrik Yaklaşım Algoritması

M. A. Kashem, V. Ganapathy ve G. B. Jasmon tarafından elektrik dağıtım sistemlerinde kayıp azaltımı için yapılan düzenleme için geometrik bir yaklaşım da Kashem vd.,(2001) ile sunulmuştur. Bu çalışmada söz konusu sistemdeki her gözün dallarındaki güç akışları ve dal değişimleri sonucunda oluşan kayıp değişiminden bir daire türetilmiştir.

Her radyal dağıtım sisteminde bağ anahtarı sayısı kadar göz oluşturulabilmektedir. İlk adımda sistemdeki gözlere ait modifiye sıfır kayıp-değişim dairelerinin karşılaştırılması sonucunda maksimum kayıp azaltımı sağlanabilecek göz belirlenir. Maksimum kayıp azaltımı en büyük dairesel gözde oluşacaktır. İkinci adımda sistemin minimum kayıplı düzenini elde etmek için kullanılacak söz konusu gözdeki değişim işlemi belirlenir. Bunun belirlenebilmesi için her işleme ait daireler karşılaştırılır. En küçük daire en iyi çözüm için seçilir çünkü kayıplar azaldıkça göze ait daire de küçülecektir. Bu yöntemle tüm sistemi incelemeden Baran ve Wu (1989)'ya göre daha az hesap vaktiyle optimum ya da optimuma yakın bir sonuç elde edilebilecektir.

Şekil (3. 4)'de verilen sistem aynı özelliklerle örnek olarak yeniden kullanılabilir. Sistemdeki (t) normalde açık dal ile m normalde kapalı dalın karşılıklı değişimi ile oluşan dal değişim işlemini inceleyelim. Göz önceki bölümde de belirtildiği gibi iki bölüme ayrılmış olarak değerlendirilir: 0-l arasındaki dalları kapsayan bölüm ve 0-h arasındaki dalları kapsayan ikinci bölüm. Baran ve Wu (1989) tarafından verilen formül şu şekildedir:

$$\Delta LP_{tm} = 2P_m(\sum R_l P_l - \sum R_h P_h) + 2Q_m(\sum R_l Q_l - \sum R_h Q_h) - (P_m^2 + Q_m^2)R_{göz} \quad (3.54)$$

$\Delta LP_{tm} > 0 \Rightarrow$ Kayıp Azaltımı Pozitifdir (Kayıplar Azaltılmıştır).

$\Delta LP_{tm} < 0 \Rightarrow$ Kayıp Azaltımı Negatifdir (Kayıplar Artmıştır).

Eşitlik (3. 54) bir daire oluşturabilmesi için şu şekilde düzenlenir:

$$\left[P_m - \frac{A}{C} \right]^2 + \left[Q_m - \frac{B}{C} \right]^2 = \frac{A^2 + B^2}{C^2} - \frac{\Delta LP_{tm}}{C} \quad (3.55)$$

(3. 55)'nolu eşitlikte $A = \sum R_l P_l - \sum R_h P_h$, $B = \sum R_l Q_l - \sum R_h Q_h$ ve $C = R_{göz}$ olup dairenin yarıçapı :

$$\left[\frac{A^2 + B^2}{C^2} - \frac{\Delta LP_{tm}}{C} \right]^{1/2} \quad (3.56)$$

Sıfır kayıp değişim dairesi ise kayıplarda değişim yapmayan ($\Delta LP_{tm} = 0$) dairedir. Sıfır kayıp değişim dairesi bu formül vasıtası ile elde edilebilir :

$$\left[P_m - \frac{A}{C} \right]^2 + \left[Q_m - \frac{B}{C} \right]^2 = \frac{A^2 + B^2}{C^2} \quad (3.57)$$

Bu dairenin yarıçapı $\left[\frac{A^2 + B^2}{C^2} \right]^{1/2}$ dır ve kayıplar azaltıldıkça yeni düzene ait sıfır kayıp değişim dairesi yarıçapı da azalır.

Diğer taraftan (3. 54)'nolu eşitlik $R_{göz} = R_l + R_h$ olduğu kabul edilerek alçak ve yüksek gerilim bölümlerine göre yeniden düzenlenirse:

$$\Delta LP_{tm} = \Delta LP_l + \Delta LP_h \quad (3.58)$$

$$\Delta LP_l = 2P_m \left(\sum R_l P_l \right) + 2Q_m \left(\sum R_l Q_l \right) - (P_m^2 + Q_m^2) \sum R_l \quad (3.59)$$

$$\Delta LP_h = -2P_m \left(\sum R_h P_h \right) - 2Q_m \left(\sum R_h Q_h \right) - (P_m^2 + Q_m^2) \sum R_h \quad (3.60)$$

Bir sonraki adımda ise (3. 58-60)'nolu eşitlikler dairelere ait eşitlikler olarak düzenlenir. Alçak gerilim kısmı dairesi :

$$\left[P_m - \frac{\left(\sum R_l P_l \right)}{\sum R_l} \right]^2 + \left[Q_m - \frac{\left(\sum R_l Q_l \right)}{\sum R_l} \right]^2 = \left[\frac{\left(\sum R_l P_l \right)}{\sum R_l} \right]^2 + \left[\frac{\left(\sum R_l Q_l \right)}{\sum R_l} \right]^2 - \frac{\Delta LP_l}{\sum R_l} \quad (3.61)$$

Yüksek gerilim kısmı dairesi :

$$\left[P_m - \frac{\left(\sum R_h P_h \right)}{\sum R_h} \right]^2 + \left[Q_m + \frac{\left(\sum R_h Q_h \right)}{\sum R_h} \right]^2 = \left[\frac{\left(\sum R_h P_h \right)}{\sum R_h} \right]^2 + \left[\frac{\left(\sum R_h Q_h \right)}{\sum R_h} \right]^2 - \frac{\Delta LP_h}{\sum R_h} \quad (3.62)$$

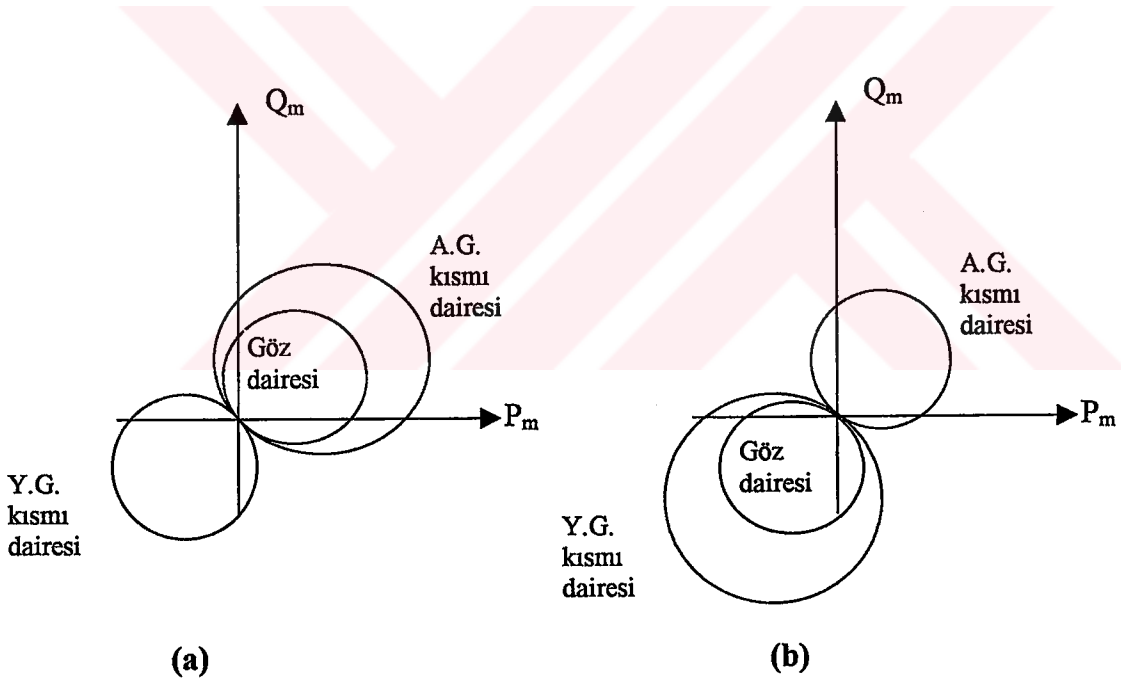
Sıfır kayıp değişimi daireleri; alçak gerilim :

$$\left[P_m - \frac{(\sum R_l P_l)}{\sum R_l} \right]^2 + \left[Q_m - \frac{(\sum R_l Q_l)}{\sum R_l} \right]^2 = \left[\frac{(\sum R_l P_l)}{\sum R_l} \right]^2 + \left[\frac{(\sum R_l Q_l)}{\sum R_l} \right]^2 \quad (3.63)$$

yüksek gerilim :

$$\left[P_m - \frac{(\sum R_h P_h)}{\sum R_h} \right]^2 + \left[Q_m + \frac{(\sum R_h Q_h)}{\sum R_h} \right]^2 = \left[\frac{(\sum R_h P_h)}{\sum R_h} \right]^2 + \left[\frac{(\sum R_h Q_h)}{\sum R_h} \right]^2 \quad (3.64)$$

Sunulan geometrik metot (3. 54-64) nolu eşitliklerle oluşturulan dairelere dayanır. Eşitlikler bir küme daire tarafından temsil edilirler. Dairelerin yüksek ve alçak gerilim kısımları kayıp azaltımı (ΔLP_l ve ΔLP_h) ve güç transferi (P_m ve Q_m) arasındaki ilişkiye dayalı olarak oluşur. $\Delta LP_m = 0$, $\Delta LP_l = 0$, $\Delta LP_h = 0$ tipik durumunu gösteren ve tüm dairelerin (0,0) koordinatında kesiştiği hal Şekil (3. 7)'de görülmektedir.

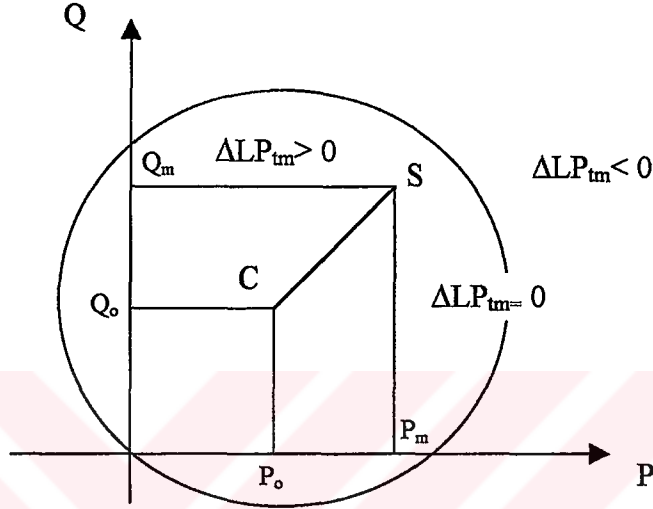


Şekil 3. 7 Güç transferinin bir fonksiyonu olarak sıfır kayıp değişim daireleri

Bu dairelere sıfır kayıp değişim daireleri ismi verilmiştir. $\sum R_l P_l$ ve $\sum R_l Q_l$ değerlerinin $\sum R_h P_h$ ve $\sum R_h Q_h$ değerlerinden büyük olması halinde daire alçak gerilim tarafında oluşacaktır (Şekil 3.7-a). Bu durumda pozitif bir kayıp azaltımı elde edilecek ve gözdeki bir anahtarlama işlemi ile kayıplar azaltılabilecektir. Diğer yandan $\sum R_l P_l$ ve $\sum R_l Q_l$ değerlerinin $\sum R_h P_h$ ve $\sum R_h Q_h$ değerlerinden küçük olduğunda ise ΔLP_m değeri negatif olacak ve göze ait daire yüksek gerilim tarafında olacaktır (Şekil 3. 7-b). Bu durumda negatif kayıp azaltımı sebebiyle gözdeki herhangi bir işlemle kayıplar azaltılamayacaktır.

Şekil (3. 8)'de ise sıfır kayıp değişim dairesi dahilinde sırasıyla daire içinde seçilmiş bir nokta $S(P_m, Q_m)$ ve daire merkezi $C(P_o, Q_o)$ gösterilmiştir. Şekilde de görüldüğü üzere daire içinde; $\Delta LP_{tm} > 0$, daire sınırında; $\Delta LP_{tm} = 0$ ve daire dışında $\Delta LP_{tm} < 0$ dır.

Bu işlemler yardımıyla bağ anahtarı ile yer değiştirmesi planlanan tüm bölgesel anahtarlar için karşılaştırma yapılır. En küçük dairesel anahtar maksimum kayıp azaltımı sağlayacak anahtar olarak belirlenir ve minimum kayıplı daire için bağ anahtarı ile konum değiştirir.



Şekil 3. 8 Sıfır kayıp değişim göz dairesi

3.4.1 Maksimum Kayıp Azaltımlı Gözün Belirlenmesi

(3. 55) nolu eşitlik yeniden düzenlendiğinde:

$$\Delta LP_{tm} = \frac{(A^2 + B^2)}{C} - C \left[\left(P_m - \frac{A}{C} \right)^2 + \left(Q_m - \frac{B}{C} \right)^2 \right] \quad (3. 65)$$

Elde edilen (3. 65) eşitliğinden ΔLP_{tm} 'nin $P_m = A / C$, $Q_m = B / C$ olduğunda maksimum değere ulaştığı görülür. Bu yüzden ΔLP_{tm} 'nin bir gözde maksimum değeri

$$\Delta LP_{tm\text{göz}} = \frac{(A^2 + B^2)}{C} \quad (3. 66)$$

(3. 57)' nolu eşitliği düzenleyerek modifiye sıfır kayıp değişim dairesini elde ederiz :

$$\left[P'_m - \frac{A}{\sqrt{C}} \right]^2 + \left[Q'_m - \frac{B}{\sqrt{C}} \right]^2 = \frac{A^2 + B^2}{\sqrt{C}} \quad (3. 67)$$

$$P'_m = \sqrt{C}P_m \quad Q'_m = \sqrt{C}Q_m$$

Üstteki dairenin yarıçapı $\left[\frac{(A^2 + B^2)}{C} \right]^{1/2}$ dir ve (3. 66) 'nolu eşitlikteki $\Delta LP_{tmgöz}$ değerinin kare köküdür. Modifiye sıfır kayıp değişim dairesi (3. 67)'nolu eşitlik kullanılarak sistemdeki tüm gözler için çizilir ve sonrasında sistemdeki tüm gözler için çizilen dairelerin içinde en büyük daire maksimum kayıp azaltımı gözünü verecektir.

(3. 66)'nolu eşitliğin geri dönüş ve en büyük dairenin maksimum kayıp azaltımının sağlanmasının kontrolleri için nominal göz dairesi çizilir. Bunun için (3. 65)'nolu eşitliğin nominal dal(k dalı) değişimi için yazılması gerekir.

$$\Delta LP_{dk} = \frac{(A^2 + B^2)}{C} - C \left[\left(P_k - \frac{A}{C} \right)^2 + \left(Q_k - \frac{B}{C} \right)^2 \right] \quad (3. 68)$$

(3. 68)'nolu eşitlik kullanılarak nominal göz dairesi çizilir ve ilgili gözün sıfır kayıp değişim dairesi ile karşılaştırılır. Nominal göz dairesi küçülmüşse nominal kayıp pozitifdir ve gözdeki dal değişimi maksimum kayıp değerini verecektir. Aksi durumda bir sonraki büyük daire değerlendirilir.

3.4.2 Değişim için Uygun Dalın Belirlenmesi

Bir önceki bölümde maksimum kayıp azaltımını verecek olan gözün belirlenmesinden sonra işlem sırası söz konusu göz dahilinde dal değişim işleminin yapılacağı bölgesel anahtarlı dalın belirlenmesine gelmiştir. Gözün alçak gerilim kısmında (3.55)'nolu eşitlik kullanılarak tüm dallara ait dairelerin büyüklükleri belirlenir. Dairenin büyüklüğü ΔLP_{tm} 'nin değerine bağlıdır; ΔLP_{tm} pozitifse azalır; negatifse artar. ΔLP_{tm} 'nin pozitif maksimum değeri bulunduğu en küçük daire de bulunmuş olur. Bu yaklaşım ile en küçük daire de en yüksek kayıp azaltımının sağlandığı kabul edilir. Bu dairenin bulunabilmesi amacıyla seçili gözde nominal daldan başlayarak alçak gerilim tarafında sırayla tüm dallar incelenir. Bu inceleme sırasında sistem koşullarının sağlanması önemli bir noktadır ve sistem koşullarını sağlayamayan dal değişim işlemleri elenir.

3.4.3 Çözüm Algoritması

Maksimum kayıp azaltımını sağlayan gözün belirlenmesi ile ilgili çözüm tekniği algoritması şu şekildedir.

Adım 1 : Dallardaki güç akış değerlerinin belirlenmesi için yük akış programını çalıştır.

Adım 2 : (3. 67)'nolu eşitlik yoluyla sistemdeki her göz için modifiye sıfır kayıp değişim dairelerinin yarıçaplarını belirle. En büyük daireyi ve ilgili gözü seç.

Adım 3 : Seçilen göz için nominal dal değişiminin pozitif kayıp azaltımı verip vermediğini kontrol et. Bu kontrol sıfır kayıp değişim dairesi yarıçapı([3. 57]no'lu eşitlik) ile göz nominal dairesi yarıçapının([3. 68]no'lu eşitlik) karşılaştırılması ile yapılır. Göz nominal dairesi küçülmüşse 5. adıma geç, aksi durumda en büyük dairesi sıradaki gözü seçerek 3. adımı tekrarla.

Adım 4 : Göz nominal dairelerinden hiçbiri sıfır kayıp değişim dairesine göre küçülmemişse; dur.

Adım 5 : İlgili gözü belirle ve maksimum kayıp azaltımı gözü olarak işaretle. Maksimum kayıp azaltımı sağlayacak göz bulunmuştur. Sonraki işlem ise hangi dalın değişim işlemi için seçileceğidir.

Adım 6 : Seçili gözde nominal daldan başlayarak alçak gerilim tarafında sırayla tüm dalları minimum yarıçaplı daireyi buluncaya kadar incele. Bulduğun dal değişimi işlemi işaretle.

Adım 7 : Dal değişimi için seçtiğin işlemi koşullar açısından sorgula. Sağlıyorsa 8. adıma geç. Aksi halde koşulları sağlayabilen minimum yarıçaplı daireyi seçerek 8. adıma geç.

Adım 8 : Bulduğun dal için işlemi gerçekleştir ve bu algoritma adımlarını tekrarlayarak minimum kayıplı daireyi oluştur.

3.5 Yenilenmiş Genetik Algoritma

Elektrik dağıtım sistemlerinde kayıpların azaltılması için yapılan fider düzenlemesi için yenilenmiş genetik algoritma (YGA) Lin vd., (2000) tarafından geliştirilmiştir. Fider düzenlemesi problemi geleneksel genetik algoritma (GA)'nın inceleme mantığına yakın şekilde incelenmiştir. Tüm anahtarların kapalı şekilde olduğu optimal güç akışı (OGA)'nın uygulandığı gözlü şebekede; her bir gözde en düşük akımlı anahtarın açılmasıyla ilk adım tanımlanır. OGA ile elde edilen sonuçlar çoğu sistem için en uygun veya buna yakın sonuçlar olmakla birlikte bazı durumlarda farklı sonuçlar elde edilebilir. Bu yüzden yöntemle elde edilen sonuçlar hesaplama mekanizması ile kontrol edilerek yenilenir.

Lin vd., (2000) tarafından yapılan çalışmada düzenleme problemi karışık tam sayılı non-lineer bir optimizasyon problemi olarak ele alınmış ve genetik algoritmayla cetvelsel inceleme metodunun avantajlarını birleştiren yenilenmiş genetik algoritmayla(YGA) çözüme gidilmesi amaçlanmıştır. Çaprazlama ve değişim(mutasyon) YGA' da birleştirilerek bir karşılaştırma mekanizması ile otomatik olarak hangisinin daha iyi sonuç verdiği görülmüş, iyi olan seçilmiştir.

Heuristik yol ile yapay zeka avantajları aynı anda YGA içinde elde edilebilir :

- a) Komplike haldeki problem çözülebilecek hale gelmiştir.
- b) Sadece yapay zeka uygulamaları kullanan yöntemlerden daha iyi performans elde edilmiştir.
- c) Genel optimum sonuçların elde edilmesinde heuristik metottan üstündür.

3.5.1 Problem Tanımı

Problemin tanımlanması için Civanlar vd., (1988) tarafından verilen (Şekil 2. 1) 13 normalde kapalı bölgesel anahtarı ve 3 normalde açık bağ anahtarı bulunan üç fiderli örnek dağıtım sistemi seçilmiştir. Tanımlamalarda (X,Y) gösterimi kullanılacak olup X kapanan anahtarı,Y ise açılan anahtarın indisidir. Her anahtar kapanışını bir anahtarın açılışı izlemek zorundadır.

Kayıpların minimize edilmesi şu şekilde formüle edilebilir:

$$\text{Min } P_{kay}, \quad P_{kay} = \sum_{i=1}^{n_h} R_i |I_i|^2 \quad (3.69)$$

3.5.2 Çözüm Algoritması

YGA olarak tanımladığımız ve kaynaklarını basit genetik algoritma ve doğal seçim kriterlerinden alan algoritmanın açıklanmış düzeni şu şekildedir:

Kodlama

Kodlama düzeni Çizelge (3. 1)' de verilmiş olup; açık anahtar "o" indisi ile, kapalı anahtar "c" indisi ile gösterilirken, m toplam göz sayısını belirtir ve aynı zamanda açık anahtar sayısına eşittir. Radyal yapının korunabilmesi için her gözde sadece bir anahtar açık olmalıdır. Çizelge (3. 1)' de, Şekil (2. 1)' deki sistem için kodlama düzeni verilmiştir. $\mathbf{X} = [w_1, w_2, \dots, w_n]$ bir bilgi kodunu temsil eder ve Çizelge (3. 1) için bu bilgi kodu [15,21,26]' dir. Her bilgi kodu "gen" adı verebileceğimiz belli bir sayıda açık anahtar içerir. Bu yüzden 15, 21 ve 26 bilgi kodunun genleri olup; sırasıyla üç gözdeki açık anahtarları belirtirler.

Çizelge 3. 1 Şekil (2.1)'de verilen sistem için kodlama düzeni.(m:göz numarası; s: anahtar numarası; a: anahtar durumu; w: kodlama düzenini belirtir).

m	1					2					3												
s	11	12	15	19	18	16	16	17	21	24	22	13	14	26	25	23	24	21	17	18	19	15	12
a	c	c	o	c	c	c	c	c	o	c	c	c	c	o	c	c	c	c	c	c	c	c	c
w	15						21					26											

İlk Tanımlama

İlk mevcut $\{X_i | i = 1, \dots, p\}$ 'de p, populasyon büyüklüğünü gösterir. Yarı mevcut gelişigüzel seçilirken diğer yarı mevcut güç akışındaki en düşük akımlı kolun açılmasıyla elde edilen optimum sonuca yakın sonuç değerlerini taşır (Shirmohammadi ve Hong, 1989).

İstatistikler

Yük akışı hesaplarıyla,(3. 69)' a koşulların eklenmesiyle:

$$ff = P_{kay} + \sum_{i=1}^{n_h} \lambda_{I,i} \times (I_i - I_{lim})^2 + \sum_{j=1}^{n_b} \lambda_{V,j} \times (V_j - V_{lim})^2 \quad (3. 70)$$

$(\lambda_{I,i}, \lambda_{V,j})$ ceza çarpanları olup optimizasyon işlemi sırasında ayarlanabilirler.

$$I_{\text{lim}} = \begin{cases} I_i \leq I_{\text{max}} \Rightarrow I_i \\ I_i > I_{\text{max}} \Rightarrow I_{\text{max}} \end{cases} \quad (3.71)$$

$$V_{\text{lim}} = \begin{cases} V_{\text{min}} \leq V_j \leq V_{\text{max}} \Rightarrow V_j \\ V_j < V_{\text{min}} \Rightarrow V_{\text{min}} \\ V_j > V_{\text{max}} \Rightarrow V_{\text{max}} \end{cases} \quad (3.72)$$

Bir veya daha fazla değişkenin limitlerini aşması durumunda ceza çarpanları ($\lambda_{I,i}$, $\lambda_{V,j}$) yükselir ve ilgili kromozom uygun olmayan sonucun tekrar oluşturulmaması için tabu listesine alınır.

Ürün Fertler (Offsprings)

Çaprazlama ve değişim sonucunda oluşan yeni bilgi kodlarına ürün fertler adı verilir. Çaprazlama; iki yakın bilgi kodunun genlerinin karşılıklı değiştirilmesiyle yapılan yapısal işlemdir. Değişim ise genlerin gelişigüzel farklılaşmasıdır. Yenilenmiş genetik algorithmada belli bir göz dahilinde komşu anahtarların diğer anahtarlara nazaran değişimi daha önceliklidir. Şekil (2. 1)'de 15 numaralı bağ anahtarı ile yer değiştirmek için 12 ve 19 numaralı anahtarların önceliği olması bu durum için örnek durumdur.

Tabu Listesi

Tabu listesinde optimuma ulaşılma adına yasaklanan işlemler listelenerek saklanır. Bunlar:

- Halihazırdaki jenerasyonda en iyi çözüm haricinde önerilen çözümler
- Daha önce önerilmiş en iyi bölgesel çözümler
- Elektriksel koşuları bozan bilgi kodları
- Heuristik kurallarla önerildikleri halde radyal yapıyı bozan ve servis verilemeyen yükler içeren çözümlerdir.

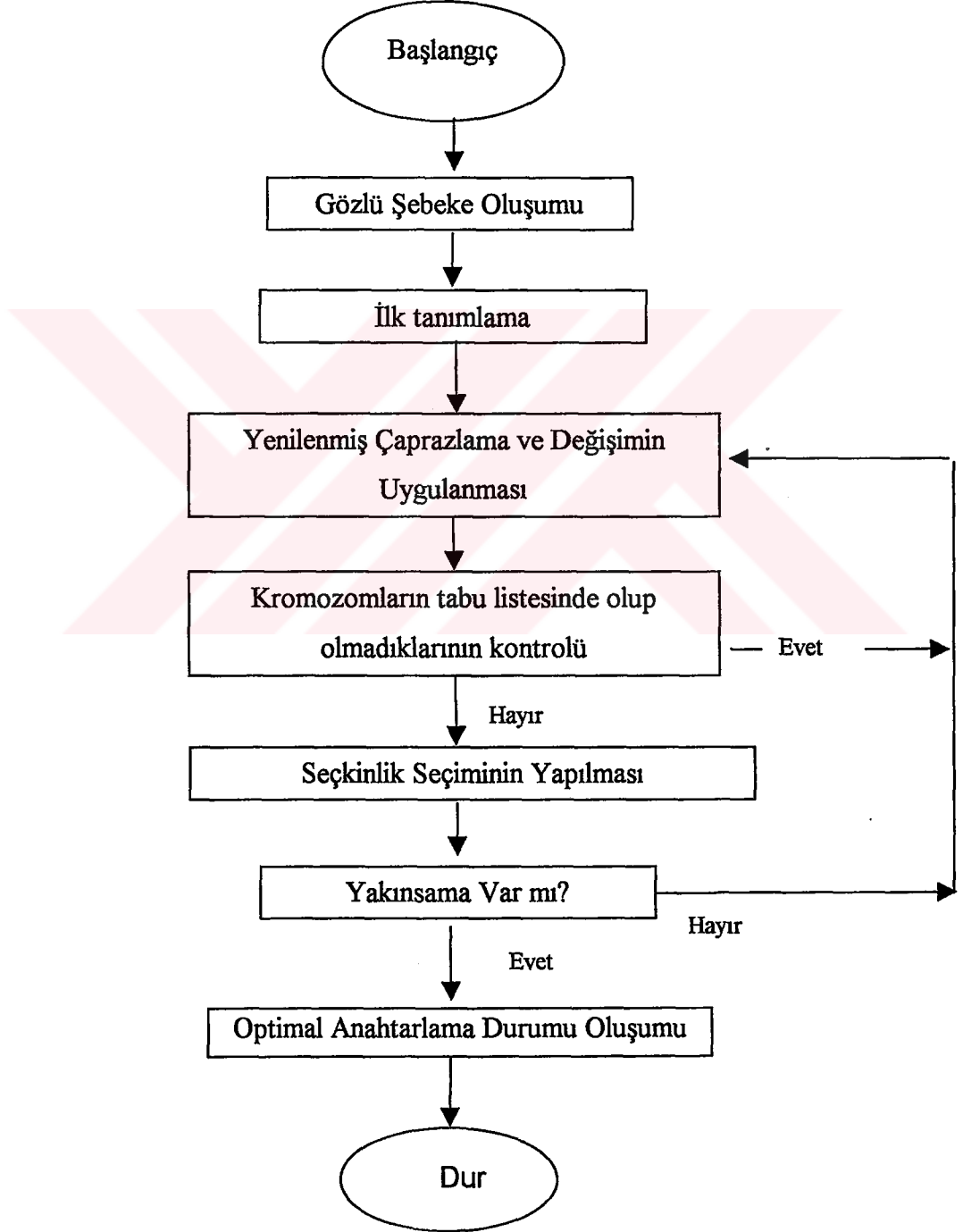
Seçkinlik Seçimi

2p sayıda kromozom uygunluk değerlerine göre derecelendirilirler. En iyi uygunluk değerine sahip "b" sayıda fert bir sonraki jenerasyona aktarılmaya hak kazanır. Geri kalan 2p-b sayıda

fertten oluşan karışık populasyon gelişigüzel seçimde seçilebilmek için diğer aday fertlerle yarışmak zorundadır.

Duruş Kuralı

Maksimum jenerasyon sayısına ulaşıldığında ya da uygunluk değerinde istenen nokta yakalandığında yeni adaylar üretilmesi işlemi son bulur. YGA işlemine ait akış diyagramı şu şekilde oluşmuştur:



Şekil 3. 9 YGA işleminin akış diyagramı

3.5.3 Çaprazlama ve Değişim Düzenleri

Performansı arttırmak ve vakitsiz önerileri önlemek amacıyla YGA işlemi çaprazlama ve değişim düzenlerini de yeniler. İlk olarak basit genetik algoritmanın çaprazlama ve değişim işlemini ve daha sonra da YGA dahilindeki yenilenmiş hallerini inceleyelim:

3.5.3.1 Basit Çaprazlama ve Değişim Düzeni

Çaprazlama işlemi çaprazlama oranı (P_c) dahilinde gelişigüzel iki ata kromozomu genlerini çaprazlamak amacıyla seçer. Kromozom dahilinde genlerin bulunduğu bölüme locus adı verilir. Çaprazlama noktası bu bölümden gelişigüzel seçilir. Bir ya da iki ürün fert uygun olmadığında, çaprazlama için başka bir çift seçilecektir.

Değişim işlemi değişim oranı (P_m) dahilinde gelişigüzel bir ata kromozomu değişim için seçer. Uygulayıcılar değişim noktasını locustan gelişigüzel seçebilir. Ürün fert uygun olmadığında değişim için başka bir ata kromozom seçilir ve bu işleme uygun ürün fert elde edilene kadar devam edilir.

Çaprazlama genellikle değişimden önce uygulanır. Basit genetik algoritmada daha yüksek bir çaprazlama oranı ile ata kromozoma yakın birimlerde geniş bir çözüm alanı yaratılabilir. Değişim oranı ise yeni genlerin ortaya çıktığı ve yeni çözüm alanlarının kullanıldığı orandır. Bu yüzden değişim oranının düşük olması durumunda çözüm yerel bir alanda sıkışacak tersi durumda ise çok fazla olasılık yaratılacaktır. Bu durumda ürün fertler ata kromozomlar ile benzerliklerini yitirecekler ve algoritma geçmişten bilgi sağlayamayarak kararsız duruma gelecektir. Bütün bu sebeplerden dolayı uygun oranları belirlemek basit genetik algoritmada bir zorunluluktur.

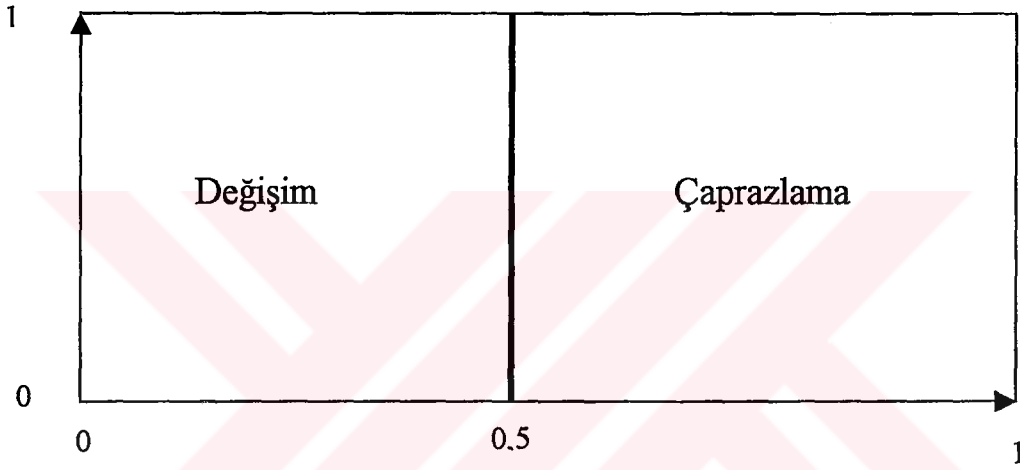
3.5.3.2 Yenilenmiş Çaprazlama ve Değişim Düzeni

Bu belirtilen zorluğun giderilmesi için yenilenmiş düzende şu kurallar uygulanmaktadır:

- a) Gelişigüzel iki ata kromozom seç ve ürün ferdi $K(g)$ ile oluştur:
 - i. $Rand < K(g)$ ise değişim işlemini kullan
 - ii. $Rand > K(g)$ ise çaprazlama işlemini kullan

Ürün fertler, tüm ata kromozomlar işlem gördükten sonra oluşturulacaktır. Şekil(3. 10)'da değişim ve çaprazlama işlemleri arasındaki ilişki görülmektedir. Değişim işlemi yeni bölgelerin keşfine daha yatkın olduğu için basit genetik algoritmadakinden daha önemli bir

rol üstlenecektir. Yerel ya da genel optimum çözüme yakın bölgelerdeki araştırmalarda jenerasyonun kritik iyi genlerden yoksun olması durumunda değişim işleminin daha da baskın olmasına ihtiyaç duyulacaktır. Çaprazlama ve değişim işlemlerinin her ikisi de gelişigüzel seçim mantığına göre çalıştıkları için hangisinin daha iyi sonuç verebileceğini söylemek zordur. Elde edilen dayanım ve uygunluk değerlerine göre bir yarışma mekanizması işleme dahil edilmiştir. Halihazırdaki en uygun sonuç çaprazlama işlemi neticesinde elde edildiyse bir sonraki populasyon için daha iyi ürün fertlerin oluşumu yine çaprazlamadan beklenecektir. Değişim işlemi için de aynı durum geçerlidir ve iki işlemin de olasılıkları toplamı 1'e eşittir.

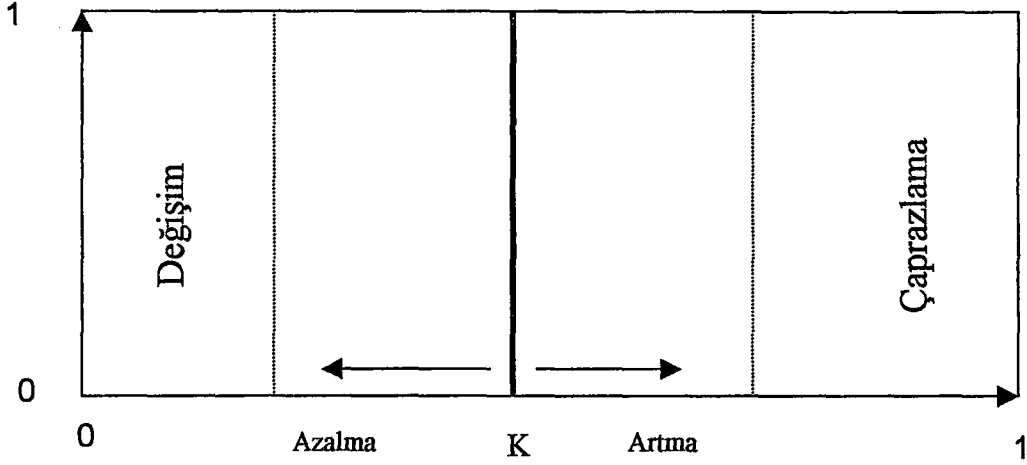


Şekil 3.10 Çaprazlama ve değişim işlemleri arasındaki ilişki

- b) $ff_{\min}(g)$ çaprazlamadan geldiğinde, kontrol parametresi $K(g+1)$ azalacak, $ff_{\min}(g-1) > ff_{\min}(g)$ için şu ifade geçerli olacaktır :

$$K(g+1) = K(g) - \frac{D}{g_{\max}} \quad (3.73)$$

D düzenleme faktörü ve g_{\max} maksimum üretim sayısıdır. Şekil (3.11)'de çaprazlama ve değişimin olasılık değişimi gösterilmiştir.



Şekil 3.11 Çaprazlama ve değişimin olasılık değişimi

- c) $ff_{\min}(g)$ değişimden geldiğinde, kontrol parametresi $K(g+1)$ artacak, $ff_{\min}(g-1) > ff_{\min}(g)$ için şu ifade geçerli olacaktır :

$$K(g+1) = K(g) + \frac{D}{g_{\max}} \quad (3.74)$$

- d) $ff_{\min}(g-1) = ff_{\min}(g)$ eşitliği oluştuğunda kontrol parametresi: $K(g) > K(g-1)$ ise (3.73) ile, aksi durumda (3.74) eşitliği ile bulunur.

3.6 Bulanık Mantık Üzerine Kurulu Yöntemler

3.6.1 Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)

Bulanık mantık; sistem özelliklerinin günlük konuşma dili ile belirtilmesini sağlayan yeni bir teknolojidir. Bulanık mantık tanımlama için kesin fiziksel değerlerin sözcüksel değişken kümelerle belirtildiği üyelik fonksiyonları kullanır. Güç gibi bir sözcüksel değişken için, sözcüksel değişken kümesindeki tipik terimler (küçük, orta, büyük) olabilir.

Örnek

Güç (küçük, orta, büyük)

Bulanık mantık; insan zekasının yaklaşık değerlendirme mantığına dayalı, doğal ve devamlı bir mantık yoluna sahiptir. Geleneksel boolean mantığından sayısal bilgisayar değerleri olan 0 ve 1'e bağlı kalmayışı ile ayrılır. Bunun yerine kısmi ve çok değerli doğrulara izin verir.

Bu disiplin; işlemlerin çok karmaşık, bilgilerin uygunsuz veya yetersiz olduğu problemlerin matematiksel modellemesi için özellikle avantaj sağlamaktadır. Ayrıca günlük dilde tanımlama uygulayıcılara insan mantığını bilgisayarlara aktarma imkanı vermiştir. Sözcüksel modelleme; matematiksel modelleme ile karşılaştırıldığında sistem dizayn ve düzenlemesini çok daha basitleştirmekte, çabuk tepkili döngüler, kolay programlama ve akıcı kontrol sağlamaktadır.

Matematik ve bilgisayarların çalışma yapısının üstüne kurulduğu boolean mantığı ise kesin bilgi ve sonuç mantığıdır. Akıcılık avantajına rağmen, sezgisel insan değerlendirme mantığını içeremez. Boolean mantığının bu kesinliğinin aksine bulanık mantık yaklaşımsal mantığın avantajlarını kullanır.(Ross, 1995)

3.6.1.1 Bulanık Mantığa Ait Tanımlar

Temel Değişken : Temel değişken üyelik fonksiyonu yatay eksenini boyunca yer alır. Giriş üyelik fonksiyonu için, giriş sözcüksel değişkenlerinin temsil ettiği kesin fiziksel değerlerin, çıkış üyelik fonksiyonu için ise yine aynı şekilde, çıkış sözcüksel değişkenlerinin temsil ettiği kesin fiziksel değerlerin oluşum aralığını belirtir.

Kesin Değer : Ölçü cihazları ile ölçülebilen özel giriş ya da çıkış fiziksel değeridir.

Üyelik Derecesi : Bir kesin değerin ne derecede sözcüksel değişken kümeye bağlı olduğunu ya da bir sözcüksel değişkenin ne kadar doğru olduğunu gösterir. 0 ile 1 arasındaki değer üyelik derecesini gösterir. μ harfi ile tanımlanmıştır.

0 = Değişken kümeye ait değildir = Tamamen yanlış

1 = Değişken kümededir = Tamamen doğru

Bulanıklaştırma(Fuzzification)

Gerçekte ölçülen kesin değerin, bulanık mantık kapsamındaki sözcüksel değere dönüştürülmesidir. Her özel kesin değerin üyelik derecesini belirleyen bir üyelik fonksiyonu bulunur. Bulanıklaştırma işleminden geçen kesin değer 0 ile 1 arasındaki değerlerde bir özel vektör halini alır.

Sözcüksel terim

Sözcüksel değişken kümesinin bir elemanıdır. Bu sözcüksel değişken kümesi 3 ya da daha fazla sözcüksel terim içerir.

Sözcüksel Değişken

Genel olarak güç, güç kaybı, sıcaklık, sıcaklık hatası, değişim oranı, mesafe, hız, açı, ağırlık vb. ölçülebilen büyüklükleri gösteren bilgi tipi halindedir. Bir sözcüksel değişken günlük konuşma dili mantığı içeren sözcüksel terimlerle birleşir. Örnek olarak; sözcüksel değişken: (**Sıcaklık**) şu terimler ile birleşebilir: **Soğuk, Serin, Ilık ve Sıcak**.

Üyelik Fonksiyonu

Kesin değerlerin verilmiş bir bulanık mantık kümesine ne oranda bağlı olduğunu grafiksel olarak üyelik fonksiyonu gösterir. Aynı anda bir sözcüksel değişkene bağlı sözcüksel terimlerin grafiksel olarak gösterimidir. Örnek olarak **Sıcaklık_hatası** için üyelik fonksiyonu; sözcüksel terimler **Soğuk, Serin, Ilık ve Sıcak**'ın **Sıcaklık_hatası** sözcüksel değişkenine ne oranda bağlı olduğunu gösteren grafikdir (Fuzzy Tech, 1994)

3.6.2 Kayıp Azaltımı İçin Bulanık Mantık Kontrollü Gelişimsel Programlama Kullanılarak Yapılan Dağıtım Sistemi Düzenlemesi

Elektrik dağıtım sistemlerinin kayıp azaltımı için düzenlenmesi probleminde Song vd., (1997), yeni bir gelişimsel araştırma tekniği olan; gelişimsel programlama'yı (GP) sonuç için geliştirerek uygulamışlardır. Song vd., (1997)'in çalışmasında sunulan GP; genetik algoritma (GA) esasına dayanmakla birlikte aradaki en önemli farklılıklar şu şekilde sıralanabilir:

- a) GP kodlamayı değil kontrol parametrelerini kullanır
- b) GP'nin jenerasyon seçim işlemi genetik algorithmada kullanılan yeniden üretim, çaprazlama ve değişim değil, yarışma ve değişimdir.

Genetik algorithmada genetik işletmenlerin yürüttüğü önemli görevi GP'da değişim dönüştürücüleri almıştır. Basit GA'nın sabit değişim oranının hatalara neden olması nedeniyle GP, performansını problemin çözümüne yönelik arttırmak amacıyla heuristik kurallara dayalı bulanık mantık kontrollü GP şeklinde geliştirilmiştir. Gelişimsel işlem sırasında değişim oranını belirleme görevini bulanık mantıklı değişim kontrolörü yerine getirir. Dağıtım sistemindeki her anahtarın durumu 0 veya 1 ile gösterilmektedir. Optimizasyon işleminin hızlandırılması için hem derinlik hem de genişlik öncelikli birleştirilmiş bir araştırma yöntemi ve zincir tablolar kullanılmıştır. Bulanık mantık kontrollü GP tarafından bulunan sonuçların uygunluğunun garanti edilmesi amacıyla uygunluk göstergesi işlemine koşullarla ilgili ceza çarpanları eklenmiştir.

3.6.2.1 Problem Formülasyonu

Dağıtım sistemlerinde düzenleme probleminin hedef fonksiyonu; yük talebi değiştikçe toplam yük kayıplarının azaltmaktır. Dağıtım sistemi dahilindeki fider ve yük merkezlerinin sayılarını N ve L ile belirtirsek, ağaç sayısının da N olduğu görülür. Hat reaktansındaki kaybın ihmal edilebilir olduğu kabulü ile sistem düzenleme probleminin hedef fonksiyonuna ait eşitlik şu şekilde oluşur:

$$P_{kay} = \sum_{j=1}^N \sum_{j=n_i}^L R_{j-1,j} \frac{P_j^2 + Q_j^2}{V_j^2} \quad (3.75)$$

(3.75) eşitliğinde n_i ; i.nci fiderin(ağacın) kaynağı(kökü) hariç düğüm sayısını, $R_{j-1,j}$ direnci, P_j ve Q_j güç akışını, V_j ise gerilimi temsil etmektedir.

Sistem düzenlemesinde uyulması gereken koşullar açısından yük akışına öncelik verilmeli ve ilk olarak hesaplanmalıdır. Düzenleme işlemi sırasında bölgesel anahtarların pozisyonları değişirken sistemin radyal yapısının korunması sayesinde basitleştirilmiş güç akışı hesaplamaları kullanılabilir.

3.6.2.2 Fider Düzenlemesi için Bulanık Mantık Kontrollü GP

Fider düzenlemesi için geliştirilmiş olan bulanık mantık kontrollü GP'nın algoritma adımlarını şu şekilde tariflenebilir :

3.6.2.2.1 Anahtar Durumlarının Tanımlanması

Dağıtım sistemindeki anahtar sayısı ile kromozom uzunluğu birbirine eşittir. Kromozomda her anahtarın durumu 0 ya da 1 ile ifade edilmiştir: 0 durumunda anahtar açık aksi halde anahtar kapalıdır. Her kromozom sistemin farklı bir düzenine ait bilgileri taşır.

3.6.2.2.2 İlk Populasyonun Üretilmesi

İlk populasyon gelişigüzel (random) üretilir. Kromozom uzunluğu dağıtım sistemindeki anahtar sayısına eşit tutularak her kromozom dizisi ile sistemdeki populasyon temsil edilmesi sağlanır. Bulanık mantık kontrollü GP'nın yakınsamasını hızlandırmak amacıyla sistem düzenlemesinde uyulması gereken koşullar ilk populasyonlarda olabildiğince karşılanmalıdır. İlk kromozomdaki "1" yani kapalı anahtar adedi orijinal sistemdeki kapalı anahtar sayısına eşit olmalı ve belli bir ağacın kökü hiçbir zaman başka bir ağacın dalı olmamalıdır.

3.6.2.2.3 Yeni Sistemin Formülasyonu

Yeni sistemin bilgi yapısı dalların ve düğümlerin durumları ile tanımlanır. Bu kromozomdaki bitler 1 olduğunda ilgili dallar yeni sisteme aktarılır ve dallar 1 olarak atanır; aksi halde dal ve düğümler 0'a ayarlanır.

3.6.2.2.4 Dağıtım Sisteminin Bilgi Yapısını Tanımlamak

Dağıtım sisteminin bilgi yapısını tanımlanması bir grup dizi ile yapılır. Söz konusu dizi grubunun her biri:

{dalların_düğümleri[baş,son], dalların_parametreleri [resistans, reaktans, sondaki düğümün aktif gücü, son düğümün reaktif gücü, son düğüm gerilimi], anahtar numarası}

Verilmiş bir dal için, küçük dal numarası başını, büyük dal numarası ise sonunu belirtir. Orijinal dağıtım sistemindeki ilk düğüm gerilimleri doğal bilgiler olarak adlandırılırlar. Anahtarların durumlarının değişmesi ve yeni sitemin oluşmasıyla ilk düğüm gerilimleri (1, 0 pu.) kabul edilerek yeni değerlerin gerilim kalitesi koşullarını sağlaması beklenir.

3.6.2.2.5 Fiderlerin Soruşturulması

Bölgesel anahtarların konumlarının değişmesi ile kromozomdaki bilgiler değişmiştir ve elde edilen yeni düzen yeni kromozomdaki bilgi bitleri ile kolayca formülize edilir. Fakat aynı zamanda tüm yük merkezlerinin üyelik fonksiyonu değerleri tam anlamıyla değişmiştir. Bu yüzden verilen bir yük merkezinin hangi fidere ait olduğunun bulunması gerekmektedir. Bu soruşturmaya bir ağacın kökünden başlanmalıdır: İlk olarak köke bağlı dallar araştırılır ve durumları "0" a ayarlanır. Bu dalların son düğümleri diğer dalların için bir kök noktası kabul edilir ve bu işleme çözüm alanı elverdiği ölçüde devam edilir. Herhangi bir yükün atlanarak beslenmemesi durumu dalların işaretlerinin kontrolü ile belli olur: Herhangi bir dalın işareti sıfır yapılmamışsa o dal işlem görmemiştir ve yük beslenmemesi durumu meydana gelebilir. Bu yüzden o dalın da uygun bir fidere irtibatı sağlanmalıdır. Farklı bir fidere ekleme söz konusu olduğunda baş son işareti yer değiştirebilir.

Örnek olarak $\{(3,13,1), (13,14,1), (10,14,1), (14,15,1), (15,16,1)\}$ dallarından oluşan ve 3 düğümü kaynak(kök) olan bir şebeke seçelim. İncelemeden sonra (10,14,1) haricindeki diğer dalların ekleneceğini ve işaretlerinin sıfırlandığını kabul edelim. Yeni şebekede dalların işaretlerini incelediğimizde (10,14,1) kodlu dalın işaretinin "1" olduğu yani daha önce analizinin yapılmadığı görülür. Söz konusu dalın son düğüm işareti 10 olmuş ve sondaki yük beslenememiştir.

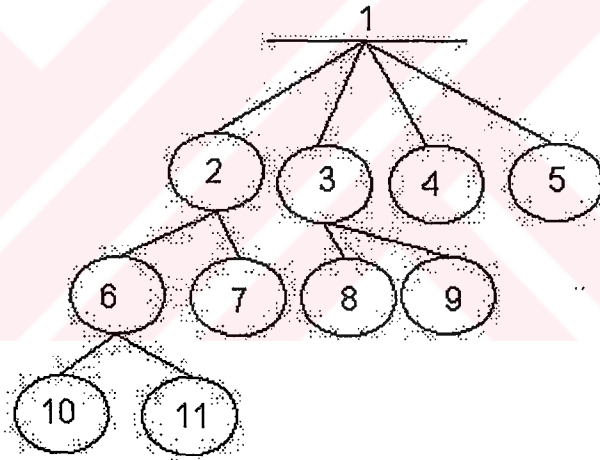
Analiz işleminin hızını arttırmak için zincir-tablolar kullanılır ve tüm fiderler aynı anda paralel olarak işleme tabi tutulurlar.

Çizelge 3. 2 Zincir tablo yapısı

Kök	İlk kademe orta düğümler
İlk kademe orta düğümler	İkinci kademe orta düğümler
"	"
(i-1)nci kademe orta düğümleri	(i-1)nci kademe orta düğümleri
"	"
Yapraklar 0	

Çizelge 3. 3 Tipik zincir tablo örneği

1	2	3	4	5
2	6	7		
3	8	9		
4	0			
5	0			
6	10	11		
7	0			
8	0			
9	0			
10	0			
11	0			



Şekil 3. 12 Çizelge 3. 3 ile zincir tablosu verilen sistem ağacı

Şekil 3. 12’de Çizelge 3. 3 ile zincir tablosu verilen ağaç görülmektedir. Uygulamada her ağaç için bir tablo yapılmalı ve her ağacın kaydı bu şekilde bulunabilmelidir.

3.6.2.2.6 Dayanım Fonksiyonuna Bağlı Karşılaştırma

Bulanık mantık kontrollü GP’nin yakınsamasını hızlandırmak maksadıyla uygun dayanım fonksiyonu şarttır. Sistem düzenlemesinde (3. 75) denklemi ile verilen hedef fonksiyonu ve belirlenen koşullar sağlanmalıdır. Yük merkezlerinden beslenmeyen kısım kalmaması ve fiderler arasındaki ayrılma eşzamanlı sağlanması ile ilgili koşullar (3. 6. 2. 2. 5) bölümündeki incelemede sağlanmıştır. Belirtilen gerilim koşulları yeniden düzenlenerek (3. 76) ve (3. 77)’ nolu eşitlikler elde edilir.

$$\alpha_i = \left(\frac{V_i^{\max}}{V_i} \right)^2 \quad (3.76)$$

$$\alpha_i = \left(\frac{V_i^{\min}}{V_i} \right)^2 \quad (3.77)$$

Genel olarak V_{\min} 0,95 pu., V_{\max} 1,05 pu. değerini alır. Öne sürülen teknikte inceleme kökten dallara doğru yapılırken, güç kayıpları dallardan köke doğru hesaplanmaktadır. Bu yüzden kapasite ile ilgili koşullar da (3.78)'nolu eşitlikle hesaplara dahil edilebilir:

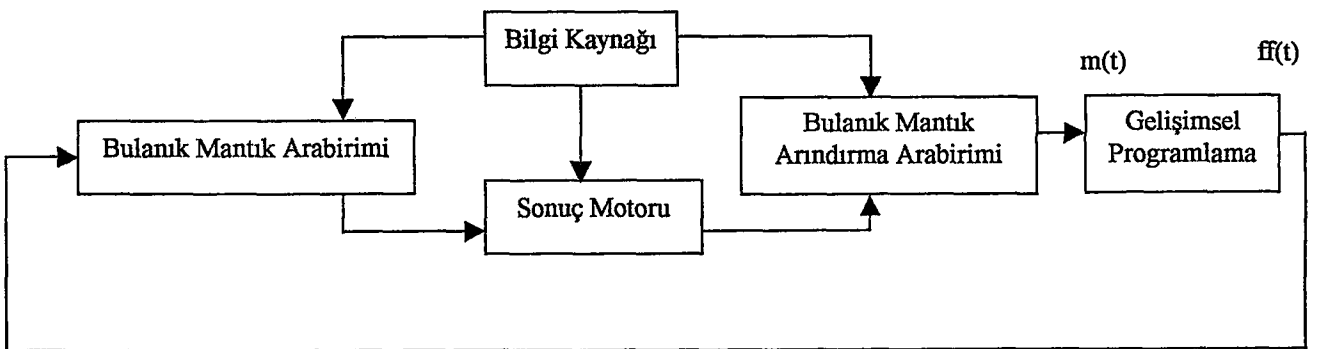
$$\beta_i = \left(\frac{S_{i0}}{S_{i0}^{\max}} \right)^2 = \frac{P_{i0}^2 + Q_{i0}^2}{(S_{i0}^{\max})^2} \quad (3.78)$$

S_{i0} i.nci fiderin kaynağından verilen enerji ve S_{i0}^{\max} ise ilgili fiderin maksimum kapasitesidir. Sonuç olarak dayanım fonksiyonu şu şekli alır:

$$ff = Z - \sum_{i=1}^N \sum_{j=n_i}^1 \alpha_i \beta_i r_{j-1,j} \frac{P_j^2 + Q_j^2}{V_j^2} \quad (3.79)$$

(3.79)'nolu eşitlikte verilen "Z" büyük pozitif bir reel sayıdır.

3.6.2.2.7 Bulanık Mantık Kontrollü Değişimin Uygulanması



Şekil 3. 13 Bulanık mantık değişim kontrol ünitesinin yapısı

Şekil(3. 13)'de verilen bulanık mantık değişim kontrolörünün işleyiş biçiminin açıklaması şu şekildedir:

Adım 1 : Değişim mantık kontrolörü için giriş ve çıkış bilgilerinin seçimi: Genel bir kural olarak dayanımdaki fark $\Delta ff(t)$ ve $\Delta^2 ff(t)$ giriş;değişimdeki fark $\Delta m(t)$ de çıkış bilgisi olarak seçilir.

$$\Delta ff(t) = ff(t) - ff(t-1) \quad (3. 80)$$

$$\Delta^2 ff(t) = \Delta ff(t) - \Delta ff(t-1) \quad (3. 81)$$

Adım 2 : $\Delta ff(t)$, $\Delta^2 ff(t)$ ve $\Delta m(t)$ için tanım uzayının(aralığının) belirlenmesi: Bu çalışma için sırasıyla $\Delta ff(t)$, $\Delta^2 ff(t)$ ve $\Delta m(t)$ için $[-1,1]$, $[-0.5,0.5]$ ve $[-0.1,0.1]$ tanım aralığı olarak seçilmiştir ve giriş bilgileri bu aralıklardan seçilecektir.

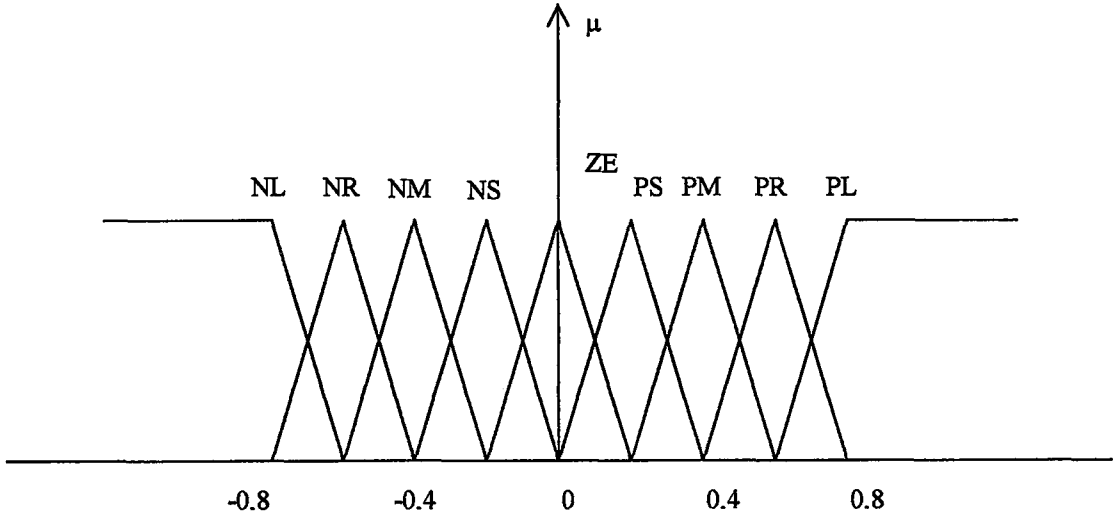
Adım 3 : Sırasıyla kendi tanım aralıklarında bulanık mantık altkümelerinin bir grubunun oluşturulması: (3. 82), (3. 83) ve (3. 84)no'lu eşitliklerdeki biçimde $\Delta ff(t)$, $\Delta^2 ff(t)$ ve $\Delta m(t)$ 'ye ait harf kodlu bulanık mantık değişkenleri kümelerini tanımlanır ve bütün bulanık mantık altkümelerinin üyelik fonksiyonlarının şekildeki gibi üçgensel formda şekillenmesini sağlanır.

$$T(\Delta ff(t)) = \{NL, NR, NM, NS, ZE, PS, PM, PR, PL\} \quad (3. 82)$$

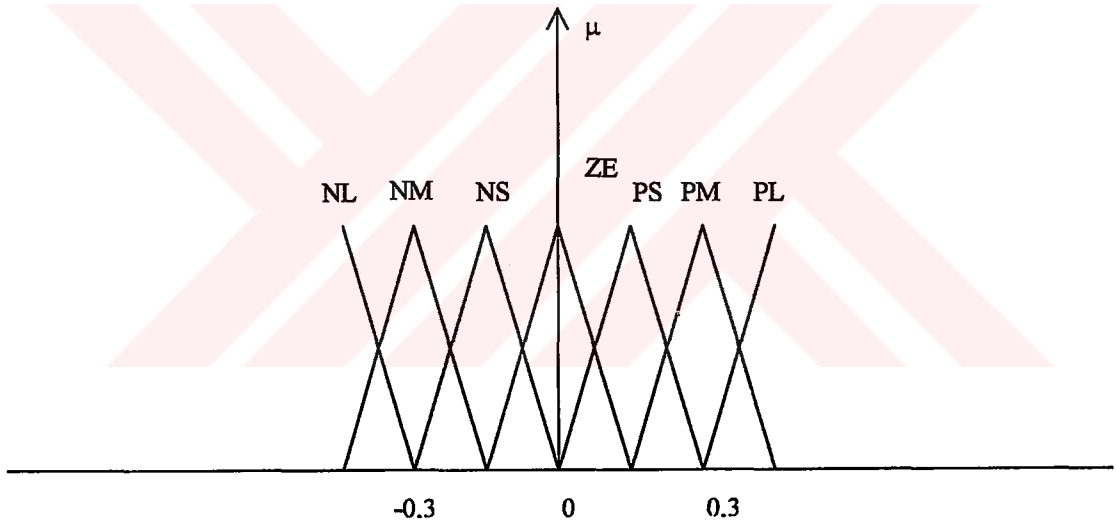
$$T(\Delta^2 ff(t)) = \{NL, NM, NS, ZE, PS, PM, PL\} \quad (3. 83)$$

$$T(\Delta m(t)) = \{NL, NR, NM, NS, ZE, PS, PM, PR, PL\} \quad (3. 84)$$

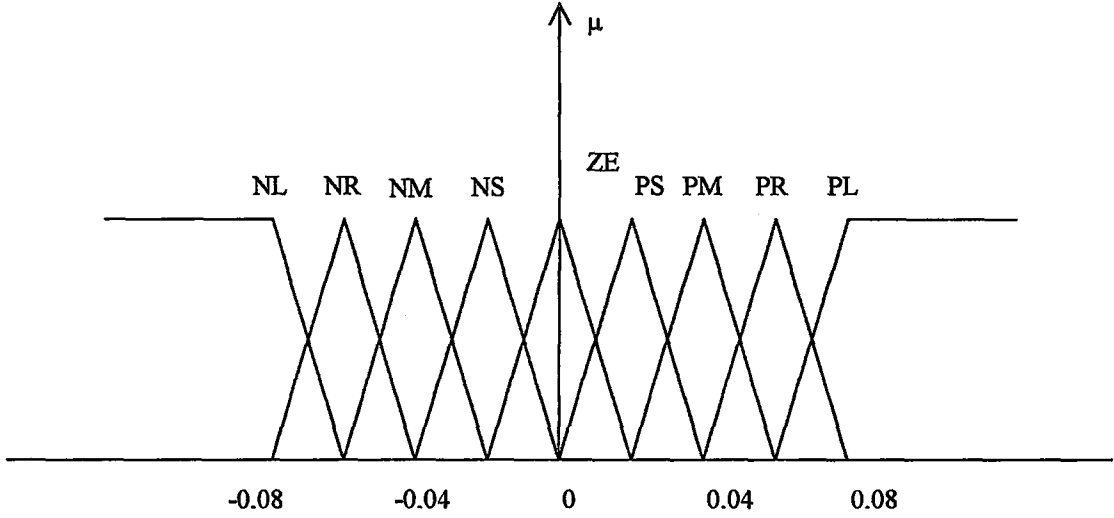
NL = negatif en büyük, NR = negatif büyük, NM = negatif orta, NS = negatif küçük, ZE = Sıfır, PS = pozitif küçük, PM = pozitif orta, PR = pozitif büyük, PL = pozitif en büyük}



Şekil 3. 14 $\Delta ff(t)$ 'nin üyelik fonksiyonu



Şekil 3. 15 $\Delta^2 ff(t)$ 'nin üyelik fonksiyonu

Şekil 3. 16 $\Delta m(t)$ 'nin üyelik fonksiyonu

Çizelge 3. 4 Bulanık mantık sonuç çıkarma kuralları

	$\Delta f(t)$	NL	NR	NM	NS	ZE	PS	PM	PR	PL
$\Delta^2 f(t)$	$\Delta m(t)$									
NL		NL	NR	NM	NM	NS	NS	NS	ZE	ZE
NM		NM	NM	NM	NS	NS	ZE	ZE	ZE	PS
NS		NM	NS	NS	NS	ZE	ZE	PS	PS	PS
ZE		NS	NS	ZE	ZE	ZE	PS	PS	PM	PM
PS		ZE	ZE	ZE	PS	PS	PS	PM	PM	PR
PM		ZE	ZE	PS	PS	PM	PM	PM	PR	PR
PL		PS	PS	PS	PM	PM	PR	PR	PR	PL

Adım 5 : Sonuç çıkarma kurallarını düzenle: Bir dizi test ve tecrübelerle dayalı olarak belirlenen sonuç kuralları ile oluşturulan tablo verilmiştir.

Adım 6 : Bulanık mantık çıkış kontrolörünün çıkış bilgilerinin tanımlanması: Bulanık mantık kontrolöründe her giriş için çıkış bilgisi; tüm gerçekleştirilen kurallara uygun şekilde son kontrol alanının ağırlık merkezi üzerinden hesaplanır. Böylece sonuçlar kontrol yüzeyine doğru yavaşça yakınsar. Son olarak değişim oranı (3. 85)'nolu eşitlikle hesaplanır.

$$m(t+1) = m(t) + \Delta m(t)$$

(3. 85)

Bir kromozomdaki değişim çiftler halinde gerçekleşir; şöyle ki bir bilgi biti 1'den 0'a değişim geçirdiğinde diğer bir bit aynı zaman diliminde 1'den 0'a değişim geçirmeli ve tersi durumda da aynı mantıkla çözüm şekillenmektedir. Burada amaç sistemdeki radyasyonun korunabilmesidir.

İC. YÜSEVİ
BİLİMSEL YAZAR

3.7 Birden Fazla Hedef Fonksiyonlu Fider Düzenlemesi

Elektrik dağıtım sistemlerinin kayıp azaltımı için düzenlenmesi probleminde bulanık mantık kullanan diğer bir çalışma Hsiao ve Chien (2001) tarafından yapılmıştır. Hsiao ve Chien (2001) bu çalışmada sistem işletme koşullarını da göz önüne alarak aynı anda kayıpları azaltmak, sistem güvenliğini arttırmak ve güç kalitesini geliştirmek amacıyla uygulanacak fider düzenlemesi için yeni bir formülasyon sunmuştur. Sistem üzerinde üç hedef fonksiyon olmasının nedeni sistem işletmen hedeflerinin farklı özellikte birçok fonksiyondan oluşması olarak açıklanmıştır.

Söz konusu fonksiyonlar temelde farklıdır ve yapı olarak kıyaslanamazlar. Bu yüzden çoğu bilinen optimizasyon tekniği bu fonksiyonları eş zamanlı sonuçlandırmada başarılı olamamıştır. Daha önce yapılan çalışmalarda uygun bir metot olacağı düşünülerek çok fonksiyonlu problem tek fonksiyonlu bir probleme dönüştürülerek çözüm aranmış fakat bu yöntem de fonksiyonların farklılığı yüzünden beklenen sonucu verememiştir.

Hsiao ve Chien (2001)'nin ele aldığı fonksiyonlar şu şekilde açıklanabilir; fider düzenlemesi bir sistemin güç kayıplarını en aza indirmek için uygulanır. Bu yüzden çalışmada sistem güç kayıplarının en aza indirilmesi ilk hedef fonksiyonu oluşturur. Diğer yandan artan yükler ve beklenmeyen hatalar da sistemde güvenlik problemini ortaya çıkartır. Dağıtım sistemlerinin işletmesinde iyi bir gerilim profili elde etmek ve akımı sınırları içinde tutmak bakımından sistem güvenliği yüksek önem arz eder. Kritik fiderlerde aşırı yükü önlemenin en önemli ve geçerli yolu fazla yükleri daha az yük bulunan fiderlere aktarmak yani yükü dengelemektir. Bu nedenle diğer bir hedef fonksiyon olarak da yük dengelemesi seçilmiştir. Bara gerilimlerindeki değişim ve dalgalanmayı en aza indirerek güç kalitesini arttırmak da diğer bir hedef fonksiyondur.

Fider düzenleme probleminin çözümünde kullanılması önerilen formülasyon ile yukarıda belirtilen hedef fonksiyonların eş zamanlı çözümü sağlanmıştır. Normal yaklaşımlar ile karşılaştırılmaları imkansız olan bu fonksiyonlar değişik fonksiyonları kolayca entegre edebilen bulanık mantık kümeleri ile formülize edilerek gelişimsel programlamaya (GP) dayalı metot sayesinde optimum sonuç elde edilmektedir. Önerilen algoritma sayesinde genel fider düzenleme problemi optimum çözüme ulaşabilmek için çok hedefli şekilde ele alınır.

3. 7. 1 Problem Formülasyonu

n_b baralı radyal dağıtım sisteminde açık ve kapalı anahtarların konumlarının değiştirilmesi ile mevcut sistem için optimum düzen elde edilerek:

- Güç kayıpları azaltılır
- Sistem güvenliği artırılır
- Güç kalitesi geliştirilir.

3.7.2 Hedef Fonksiyonlar

3.7.2.1 Güç Kayıplarının Azaltımı

Fiderlerin güç kayıplarının en aza indirilmesi hedef fonksiyonlar içinde ilk sırada yer alır ve problemin en önemli kısmını oluşturur. Hedef fonksiyon şu şekilde hesaplanır:

$$f_1 = \sum_{i=1}^{n_h} R_i \frac{P_i^2 + Q_i^2}{|V_i|^2} \quad (3. 86)$$

R_i , V_i , P_i ve Q_i , i dalının sırasıyla direncini, gerilimini, aktif ve reaktif gücünü belirtir. V_i , P_i ve Q_i güç akışı yöntemiyle elde edilebilirler. f_1 değerinin azalması sistemin güç kayıplarının azaldığını gösterir.

3.7.2.2 Arttırılmış Sistem Güvenliği(Yük dengelemesi)

Sistem işletmenleri şebeke aşırı yüklerinin azaltılmasının önemini sıkça vurgularlar. Bir dağıtım fiderinde aşırı yükleri önlemenin yolu fiderdeki yükün bir kısmını daha az yüklü bir fidere aktarmak yani yük dengelemesi yapmaktır. Yük dengelemesi de hedef fonksiyondur ve şu şekilde ifade edilir.

$$f_2 = maks \left[\left(I_i - \frac{\sum_{i=1}^{n_h} I_i}{n_h} \right), i = 1, 2, \dots, n_h \right] \quad (3. 87)$$

Burada I_i i kolundaki (i transformatöründeki) akımı belirtir. f_2 'nin düşük değer alması sistemin daha güvenli olduğunu gösterir.

3.7.2.3 Geliştirilmiş Güç Kalitesi

Gerilim önemli bir güvenlik ve servis kalitesi göstergesidir. Bu yüzden bara gerilimindeki değişim bir hedef fonksiyon kabul edilir ve şu şekilde gösterilir:

$$f_3 = maks[V_i - 1.0], i = 1, 2, \dots, n_b \quad (3. 88)$$

n_b toplam bara sayısını; V_i ise i barasındaki gerilimin p.u. değeridir. f_3 'ün düşük değer alması bara geriliminin 1'e yaklaştığını ve gerilim profilinin iyileştiğini gösterir.

3.7.3 Bulanık Mantığa Göre Modelleme

Her hedef fonksiyonun kendi doğası göz önüne alınarak bulanık mantık kümeleri ile formülize edilir. Bir bulanık mantık kümesi üye fonksiyon ile gösterilir $\mu_{fi}(G)$. Üye fonksiyonun değerinin yükselmesi çözüme yaklaşıldığının göstergesidir. Üye fonksiyonun üst ve alt sınır arasında devamlı-kesiksiz şekilde azalan değeri Şekil (3. 17)'de görülmektedir. Her hedef fonksiyon için bir üye fonksiyon oluşturulabilmesi için her hedef fonksiyonun verilmiş koşullar altında üst ve alt limitleri belirlenmektedir.



Şekil 3. 17 Önerilen yönteme uygun üyelik fonksiyonu

Daha sonra lineer veya non-lineer devamlı-kesiksiz azalan $h_i(f_i(G))$ fonksiyonu tanımlamaktadır. Minimizasyon probleminin üye fonksiyonu daha sonra şu şekilde tanımlanır:

$$\mu_{fi}(G) = \begin{cases} f_i(G) < f_{i\min} & \text{ise } 1 \text{ veya } \rightarrow 1 \\ f_{i\min} \leq f_i(G) < f_{i\max} & \text{ise } h_i(f_i(G)) \\ f_{i\max} < f_i(G) & \text{ise } 0 \text{ veya } \rightarrow 0 \end{cases} \quad (3. 89)$$

3.7.4 Çok Hedefli Optimizasyon Problemi

Çok hedefli optimizasyon problemi şu şekilde tanımlanır:

$$f_i(g), \quad i = 1, 2, \dots, n_o \quad (3. 90)$$

bağlamında;

$$w_j(g) \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n_c \quad (3. 91)$$

n_o ve n_c sırasıyla hedef(f) ve koşulların(w) sayısını belirtmektedir. Her fonksiyon eşzamanlı ve koşullara bağlı olarak minimize edilir. Fakat genelde fonksiyon yapılarının tersliği nedeniyle hiçbir "G" noktası tüm fonksiyonları minimize etmez; yani optimum sonuç mümkün değildir. Bu noktada probleme bir çözüm bulabilmek amacıyla probleme "noninferiorty-azaltış" yaklaşımı uygulanır. Sonuca ulaşmak amacıyla herhangi bir fonksiyon arttığında diğer fonksiyonlardan en az birinin azalmasının kabulü söz konusu yaklaşımın mantığını oluşturur.

3. 7. 5 Bulanık Mantık Esaslı Metot

Çok hedefli optimizasyon problemi için uygun çözüm tanımlaması amacıyla GP ve bulanık mantık temelli algoritma verilmiştir. Çok hedefli probleme uygun bir çözümün bulunmasında aday fertlerin yaratılabilmesi için karar verici mekanizmanın üye fonksiyonların başarısı ile ilgili seçimini yapması gerekir. Bu seçim 0 ile 1 arasında bir reel sayıdır ve hedef fonksiyonun önem derecesini belirtir. Karar verme mekanizmasının belirlediği üye fonksiyonun değeri ve beklentiye göre (3. 92)'nolu denklemde verilen minmax problemin sonucu bulunur.

$$\min \{ \max [\mu_{f_i} - \mu_{f_i}(G)] \} \quad i = 1, 2, \dots, n_o \quad (3. 92)$$

Optimizasyon tekniği şu şekildedir:

Adım1 : Bilgi gir ve işareti ayarla : $k = 0$.

Adım2 : Her hedef fonksiyon için üst ve alt sınırları (f_i^{\max} ve f_i^{\min}) belirle; üye fonksiyonu formülize etmek için keskin ve devamlı azalan fonksiyonu yarat.

Adım3 : Her hedef fonksiyonun ilk beklenen değerini belirle. $i = 1, 2, \dots, n_o$ için $\mu_{f_i}^{(0)} = 1$

Adım4: Minimax problemini çözmek için gelişimsel programlamayı (GP) uygula.

Adım5: $G, f_i(G)$ ve $\mu_{fi}(G)$ değerlerini hesapla ve eğer sonuçlar tatmin edici ise sonraki adıma geç. Aksi halde işareti $k = k+1$ 'e ayarla ve $\mu_{fi}^{(r)}$ $i = 1, 2, \dots, n_0$ için yeni bir beklenen değer belirleyerek Adım4'e geç.

Adım6: $G, f_i(G)$ ve $i = 1, 2, \dots, n_0$ için $\mu_{fi}(G)$ 'e ait en tatmin edici ve uygun sonuçları raporla.

Görüldüğü gibi, karar verici sadece algoritmaya 5.adımda dahil olmakta ve geri kalan kısım otomatik olarak devam etmektedir. Bir hedefin önem derecesi ya da tercih edilen açısı karar vericinin tecrübesine ya da basit bir yargı sonucuna bağlıdır. Karar verici bulanık mantık temelli algoritmayla minimaks problemi için en uygun sonucu belirleyebilmektedir.

3.7.6 Gelişimsel Programlama

GP çok hedefli optimizasyon problemine bu bölümde uygulanmaktadır. GP, biyolojik işleme dayalı bir simülasyon olması ile diğer optimizasyon metotlarından ayrılır. GP, geçerli jenerasyonu seçmek için olasılık geçiş kurallarını kullanır. Eski jenerasyon ile eski jenerasyonun değişim(mutasyon) geçirmiş hali olan yeni jenerasyonun birleşik popülasyonunda; her aday diğer adaylarla yarış, çekişme halindedir. Birleşik popülasyonda yarışmayı kazanan grup yeni jenerasyonu oluşturur. G durum değişkeni her geninde şebeke düzenleme problemi için açık anahtarların kodlarını bulunduran kromozomu simgeler. Verilen bir şebekede açık anahtarların kodları SW_3, SW_5, SW_6 ise kromozomu $G = [SW_3, SW_5, SW_6]$ şeklinde oluşur.

GP'nin adımları detaylı olarak şu şekilde açıklanabilir:

Adım1: Parametreleri gir: GP'ye ait fertlerin uzunlukları, popülasyon büyüklüğü, N_p .

Adım2: İlk tanımlama: Değişim kurallarına göre orijinal bağ anahtarları ve onların türevlerinin oluşturduğu kümeden seçilen $p_j = [SW_m SW_n \dots]$ ilk olarak tanımlanır. p_j bir ferttir, $j = 1, 2, \dots, N_p$, N_s toplam bağ anahtarlarının sayısı ve boyuttur.

Adım3: Skor alma: Hedef fonksiyonların dayanım değerini hesapla.

Adım4: Değişim(Mutasyon): Bir dağıtım sisteminin düzenleme probleminde; sağlanan her yeni durumda radyal yapı korunmalı ve bütün yükler beslenebilmelidir. Bu doğrultuda her p_j değişim geçirerek $p_j + N_p$ halini alır. Değişim mekanizması aynı zamanda koşulları da sağlayacak şekilde;

(a) p_j 'den SW_m genini rastlantısal olarak seçer.

(b) Aynı fider çiftinde(SW_m bağ anahtarı ile bağlanmış iki fider) bir SW_k anahtarını seçer ve SW_m ile yer değiştirir.

Her p_j ferdinden oluşturulabilecek n_j ürün fertlerinin sayısı

$$n_j = B \left[N_p \times \frac{ff}{\sum_{j=1}^N ff} \right] \quad (3.93)$$

ile bulunur. Burada ff, p_j ferdinin dayanım değerini belirtirken $B[G]$ de G 'in elemanlarını tam sayıya yuvarlayan fonksiyondur. Bir ferdin dayanımı arttıkça daha fazla ürün fert oluşturabilir. Eski jenerasyon ve eski jenerasyonun değişimi ile oluşturulan yeni jenerasyondan birleşik populasyon oluşturulur.

Adım5: Yarışma, karşılaştırma: Birleşik populasyondaki her fert dayanım değerlerine göre derecelendirilir. Bu derecelendirmede ilk sıraları alan N_p fertleri yeni jenerasyona aktarılırlar.

Adım6: Kriteri durdurma: Maksimum jenerasyon sayısına ulaşıldığında ya da beş ardışık jenerasyonun dayanım değerlerinde belirgin bir değişiklik kaydedilemediğinde yakınsama tamamlanmış kabul edilir. İşlem bu sonuçların birine ulaşılması durumunda sona erer aksi durumda değişim adımına(Adım 4) geri dönecektir.

3.8 Yapay Sinir Ağları(YSA) Uygulaması ile Dağıtım Sistemlerinde Kayıp Azaltımı için Fider Düzenlemesinde Yeni Bir Yöntem

Kashem vd., (1998)'de fider düzenlemesi için YSA uygulaması ile dağıtım sistemlerinde kayıp azaltımı incelenmiştir. YSA'nın dağıtım sistemlerine uygulaması ile bölgesel anahtarlar statik ve dinamik olarak iki gruba ayrılmış ve dinamik anahtarlar için uygun durumların yük parametrelerine göre belirlenmesi ile optimum kayıp azaltımı hedeflenmiştir. Bu hedefe ulaşılma yolunda YSA'lar güç sisteminden aldıkları bilgileri değerlendirerek dinamik anahtarların uygun konumunu belirleyebilmek için öğrenim işlemine tabi tutulurlar. YSA'nın öğrenim kümelerinin oluşturulması için simülasyonlarda kayıp minimizasyon algoritmaları kullanılmıştır. Değişik yük grupları ve zamana bağlı değişen yüklerle öğrenimini tamamlayarak gelişen YSA modelleri problem uygulamalarında optimum ya da optimuma yakın sistem düzenleri elde edebilmektedirler.

Kashem vd., (1998)'in yaptığı çalışmada Kim vd., (1993) tarafından yapılan çalışmadan farklı olarak YSA'nın giriş katmanı öncesi bir hesap katmanı kullanılarak toplam YSA sayısı azaltılmıştır. Hesap katmanı yük barasındaki P-Q yüklerini kullanarak yük profilini tahmin edebilen bir yük tahmin yazılımıdır. Kashem vd., (1998) tarafından önerilen yöntemde Kim vd (1993)'in metodunun aksine YSA sayısı sistem büyüklüğünden bağımsızdır.

3.8.1 Öğretim Kümeleri Oluşumu

YSA'nın öğretim kümelerinin geliştirilmesi için şu işlem basamaklarından faydalanılır:

Yüklerin gruplanması

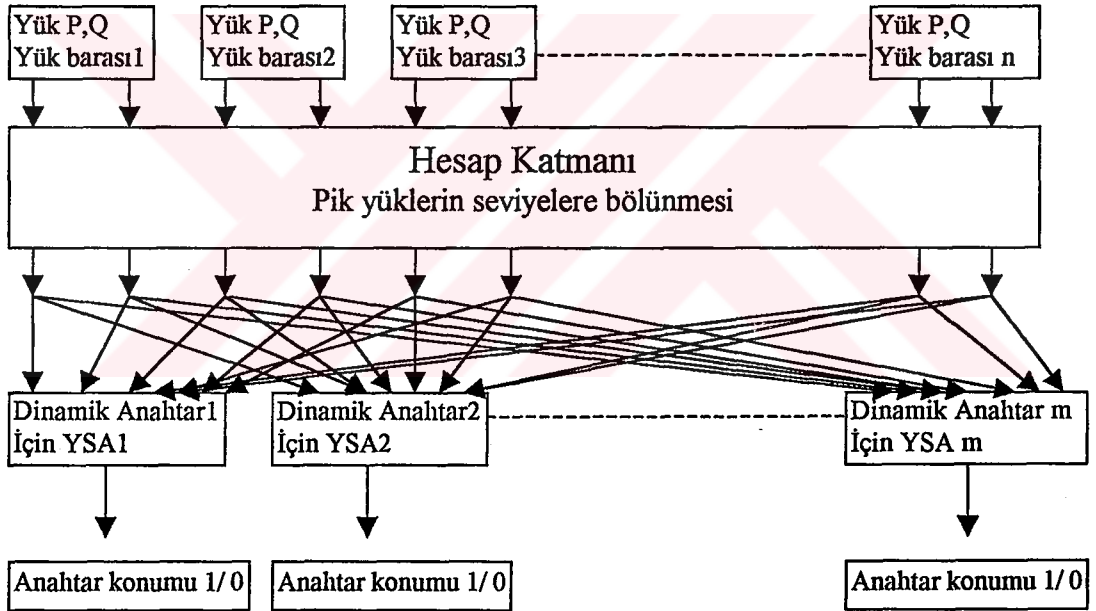
Verilmiş bir dağıtım sisteminde p adet yük barası ve bu baralar dahilinde de bağımsız k adet yük olduğunda, öğretim kümelerinin sayısı k^p olacaktır ki bu yüksek sayı da YSA'nın öğrenimini imkansız kılar. Bu nedenle yük baraları; beşeri, ticari ve endüstriyel şeklinde yük gruplarına bölünür. Bağımsız gruplara göre bu grupların değişimleri nispeten daha yakın ve benzer özelliklidir. Bu gruplamanın yapılması ile yük seviye kombinasyonlarının sayısı k^3 'e düşürülmüştür.

Minimum kayıplı konfigürasyon

Otomasyon ile kontrol edilen gerçek sistemde, sistemin düzeni devamlı yük parametrelerine bağlı olarak değiştirilir ve yüklerin minimum kayıplarla beslenmesi sağlanır. Gerçek zamanlı olmayan uygulamalarda ise yük gruplaması ve yük seviye belirlenmesi ile yük kombinasyonları oluşturulur. Belirli bir yük kombinasyonundan oluşmuş öğretim seti giriş bilgisi, anahtarlama seçeneği de çıkış bilgisi olmaktadır.

Dinamik(Duyarlı) anahtar belirlenmesi

Değişik yük toplamlarından oluşan tüm yük parametreleri için anahtar seçenekleri iki gruba ayrılır: Durumu değişmeyen statik anahtarlar ve düzenleme için konum değiştiren dinamik(duyarlı) anahtarlar. Böyle bir gruplama ile değişik yük durumları için kayıpları azaltabilecek anahtarlar belirlenmiş olacaktır.



Şekil 3. 18 Kashem vd., (1998) ile önerilen YSA kullanımlı sistem düzenlemesi

Duyarlı anahtar-Kayıp azaltımı-YSA

Her dinamik anahtarın konumunu belirlemek üzere bir YSA geliştirilir ki bunun anlamı sistemdeki her dinamik anahtar için bir YSA geliştirilmesidir. Şekil(3. 18)'de YSA'nın giriş bilgisi olarak yük kombinasyonları ve çıkış bilgisi olarak da anahtarların konumu görülebilmektedir: Açık 0, Kapalı 1. Tüm YSA'nın çıkış bilgilerinin birleşimi ile kayıp azaltımı için en uygun sistem düzeni elde edilir.

3.8.2 YSA Dizaynı

Sistem düzenleme probleminin giriş ve çıkış bilgileri yüksek derecede non-lineerdir. YSA giriş bilgilerinden önce kullanılacak hesap katmanı sayesinde bu non-linear durum nispeten azaltılabilir. Bu katman YSA'nın yük profilini izleyebilmesini ve gerçek yüklerin Çizelge 3. 5'de verilen tahmini yüklerle yuvarlanmasını sağlar. Şekil (3. 18)'de verilen sistemde söz konusu hesap bloğu görülmektedir.

Çizelge (3. 5) Gerçek yüklerin yaklaşık yüklerle dönüştürülmesi

Seviye Numarası	GerçekYük(Pik yüke göre yüzde)	Yaklaşık Yük(Pik yüke göre yüzde)
1	≤ 45	40
2	46-55	50
3	56-65	60
4	66-75	70
5	76-85	80
6	86-95	90
7	$96 \geq$	100

3.8.3 YSA Yazılımları

YSA'ı için geliştirilen yazılım paketleri birtakım fonksiyon modülleri içerirler. Fonksiyon modülleri; öğrenim kümesi yapıcısı, öğrenim algoritması ve yapay ağ geliştirmeye biriminden oluşan programlardır. Öğrenim kümesi yapıcısı verilmiş bir dağıtım sistemi için öğrenim işlemini elde etmek için geliştirilmiştir. Yük seviyesinin m ve yük barasındaki grup sayısının da k olduğu halde, m^k adet yük seviye kombinasyonu oluşmuş olur. Öğretim algoritması ile YSA öğrenimini görür. Yeterli derecede öğrenim gören YSA'lar yapay ağ geliştirme birimi ile test edilirler. YSA dizayn parametreleri: Gizli düğüm sayısı, öğrenme oranı ve momentumdur. YSA sonuç çıktılarının geçerliliğine göre bu parametrelerin değerleri değişecektir.

YSA geliştirilmesinin algoritması

Adım 1 : Her YSA için bir öğrenim bilgi kümesi elde et. Bu bilgi kümesinin sistem düzenleme simülasyonundan elde edilmesi öğrenim kümesi yapıcısının görevidir.

Adım 2 : Dinamik anahtarlar için geliştirilen tüm YSA'ı yeterli yaklaşım sağlanana kadar eğit. Sistemde oluşan öğrenim derecesinin belirlenebilmesi için bir RMS hata değeri

belirle. Genelde 0,1'in altında bir RMS hata değeri sistemin öğretim kümesini öğrendiğini gösterir.

Adım 3 : Durumun nerelerde yerel minimuma yaklaştığını tespit et. Yerel minimum; komşu seçeneklerden daha az hata değeri vermesine rağmen mümkün olan en küçük hatanın elde edilememesi durumudur. Bu durumda sistem takılır ve öğrenme işlemi durur. İlk değerlerin değiştirilerek öğrenme prosedürünün yenilenmesi ile yerel minimum önlenir.

Adım 4 : Öğrenme oranını; η , momentumu; m , ve gizli düğüm sayılarını; sec , en uygun ve geçerli YSA çıkış bilgisini elde edebilmek amacıyla ayarla.

Adım 5 : Son değerleri sakla.

Adım 6 : YSA'nın 5. adımda elde edilen değerleri geçerli şekilde kullanıp kullanmadığını test et. Geçerli sonuçlar mevcutsa ilerle, aksi durumda 2-5. adımları tekrarla.

Adım 7 : Geliştirilmiş YSA modelini bilgileri belli olan herhangi bir dağıtım sisteminin düzenlenmesi için kullan.

3.9 Fider Düzenlenmesi ve Kapasitör Ayarlamasının Dağıtım Sistemlerinde Kayıp Azaltımı için Eşzamanlı Uygulaması

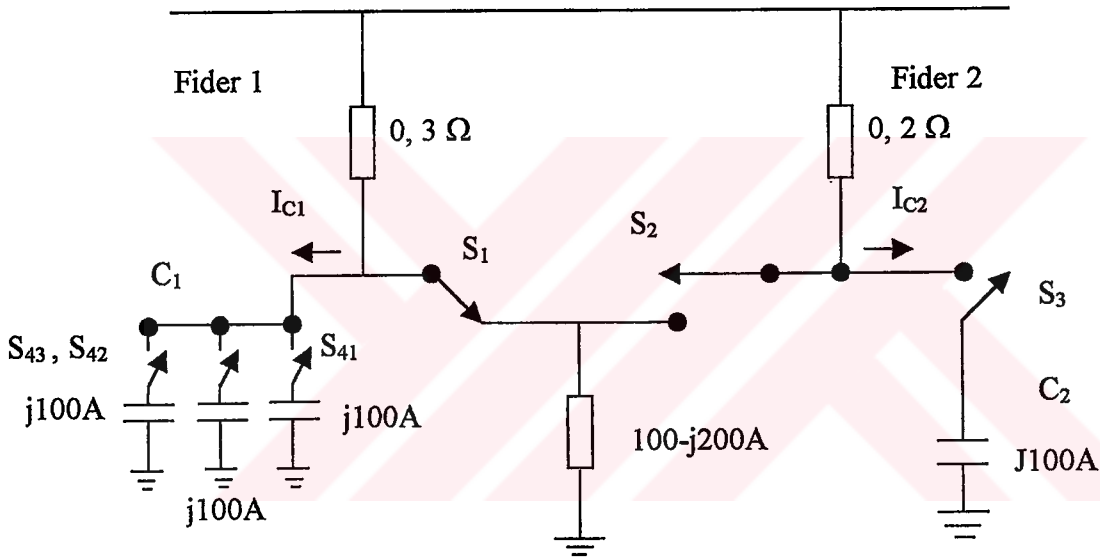
Dağıtım sistemlerinde fider düzenlemesi dışında geçerli kayıp azaltımı yöntemlerinden biri de reaktif güç kompanzasyonudur. Reaktif güç kompanzasyonu sayesinde elektrik dağıtım sisteminde güç kayıpları azaltılmasının yanında sistem gerilim profili de iyileştirilebilmektedir. Ele alınacak sisteme en uygun kapasitör grupları ayarlaması için anahtarlı kapasitör grupları kullanılmakta ve sistemin yüklenme durumuna göre devreye alınıp çıkarılmaktadır(Haque, 1999).

Su ve Lee (2001)' ye ait çalışmada elektrik dağıtım sistemlerinin fider düzenlemesi ve reaktif güç kompanzasyon gruplarının ayarlanması eşzamanlı şekilde değerlendirilerek "Simulated Annealing" metodu ile yük ve işletme koşullarında optimum kayıp azaltımı sağlanmaya çalışılmıştır.

İki fonksiyonun avantajlarının aynı anda görülebilmesi için Şekil(3. 19)'da verilen iki fiderli,dört kapasitör gruplu ve bir adet basit yüklü sisteme ait tek fazlı eşdeğer devre üzerinde uygulama yapılabilir. Söz konusu sistemde fider düzenlemesi için iki, kapasitör grubu ayarı için dört anahtar bulunmaktadır. S_1 ve S_2 anahtarları ile yükün hangi fiderden besleneceği, S_3 ile anahtar ile C_2 grubu ve S_{41} , S_{42} , S_{43} anahtarları ile de C_1 grubu kontrol edilmektedir. Sistem ilk hali Şekil (3. 19)'da olduğu gibi kabul edildiğinde S_1 kapalı ve diğer anahtarlar açık olacaktır. İlk durumda güç kaybı 15 kW'dır. Çizelge (3. 6)'da bu A durumu ile gösterilmiştir. Kapasitör grupları devreye alınmadan değerlendirilecek iki durumdan ilki A durumu, diğeri de S_2 'nin kapalı S_1 'in açık olduğu B durumudur ve bu durumda toplam güç kaybı 10 kW olarak ölçülür. Daha sonra ise iki fonksiyon birlikte değerlendirilerek kapasitör grupları sırayla ve uygun şekilde devreye alınır. Sonuçların gösterildiği Çizelge (3. 6)' dan da görüldüğü üzere iki fonksiyonun birlikte değerlendirilmesi ile güç kayıpları dah optimum şekilde azaltılabilmektedir. Aynı zamanda fazla miktarda ve hesapsız eklenen kapasitör gruplarının sisteme yüklediği kayıplar da dikkat çekicidir(F durumu).

Çizelge 3. 6 Şekil 3.19 ile verilen sistem ait kayıpları (O : Açık, C : Kapalı)

Durum	$I_{c1}(A)$	$I_{c2}(A)$	S1	S2	S3	S41	S42	S43	Kayıplar(kW)
A	0	0	C	O	O	O	O	O	15
B	0	0	O	C	O	O	O	O	10
C	0	J100	O	C	C	O	O	O	4
D	J100	0	C	O	O	C	O	O	6
E	J200	0	C	O	O	C	C	O	3
F	J300	0	C	O	O	C	C	C	6



Şekil 3. 19 Uygulama devresi

Matematiksel olarak hedef fonksiyonun ifadesi fonksiyonun minimize edilmesidir ve sistemin işletme koşulları her durumda sağlanmalıdır:

$$\min f = \min (P_{kayıp}) \quad (3. 94)$$

3.9.1 Basitleştirilmiş Güç Akış Formülasyonu

Su ve Lee (2001)'nin çalışmasında güç akış analizinin kompleks iterasyon işlemleri yerine basitleştirilmiş güç akış formülleri kullanılmıştır. İlgili her bara için belirlenmesi gereken dört büyüklük vardır: Aktif ve reaktif güçler, gerilim genliği ve faz açısı. Şekil(3. 20)'de gösterilen tek hat diyagramında sistem üç fazlı dengeli sistem olarak gösterilmiştir. Güç akışı için sırasıyla şu formüller kullanılır:

$$P_i = P_{i+1} + P_{L_{i+1}} + R_{i,i+1} \left[\frac{(P_i^2 + Q_i^2)}{|V_i|^2} \right] \quad (3.95)$$

$$Q_i = Q_{i+1} + Q_{L_{i+1}} + X_{i,i+1} \left[\frac{(P_i^2 + Q_i^2)}{|V_i|^2} \right] \quad (3.96)$$

$$|V_{i+1}|^2 = |V_i|^2 - 2(R_{i,i+1}P_i + X_{i,i+1}Q_i) + (R_{i,i+1}^2 + X_{i,i+1}^2) \frac{(P_i^2 + Q_i^2)}{|V_i|^2} \quad (3.97)$$

i ve i+1 düğümlerini birleştiren dala ait kayıplar:

$$P_{kay(i,i+1)} = R_{i,i+1} \left[\frac{(P_i^2 + Q_i^2)}{|V_i|^2} \right] \quad (3.98)$$

Fiderdeki toplam güç kayıpları:

$$P_{kaytop} = \sum_{i=0}^{n-1} P_{kay(i,i+1)} \quad (3.99)$$

3.9.2 Simulated Annealing (SA)

Uygun çözümün bulunması için simulated annealing üzerine kurulu optimizasyon tekniği kullanılmıştır. Termodinamik sistemlerde annealing; sıcak banyodaki katıların düşük enerjili halini elde etmek için uygulanan termal bir işlem olarak açıklanmıştır. Fiziksel annealing sistemi ile kombinasyonel optimizasyon probleminin arasındaki bağıntı şu eşitliklerle sağlanabilir:

- a) İncelenen problemdeki çözümler fiziksel sistem durumlarına eşittir.
- b) Çözümdeki güç kaybı sistemin enerjisine eşittir.

SA'nın algoritma basamakları şu şekilde açıklanabilir:

Adım 1 : İlk durum. İterasyon sayacı k'yı ayarla (k=0) ve kontrol parametresinin başlangıç değerini T_0 belirle. İlk araştırma için yüksek bir kabul olasılığına izin ver.

Adım 2 : Metropolis işlemi. Monte Carlo simülasyonuna dayalı bir işlemdir ve sistemle ilgili durum serileri yaratır. Küçük bir karışım uygulaması ile E_i enerjili i mevcut

durumu için daha sonraki durum E_j enerjisi ile j üretilir. $E_j - E_i$ enerji farkı eğer sıfır ya da daha küçükse j durumu kabul görür diğer durumda (3. 100) numaralı eşitlik ile verilen olasılık kabul oranı devreye girer.

$$P_c = \exp\left(\frac{E_i - E_j}{K_B T}\right) \quad (3. 100)$$

Bu adım kapsamında anlatılan kabul şartları Metropolis kriterleri olarak bilinmektedir.

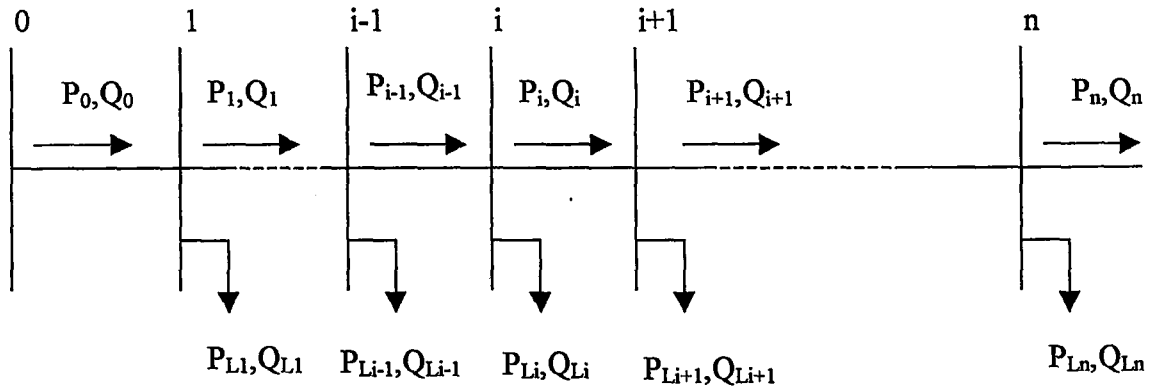
Adım 3 : Denge kriteri. Genel olarak ilk kabul oranının 1'e yakın olmasını sağlayacak şekilde ilk sıcaklık yüksek seçilmelidir. İlk kabul oranı daha sonra monolitik(çok hızlı) olarak azalır. Bu sırada metropolis işlemi birçok kez gerçekleştirilmeli ve kabul oranı kontrol edilmelidir. Kabul oranının 0,1'den küçük olması durumunda söz konusu sıcaklıkta denge kriteri yakalanmıştır hükmü verilebilir.

Adım 4 :Soğutma işlemi. Sıcaklık; T , (3.101) eşitliği ile azalır.

$$T_{i+1} = \alpha(T_i) \times T_i \quad i = 1,2,3,\dots \quad (3. 101)$$

$\alpha(T_i)$ sabit ya da T_i 'ye bağlı bir değişken olabilir.

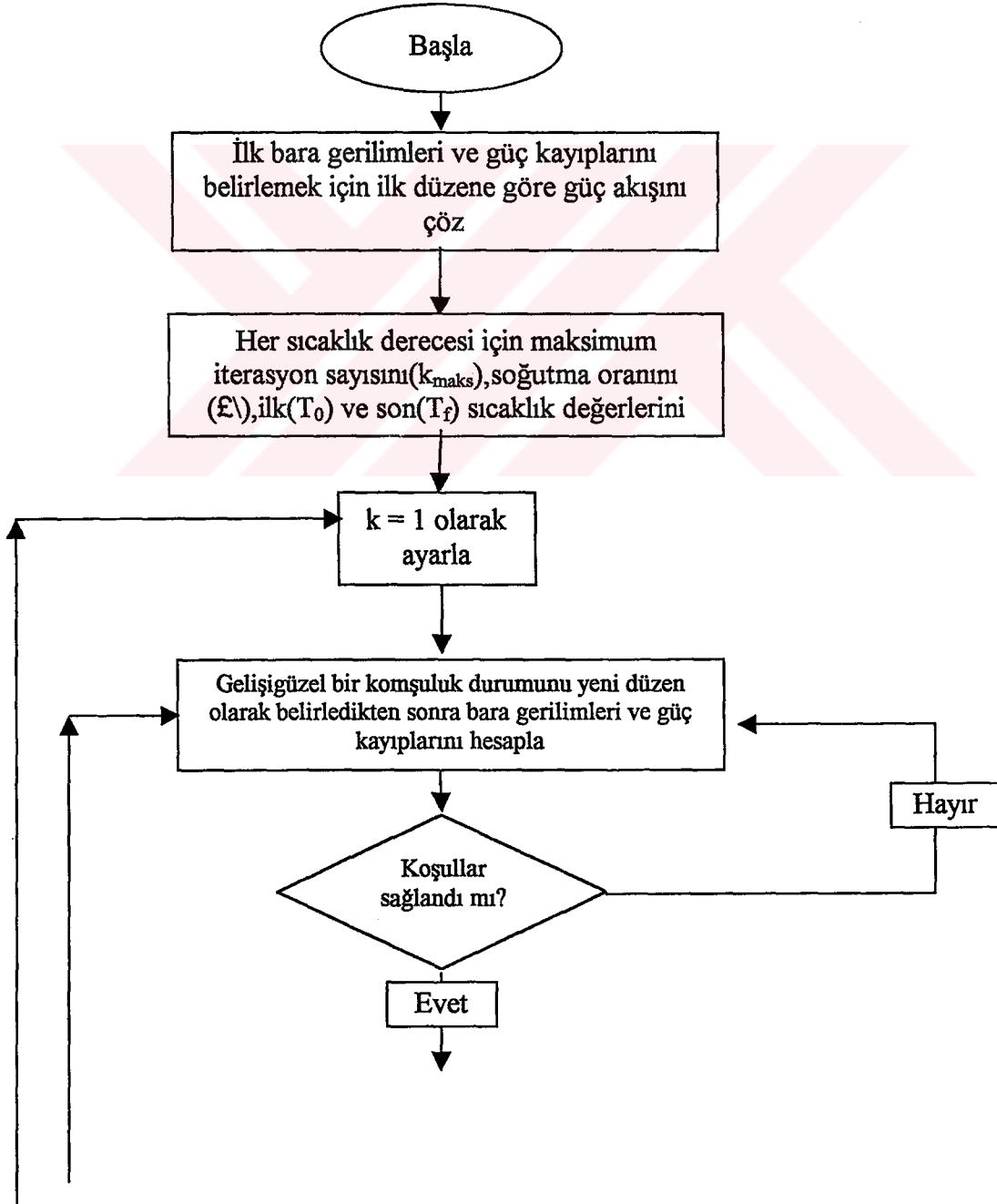
Adım 5 :Son noktada birleşme kriteri. Varılan durumda sistem enerjisi minimize edildiğinde algoritma son bulur ve çözüm elde edilir. Aksi halde $k = k + 1$ 'e ayarlanarak Adım 2'ye dönlür.

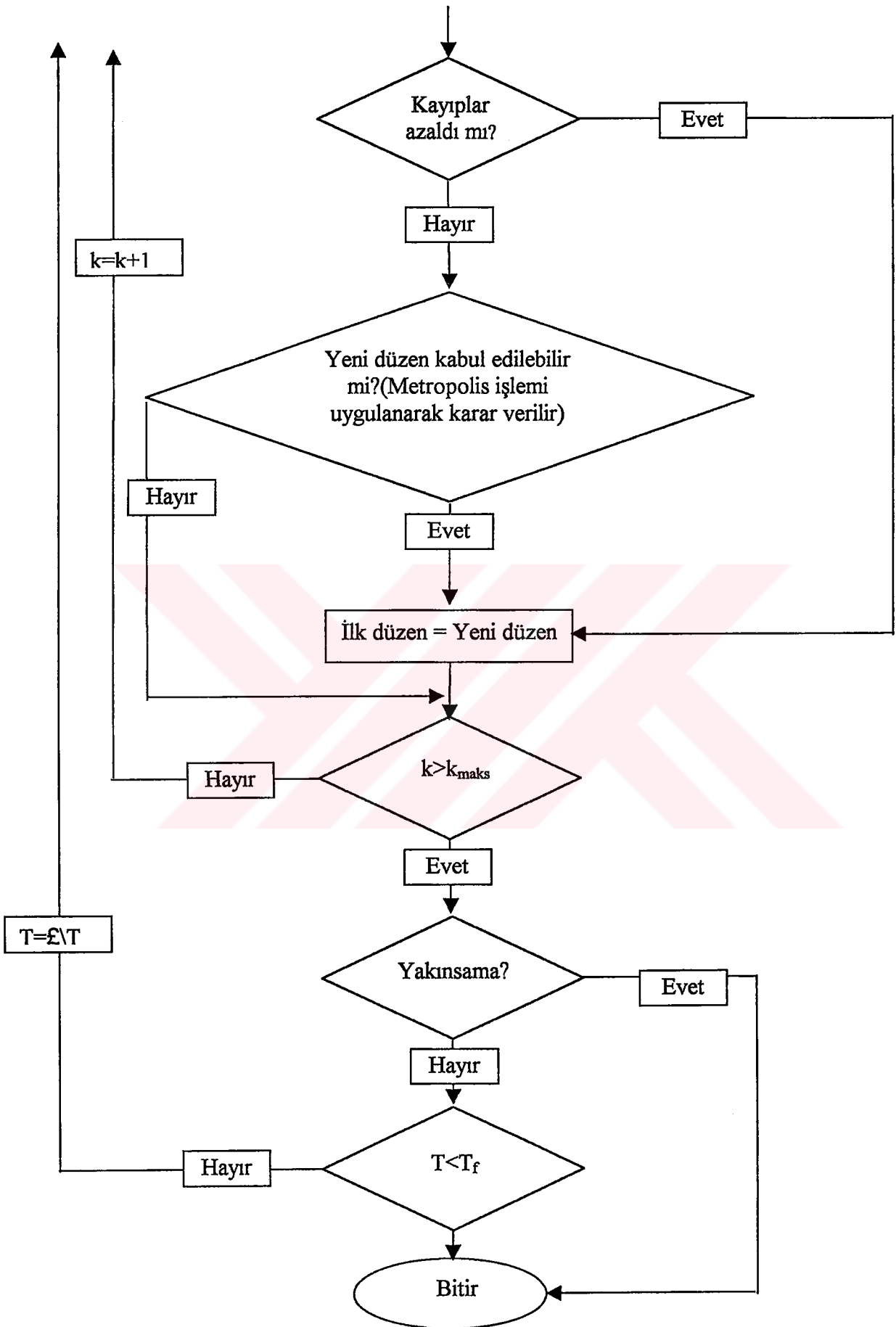


Şekil 3. 20 Ana bir fiderin tek hat diyagramı

3. 9. 3 Önerilen Metoda Ait Bilgisayar İşlemleri

Önerilen metodun bilgisayar işlemleri : Güç kaybı hesapları, bara gerilimleri belirlenmesi ve SA uygulamasıdır. Bilgisayar işlemleri sonucunda hedef fonksiyonu minimize eden anahtar seçeneği ve kapasitör ayarlaması bulunur. Çözüm işlemi sırasında sistem yapısındaki değişimlerden bağımsız olarak anahtar sayıları sabittir. En düşük kayıplı durumun belirlenmesinde parametreler anahtarların konumları ve kapasitör gruplarının anahtar ayarlarıdır. Ana bilgisayar işlemlerini gösteren çıkış diyagramı Şekil (3. 21)'de verilmiştir.





Şekil 3. 21 Ana bilgisayar işlemlerini gösteren akış diyagramı

4. YENİ METOTLARA AİT UYGULAMA VE KARŞILAŞTIRMALAR

Tez çalışmasının üçüncü bölümünde elektrik dağıtım sistemlerinde kayıp azaltımı hedefli fider düzenlemesi için 9 yeni yöntem detayları ile sunulmuştur. Bu bölümde ise söz konusu yeni yöntemlerin örnek sistemler üzerinde uygulamaları verilecek ve uygulamalar sonucunda elde edilen kayıp azaltımları karşılaştırılarak yöntemin uygulayıcılar açısından avantaj ve dezavantajları yorumlanacaktır.

4.1 Referans Sistem Verileri ve Sonuçları

Yeni yöntemlerin performans ve sonuçlarının değerlendirilebilmesi için öncelikli olarak referans değerler ya da sistemler seçilmelidir. Bu amaçla kayıp azaltımlı fider düzenlemesi probleminde temel çalışmalar olarak kabul edilen Civanlar vd., (1988) ile Baran ve Wu (1989) seçilmiştir.

Civanlar vd., (1988) ile sunulan üç fiderli sisteme(Şekil 2.1) ait uygulamada kullanılacak veriler Çizelge (4. 1), Baran ve Wu (1989) ile verilen 33 baralı örnek sisteme ait veriler Çizelge (4. 2) ile verilmiştir..

Çizelge 4. 1 Civanlar vd., (1988) ile sunulan üç fiderli sisteme ait veriler
(Baz değerler: 100MVA, 23 kV)

Bara	Direnç değeri (pu)	Reaktans değeri (pu)	P(MW) (Son Bara)	Q(MVAR) (Son Bara)	Cap. (Son Bara)
1-4	0,075	0,10	2,0	1,6	-
4-5	0,080	0,11	3,0	1,5	1,1
4-6	0,090	0,18	2,0	0,8	1,2
6-7	0,040	0,04	1,5	1,2	-
2-8	0,110	0,11	4,0	2,7	-
8-9	0,080	0,11	5,0	3,0	1,2
8-10	0,110	0,11	1,0	0,9	-
9-11	0,110	0,11	0,6	0,1	0,6
9-12	0,080	0,11	4,5	2,0	3,7
3-13	0,110	0,11	1,0	0,9	-
13-14	0,090	0,12	1,0	0,7	1,8
13-15	0,080	0,11	1,0	0,9	-
15-16	0,040	0,04	2,1	1,0	1,8
5-11	0,040	0,04	-	-	-
10-14	0,040	0,04	-	-	-
7-16	0,090	0,12	-	-	-

Çizelge 4. 2 Baran ve Wu (1989) ile sunulan sisteme ait veriler

Bara	Direnç değeri (Ω)	Reaktans değeri (Ω)	P(kW) (Son Bara)	Q(kVAR) (Son Bara)
0-1	0,0922	0,0470	100	60
1-2	0,4930	0,2511	90	40
2-3	0,3660	0,1864	120	80
3-4	0,3811	0,1941	60	30
4-5	0,8190	0,7070	60	20
5-6	0,1872	0,6188	200	100
6-7	1,7114	1,2351	200	100
7-8	1,0300	0,7400	60	20
8-9	1,0440	0,7400	60	20
9-10	0,1966	0,0650	45	30
10-11	0,3744	0,1238	60	35
11-12	1,4680	1,1550	60	35
12-13	0,5416	0,7129	120	80
13-14	0,5910	0,5260	60	10
14-15	0,7463	0,5450	60	20
15-16	1,2890	1,7210	60	20
16-17	0,7320	0,5740	90	40
1-18	0,1640	0,1565	90	40
18-19	1,5042	1,3554	90	40
19-20	0,4095	0,4784	90	40
20-21	0,7089	0,9373	90	40
2-22	0,4512	0,3083	90	50
22-23	0,8980	0,7091	420	200
23-24	0,8960	0,7011	420	200
5-25	0,2030	0,1034	60	25
25-26	0,2842	0,1447	60	25
26-27	1,0590	0,9337	60	20
27-28	0,8042	0,7006	120	70
28-29	0,5075	0,2585	200	600
29-30	0,9744	0,9630	150	70
30-31	0,3105	0,3619	210	100
31-32	0,3410	0,5302	60	40
20-7	2,0000	2,0000	-	-
8-14	2,0000	2,0000	-	-
11-21	2,0000	2,0000	-	-
17-32	0,5000	0,5000	-	-
24-28	0,5000	0,5000	-	-

Civanlar vd., (1988) verdiği örnek sistem üzerinde yaptığı uygulamada önerdiği metodu kullanarak sistemde (S15, S19) ve (S21, S17) anahtar değişimlerini değişimi yapmış ve kayıplarda %8,82 azaltım elde etmiştir.

Baran ve Wu (1989)'nun kendi sistemindeki çözümü iki metot ile bulunmuş olup ilkinde; (S33, S6), (S35, S11), (S36, S31), (S37, S28), (S6, S33) değişimleri ile %30,73, ikincisinde ise (S33, S6), (S35, S11), (S36, S31) değişimleri ile %29,01 kayıp azaltımı sağlamıştır.

4.2 Yeni Metotlara Ait Sonuçlar

Lin ve Chin (1997); önerdikleri yöntemi Civanlar vd., (1988) tarafından verilen örnek sistem üzerinde uygulamışlar; tüm anahtarların kapatılması ile elde edilen gözlü şebekede gerilim indeksi, ohmik indeks ve karar indekslerini ($\mu_{\tilde{V}}$, $\mu_{\tilde{L}}$ ve $\mu_{\tilde{D}}$) elde ederek sistem düzenlemesi için kalıcı olarak konum değiştirecek anahtarları belirlemişlerdir.

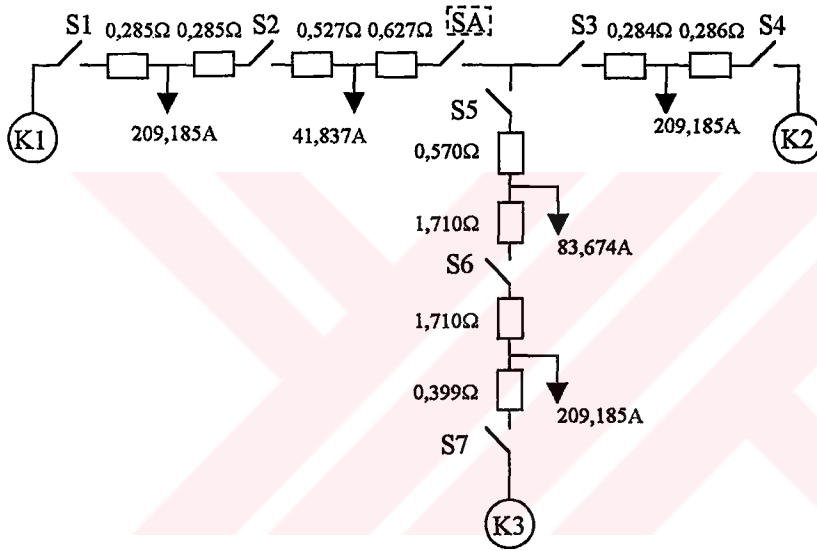
Çizelge 4. 3 Lin ve Chin (1997) indeks değerleri

Göz1	$\mu_{\tilde{V}}$	$\mu_{\tilde{L}}$	$\mu_{\tilde{D}}$	Göz3	$\mu_{\tilde{V}}$	$\mu_{\tilde{L}}$	$\mu_{\tilde{D}}$
S11	0,39753	0,71479	0,28416	S12	0,64733	0,85964	0,55647
S12	0,93953	0,90409	0,84942	S13	1	0,92522	0,92522
S15	0,99702	0,74718	0,74495	S14	0,99384	0,86440	0,85907
S19	0,97931	0,89944	0,88083	S15	0,97941	0,64585	0,63256
S18	0,79692	0,73899	0,58891	S17	0,99359	0,76723	0,76232
S16	0,20357	0,72764	0,14813	S18	0,29202	0,70264	0,20518
Göz2	-	-	-	S19	0,78434	0,76724	0,60177
S16	0,12376	0,68281	0,08450	S21	0,97568	0,64585	0,63015
S17	0,99927	0,88057	0,87994	S23	0,35179	0,85964	0,30241
S21	0,99722	0,70487	0,70291	S24	0,63867	0,86944	0,55529
S24	0,91905	0,89412	0,82174	S25	0,99824	0,86439	0,86287
S22	0,52372	0,68281	0,35760	S26	0,99992	0,95444	0,95437

Çizelge (4. 3)'de (3. 6) eşitliği ile elde edilen karar indeksleri verilmiş olup; maksimumlar seçilir ve ilgili anahtar açılır. S19, S17 ve S26 ilgili gözlerde maksimum karar indeksine sahip anahtarlardır. S26 bağ anahtarı olduğu için sistemin ilk düzeninde de açıktır ve bu yüzden konumu değişim göstermez.

Diğer iki anahtarlama işlemi ise (S15, S19) ve (S21, S17) olarak bulunur ki bu Civanlar vd., (1988) tarafından elde edilen sonuç ile aynıdır. Lin ve Chin (1997); elde ettikleri uygulama sonuçları ile yöntemlerinin etkinlik ve güvenilirliğini göstererek yöntemin hem planlama hem de işletmede uygulanabilirliğine dikkat çekmişlerdir. Hata sonrası uygulama sonuçları da sistem işletmenleri açısından başarılıdır.

McDermott vd., (1999) tarafından önerilen düzenleme algoritması özellikle geri dönüş adımının etkinliğini de gösterebilmek amacıyla seri hatların dirence, yüklerin sabit akımlara indirildiği sistem üzerinde uygulanmıştır.



Şekil 4. 1 McDermott vd., (1999) uygulaması için sabit akım ve direnç değerli devre

Şekil (4. 1) ile verilen devrede (SA) yeni önerilecek anahtar konumu olup ilk algoritma çözümünde değerlendirilmeyecektir. Sistem gerilimi 13,8 kV olup hesaplamalarda (3. 8) no'lu eşitlik ve fayda göstergesi kullanılacaktır. Temel durum olarak S3 ve S5 anahtarlarının açık diğerlerinin kapalı olduğu durum alınırsa kayıplar faz başına 90,14 kW olarak bulunur. Tüm anahtarların kapalı olduğu halde ise kayıplar faz başına 66,36 kW dır.

McDermott vd., (1999) tarafından önerilen düzenleme algoritmasının sisteme uygulanması:

Adım 1- Tüm anahtarlar açık.

Aday anahtarlar S1, S4 ve S7.

S1: Kayıp = $0,285 \cdot 209,185 \cdot 209,185 = 12471,13 \text{ W}$.

$$\text{Yük} = 209,185 \text{ A.}$$

$$\text{Fayda Göstergesi} = \frac{12471,13}{209,185} = 59,62$$

$$\text{S4: Kayıp} = 0,286 * 209,185 * 209,185 = 12514,89 \text{ W.}$$

$$\text{Yük} = 209,185 \text{ A.}$$

$$\text{Fayda Göstergesi} = \frac{12514,89}{209,185} = 59,83$$

$$\text{S7: Kayıp} = 0,399 * 209,185 * 209,185 = 17459,59 \text{ W.}$$

$$\text{Yük} = 209,185 \text{ A.}$$

$$\text{Fayda Göstergesi} = \frac{17459,59}{209,185} = 83,46$$

S1 en düşük fayda göstergesine sahiptir. S1'i kapat. Adımda toplam 3 yük akış hesabı yapıldı.

Adım 2-S1 kapalı.

Aday anahtarlar S2, S4 ve S7.

$$\begin{aligned} \text{S2: Kayıp} &= 0,285 * (209,185 + 41,837)^2 + (0,285 + 0,527) * (41,837)^2 - 12471,13 \\ &= 19379,70 - 12471,13 = 6908,57 \text{ W.} \end{aligned}$$

$$\text{Yük} = 41,837 \text{ A.}$$

$$\text{Fayda Göstergesi} = \frac{6908,57}{41,837} = 165,13$$

$$\text{S4: Fayda Göstergesi} = 59,83 \text{ (Adım 1)}$$

$$\text{S7: Fayda Göstergesi} = 83,46 \text{ (Adım 1)}$$

S4 en düşük fayda göstergesine sahiptir. S4'ü kapat. Adımda toplam 1 yük akış hesabı yapıldı.

Adım 3-S1 ve S4 kapalı.

Aday anahtarlar S2, S3 ve S7.

$$\text{S2: Fayda Göstergesi} = 165,13 \text{ (Adım 2)}$$

$$\begin{aligned} \text{S3: Kayıp} &= 0,286 * (209,185 + 41,837)^2 + (0,284 + 0,627) * (41,837)^2 - 12514,89 \\ &= 19616,00 - 12514,89 = 7101,11 \text{ W.} \end{aligned}$$

$$\text{Yük} = 41,837 \text{ A.}$$

$$\text{Fayda Göstergesi} = \frac{7101,11}{41,837} = 169,73$$

S7: Fayda Göstergesi = 83,46 (Adım 1)

S7 en düşük fayda göstergesine sahiptir. S7'yi kapat. Adımda toplam 1 yük akış hesabı yapıldı.

Adım 4-S1, S4 ve S7 kapalı.

Aday anahtarlar S2, S3 ve S6.

S2: Fayda Göstergesi = 165,13 (Adım 2)

S3: Fayda Göstergesi = 169,73 (Adım 3)

S6: Kayıp = $0,399*(209,185+83,674)^2+(1,71+1,71)*(83,674)^2-17459,59$
 $= 58165,37-17459,59 = 40705,78 \text{ W.}$

Yük = 83,674 A. Fayda Göstergesi = $\frac{40705,78}{83,674} = 486,48$

S2 en düşük fayda göstergesine sahiptir. S2'yi kapat. Adımda toplam 1 yük akış hesabı yapıldı. S2'nin kapatılması S3'ün her iki ucunda da gerilim oluşturduğu için daha sonraki adımlarda S3 kapatılmayacaktır. S2 ve S3 arasındaki bu durum sistem bilgilerine kayıt edilir.

Adım 5-S1, S2, S4 ve S7 kapalı.

Aday anahtarlar S5 ve S6.

S5: Kayıp = $0,285*(209,185+41,837+83,674)^2+(0,285+0,527)*(41,837+83,674)^2+$
 $(0,627+0,570)*(83,674)^2-19379,70$
 $= 53098,15-19379,70 = 33718,45 \text{ W}$

Yük = 83,674 A. Fayda Göstergesi = $\frac{33718,45}{83,674} = 402,97$

S6: Fayda Göstergesi = 486,48 (Adım 4)

S5 en düşük fayda göstergesine sahiptir. S5'i kapat. Adımda toplam 1 yük akış hesabı yapıldı.

Tüm adımlarda toplam 7 adet yük akış hesabı yapıldı fakat hiçbirinde tüm sistem çözümüne gerek duyulmadı.

McDermott vd., (1999) tarafından önerilen düzenleme algoritmasının sisteme uygulanması sonucunda elde edilen düzende faz başına toplam kayıp 83,07 kW'dır. 4.Adımda S2'nin kapatılması ile S3'ün her iki düğümünde de gerilim oluşturulmuş ve daha sonraki adımlarda kapatılması engellenmiştir. S5'in fider yolu üzerinde bulunan S2 yerine alternatifi S3'ün kapatılması sonucunda sistem kayıpları 83,07 kW.'den 71.53 kW.'a düşecektir. 4.adımda 41.837 A.'lik yüke daha yakın olan S2 tercih edilmiştir fakat bir sonraki adımda 83.674 A.'lik yükün beslenmesi söz konusudur ve bu yüke S3 elektriksel olarak daha yakındır. (DAOP) algoritması 4.adımda 41.837 A.'lik yükü değerlendirerek yanlış bir karar vermiş ve S2'yi erken kapatmıştır.

Geri dönüş algoritması sonucunda bu durum fark edilerek S2 ve S3 arasında SA'nın kurulmasının faydalı olacağı belirlenmiştir. SA ve S6'nın açık kalması ile faz başına kayıplar 67.42 kW olarak elde edilir. Uygulamadan görüldüğü üzere yöntemin en önemli özelliği geri dönüş bilgi birikimine sahip olması dezavantajı ise fazla sayıda yük akış hesabı içermesidir.

Kashem vd., (2000) tarafından önerilen düzenleme yöntemi; Baran ve Wu (1989) tarafından önerilen sistem üzerinde uygulanacaktır. Çözümüne ait algoritmanın uygulanması ile önerilen metod sonucunda araştırma adımlarındaki anahtarlama işlemleri ve kayıp değişimi Çizelge (4. 4)'de verilmiştir. Toplam elde edilen kayıp azaltımı % 34,94'dir ki Baran ve Wu (1989)'un elde ettiği maksimum kayıp azaltımı % 30,73 idi.

Çizelge 4. 4 Kashem vd., (2000) düzenleme yöntemi sonuçları

Araştırma Adımı	Anahtarlama İşlemi	İlk Kayıplardan Elde Edilen %Azalım
1	35-9	23,69
2	37-28	3,73
3	34-14	0,41
4	33-6	2,66
5	28-37	2,64
6	36-32	1,55

Elektrik dağıtım sistemlerinde kayıp azaltımı için Kashem vd., (2001) tarafından sunulan geometrik yaklaşım ise 69 baralı sistem üzerinde Baran ve Wu (1989) metodu ile eşzamanlı uygulanmıştır. İki metotta da aynı sonuç elde edilmesine rağmen Baran ve Wu (1989) metodunda çözüm için 5 adımda 26 yük akışı çözümlenirken Kashem vd., (2001) metodunda 5 adımda 5 yük akışı çözümlenerek uygun düzen elde edilebilmiş ve çok daha az bilgisayar vakti kullanılmıştır.

Fider düzenlemesi için yenilenmiş genetik algoritma (YGA) sunan Lin vd., (2000)'ye ait algoritma uygulaması Baran ve Wu (1989) ile verilen 32 baralı örnek sistem(Çizelge 4.2) üzerinde yapılmıştır. Sonuç olarak elde edilen anahtarlama işlemleri: (33,7), (34,14), (35,9), (36,32) dir. Baran ve Wu (1989) ile ulaşılan düzenden farklı bu düzende kayıplar % 31,14 azaltılmış ve komplike matematiksel hesaplara gerek kalmamıştır. YGA sayesinde önerilen metot iyi bir performans yanında az sayıda anahtarlama işlemini garanti edebilmekte ve GA'ya göre üstünlükler sağlamaktadır.

Song vd., (1997) tarafından önerilen bulanık mantık kontrollü gelişimsel programlama metodu Civanlar vd., (1988) tarafından verilen üç fiderli sisteme(Şekil 2.1) uygulanmıştır. Bulanık mantık kontrollü (GP) içinde kullanılacak parametreler şu şekildedir: Populasyon sayısı= 100, kromozom uzunluğu= 16, ilk değişim oranı= 0,1 ve beklenen jenerasyon sayısı= 100. Üç jenerasyon sonucunda Civanlar vd., (1988) ile aynı sonuçlar yakalanmıştır. Tipik örnek üzerinde yakalanan ve elde edilen deneyim doğrultusunda gerçek sistemlere bulanık mantık kontrollü (GP) uygulamaları yapılabileceği değerlendirilmektedir.

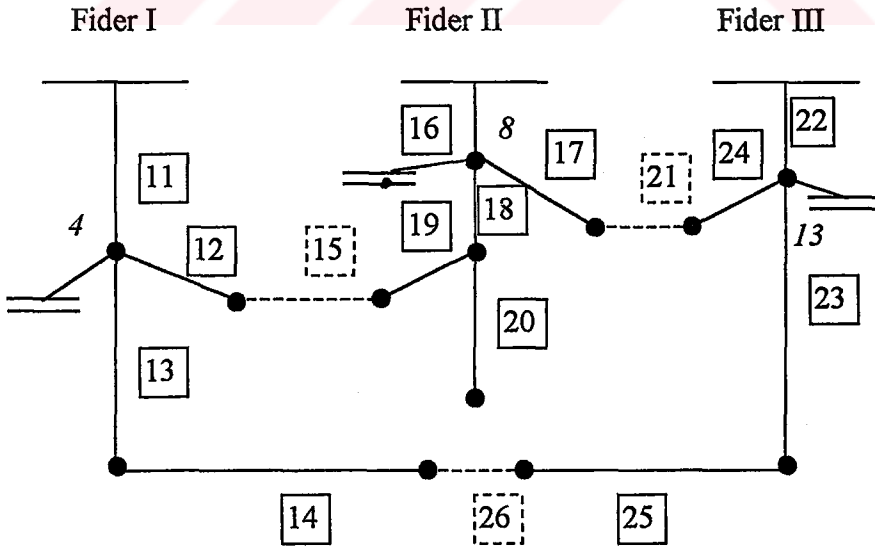
Hsiao ve Chien (2001) ile sunulan bulanık mantık esaslı metot ise Tayvan-Güç Şirketine ait gerçek dağıtım sistemi üzerinde uygulanmıştır. Söz konusu sistem 2 transformatör, 10 fider, 102 dal, 13 bağ anahtarı, 102 bara ve 204 anahtar içermektedir. Metodun etkinliğinin görülebilmesi için sistem üç yük seviyesi ile donatılmıştır. Metodun uygulanması ve yeni düzenin elde edilmesi ile her yük düzeyinde yaklaşık % 50 kayıp azaltımı, güç kalitesinin iyileştirilmesi ve sistem güvenliğinde gelişme kaydedilmiştir. Bu uygulama ile metodun gerçek sistemlere hızlı ve etkin şekilde uygulanabileceği görülmüştür.

Kashem vd., (1998)'in YSA uygulaması için Civanlar vd., (1988) tarafından sunulan örnek sistem(Şekil 2. 1) seçilmiştir. Yükler üç bölümde değerlendirilecektir: Beşeri (R), ticari (C), endüstriyel (I). Her yük barasındaki pik yükler de yük profilindeki değişik talepleri gösterecek şekilde 7 seviyeye bölünecektir : % 40, % 50, % 60, % 70, % 80, % 90, % 100. Üç yük grubu için; yük seviyelerinin toplam kombinasyon sayısı: $7^3 = 343$. Bu durumda öğrenim kümesi yapıcısı tarafından 343 giriş çıkış kümesi (ya da öğrenim kümesi) geliştirilir. 343 Yük kombinasyonu için 343 sistem topolojisi simülasyonlardan elde edilir. Simülasyonlar sonucunda toplam 4 bölgesel anahtar kayıp azaltımı için konum değiştirecek dinamik anahtarlar olarak belirlenir. Bu anahtarlar; S14, S19, S24, S25'dir ve bağ anahtarları ile beraber yük profilindeki farklı durumlar için değişimleri Çizelge (4. 5)'de görülmektedir. Diğer bölgesel anahtarlar kayıp azaltımı için konum değiştirmeyecek yani statik kalacaktır. 9 statik bölgesel anahtar, 4 dinamik bölgesel anahtar, 3 bağ anahtarı.

Çizelge 4. 5 Kashem vd., (1998) sistem anahtar durumları

	S11	S12	S13	S14	S15*	S16	S17	S18	S19	S20	S21*	S22	S23	S24	S25	S26*
1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0
4	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0
6	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
7	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1

Su ve Lee (2001) uygulama için yine Civanlar vd., (1988) tarafından sunulan 3 fiderli, 13 bölgesel anahtarlı, 3 bağ anahtarlı sistemi kullanılmıştır (Şekil 2. 1). İlk durumda sadece fider düzenlemesi, ikinci durumda sadece kapasitör eklemesi, üçüncü durumda önce kapasitör eklemesi daha sonra fider düzenlemesi, dördüncü durumda ise iki fonksiyon eşzamanlı ele alınarak işlem yapılmıştır. Şekil (4. 2)'de söz konusu sisteme kapasitör grupları eklenerek oluşturulan sistem görülmektedir.



Şekil 4. 2 Civanlar vd., (1988) tarafından sunulan 3 baralı, 3 bağ anahtarlı, 13 bölgesel anahtarlı sistemin anahtarlı kapasitör grupları eklemesi ile yeniden düzenlenmesi

Çizelge (4. 6) bilgisayar işlemleri sonucunda alınan veriler olup en etkin kayıp azaltımının eşzamanlı uygulamada elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 4. 6 Su ve Lee (2001) uygulaması sonucunda elde edilen veriler

	İlk Durum	Durum 1	Durum 2	Durum 3	Durum 4
Konum Değiştiren Anahtarlar	-	(15,19) (21,17)	-	(15,19) (21,17)	(15,19) (21,17)
Maksimum Bara Gerilimi	1	1	1	1	1
Minimum Bara Gerilimi	0,9693	0,9716	0,9713	0,9736	0,9736
<i>Eklenen Kapasitör Grubu</i>					
Bara 4	-	-	1800	1800	1800
Bara 8	-	-	1800	1800	1800
Bara 13	-	-	0	0	900
Toplam Güç Kaybı (MW)	0,5111	0,4660	0,4938	0,4521	0,4513
Güç Kaybı Azaltımı(%)	-	8,82	3,38	11,54	11,70
CPU Zamanı	-	7,5	7,7	14,9	12,4

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Yeni yöntemlere ait değerlendirmelerin yapılabilmesi için yöntemlerin değerlendirme kriterleri belirlenmelidir. Fider düzenleme problemine yaklaşım ve problemi çözüm sınıflandırması içinde her yöntem kendi sınıfındaki temel çalışmalara yeni adımlar katmış ya da yöntemde alternatif kısmi değişiklikler önermiştir. Değerlendirmelerin sadece kayıp azaltım yüzdelerine göre yapılması sağlıklı bir değerlendirme sağlamayacağı için fider düzenleme yöntemlerinin değerlendirilmesinde şu kriterler kullanılabilir:

- a) Toplam anahtarlama işlem sayısı
- b) İşlem sonlandırma süresi
- c) Pratik sistemlere uygulanabilirlik
- d) Güvenilirlik

Toplam anahtarlama işleminin artması pratik sistem üzerinde fazla işlem yapılması demektir ki sisteme ait diğer koşulların bozulma yüzdesi anahtarlama işlemlerinin artması ile doğru orantılı olarak artar. İşlem sonlandırma süresinin kısa olması sayısız anahtarlı büyük pratik sistemlerde söz konusu yöntemin sonuç verebilmesini sağlar. Örnek uygulama sistemleri üzerinde sonuç vermesine rağmen pratik sistemlere uygulanamayacak kadar yavaş yöntemlerin geliştirilme gereksinimi kaçınılmazdır. Güvenilirlik aşaması örnek sistemlerde imkan dahilinde yapılabilen karşılaştırma ve çabuk sonuç alma seçeneğinin pratik sistem uygulamalarında olmayışı sebebiyle ortaya çıkar. Pratik sisteme uygulanacak yöntemin optimum sonucu elde etmede herhangi bir tereddütü olmamalıdır.

Lin ve Chin (1997) ile önerilen heuristik kurallar ve optimizasyon tekniği kullanan yeni algoritma uygulama örneği üzerinde sınıfındaki temel çalışma ile aynı sonuçları anahtarlama indekslerini tanımlayarak yakalamış ve yöntemin minimum anahtarlama işlemi ile etkinliğini ispatlamıştır. Elde edilen indeksler aynı zamanda sistem güvenliği ve arıza sonrası yalıtım için de kullanılabilecek olup hesap yükünde belli miktarda azalma sağlanmıştır.

McDermott vd., (1999) ile önerilen heuristik yeniden yapılandırma algoritmasında kontrol mekanizmasının etkinliği dikkat çekicidir. Basit örnek sistem üzerinde yapılan uygulamada yöntemin bu özelliği kolayca görülebilmıştır. Yöntem; sistemde karşılıklı anahtar konum değişimi yerine sıfırdan başlayarak sistemi yeniden yapılandırması ile diğer yöntemlerden ayrılmaktadır. Geri dönüş algoritması desteğindeki yeniden yapılandırma yaklaşımı ile yerel minimumlar engellendiği gibi aynı zamanda işlem görmesi düşünülmeyen anahtarlarda da

kayıp azaltımı elde edebilmektedir. Diğer algoritmalarından farklı olarak düzenleme işlemi sırasında koşullar nedeniyle önemli bir adayın kapanması engellendiğinde o bölgede başka bir düzenleme yapılması gerekliliği kullanıcıya raporlanmaktadır. Sistemde yapılan yük akışlarının çoğu sistemin belli bir bölümü içinde gerçekleştirilmektedir. Sistemin tümü için daha az sayıda olsa bile yük akış hesabı uygulayan temel yöntemlerle karşılaştırıldığında hesap vakti ve yükü olarak dengeyi sağlayabilmiştir. Algoritma kapsamında detaylı fider modellemesi ve yük akış çözümleri ile sistem koşulları, kompanzasyon grup kontrolleri ve hat gerilim regülatörleri için geçerli tanım ve modellemeler kullanılabilir. 3 fiderli ve koşulsuz sistemde optimumu yakalamasına rağmen kullanılan DAOP'a dayalı algoritmanın pratik sistemlere uygulanabilmesi için geliştirilmesi gerekmektedir.

Kashem vd., (2000) sunduğu geliştirilmiş heuristik algoritmayla belirlenen anahtarlama işleminin sistem kayıplarındaki etkisini bulan formülün geçerliliğini 33 baralı Baran ve Wu (1989) referans sistemi üzerinde göstermiştir. Uygulama sonucunda söz konusu sistemde belirgin kayıp azaltımı ve gerilim profilinde gelişme sağlanmıştır. Baran ve Wu, (1989) tarafından aynı örnek sistem üzerinde kayıplarda daha fazla azalma sağlayabilen farklı bir düzen önerilmiş ve sonuçlara daha az hesap vakti ile ulaşılmıştır. Yöntemin sağladığı en önemli avantaj her anahtarlama işlemi için yük akış hesaplamasının yapılmasına gerek olmayışıdır. Formülün geçerliliği için sistem geriliminin karalılık sınırları içinde kalması en önemli koşuldur.

Fider düzenlemesi için geometrik yaklaşım algoritması sunan Kashem vd., (2001) modifiye sıfır kayıp-değişim daireleri kullanılarak maksimum kayıp azaltımı sağlanabileceğini savunmuştur. Bu yöntemle tüm sistemi incelemekten 69 baralı sistemde Baran ve Wu (1989)'ya göre daha az hesap vaktiyle aynı sonuçlar elde edilebilmiştir. Yöntem sayesinde her inceleme adımında yapılması gereken yük akış işlemleri sayısı düşürülerek hesap vakti azaltılmış böylece yöntemin daha büyük ölçekli sistemler üzerinde uygulanabilirliği ispatlanmıştır. Önerilen metodun iki uygulama yöntemi olması da başka bir avantajdır: Dairelerin yarıçaplarının ölçülerek karşılaştırılması ile sonucun bulunması yanında her dairenin çizilmesi, üst üste bindirilerek grafiksel olarak karşılaştırılmaları da sonuca ulaşmak için uygulanabilir.

Fider düzenlemesi için genetik algoritmanın(GA) belli kriterlere göre değişim göstermiş hali olan yenilenmiş genetik algoritmayı (YGA) sunan Lin vd., (2000)'ye ait algoritma uygulaması Baran ve Wu (1989) ile verilen 33 baralı örnek sistem üzerinde yapılmıştır. Önerilen algoritma az sayıda anahtarlama işlemi sonucunda tatmin edici sonucu garanti

edebilmektedir. (YGA) basit genetik algoritmaya iki şekilde üstünlük sağlamıştır; ilk olarak tabu listesi ile özellikle büyük ölçekli sistemlerde söz konusu olan gereksiz anahtarlama işlemleri engellenebilmekte, ikinci olarak değişim ve mutasyon arasındaki gerçekleşme oranı uygun şekilde ayarlanabilmektedir. YGA tanımlanan özellikleri ile güç sistemlerinin her kademesinde planlama ve işletme için kullanım potansiyeline sahiptir.

Song vd., (1997) tarafından kayıp azaltımı için önerilen etkinleştirilmiş bulanık mantık kontrollü gelişimsel programlama Civanlar vd., (1988) referans sistemi üzerinde uygulanmıştır. İşlem zamanını koşullar dahilinde azaltabilmek için; bulanık mantıklı değişim kontrolörü, bağ tablosu, uygunluk göstergesi ve ceza çarpanları kullanılmıştır. Kullanılan bu ceza çarpanları ile eşitlik ya da eşitsizlik koşulları dayanım fonksiyonuna ait formüle sokularak sonucun uygunluğunda gelişme sağlanabilmektedir. Anahtar konumları gösterimi için kullanılan ikili dizi uzunluğunda kısalma sağlanabilmiş fakat elde edilen sonuçların pratik sistemlerde uygulanabilirliği kesinleştirilememiştir.

Hsiao ve Chien (2001) ile sunulan çok hedef fonksiyon bulanık mantık esaslı metot Tayvan-Güç Şirketine ait gerçek bir dağıtım sistemi üzerinde uygulanmıştır. Bu uygulama sonucunda söz konusu yöntem:

- a) Hedef fonksiyonun değişimli ya da devamlı olmasını gerektirmemesi ile daha gerçekçi problem modellemesi sağlamıştır.
- b) Büyük araştırma alanı ile uygulama sistemi üzerinde optimum düzeni etkin şekilde bulabilmiştir.
- c) İşlem süresi ile on-line sistem uygulamaları için uygunluğunu göstermiştir.

Elde edilen düzende kayıp azaltımı istenen seviyede sağlanmıştır. Fonksiyon dahilinde bulunan diğer hedeflerde de istenen değerlerin yakalanabilmesi sonucunda genel bir çözüm sağlanabilmiştir. Hedef fonksiyonların hepsinin minimum olmasa bile elde edilebilecek ortak minimum düzende sistem kayıpları azalmış, güç kalitesinin iyileştirilmiş ve sistem güvenliğinde gelişme kaydedilmiştir.

Yapay sinir ağları (YSA) uygulaması ile kayıp azaltımı sunan Kashem vd., (1998); Civanlar vd., (1988) tarafından sunulan örnek sistemi uygulama için seçmiştir. Yapılan uygulama sonucunda :

- a) YSA girişine kaskad bağlı hesap bloğunun eklenmesi ile gerçek yükler yük baralarında yaklaşık yüklerle 7 yük seviyesinde indirgenmiş böylece incelenen sistem büyüklüğünün YSA sayısını etkilememesi sağlanmıştır.
- b) Simülasyonlar sonucu bulunan 4 adet YSA ile 7 durum incelenebilmiş ve YSA sayısı azaltılmıştır. YSA sayısı sistemdeki dinamik anahtar sayısına eşitlenmiştir.
- c) Sistem işletmenlerinin sistemin tümü yerine sadece dinamik anahtarlar hakkında bilgi sahibi olması yeterlidir.
- d) YSA uygulaması ile elde edilen sonuçların geçerli ve etkin olması gerçek zaman uygulamaları için uygunluk sağlar.

Sonuç olarak sınıftaki temel çalışma olan Kim vd., (1993) ile karşılaştırıldığında söz konusu problemin çözümü için YSA dizaynı ve YSA'ların dağıtım sistemlerine uygulanması konusunda önemli ölçüde gelişme kaydedilmiştir.

Su ve Lee (2001) diğer metotlardan farklı şekilde fider düzenlemesinde kayıp azaltımı ile eşzamanlı optimum reaktif güç kompanzasyonunu değerlendirerek sunulan yöntemle daha iyi sonuçlar alınabildiğini Civanlar vd., (1988) örnek sistemi üzerinde göstermiştir. Yöntemin uygulanması sonucunda:

- a) Elektrik dağıtım sistemlerinde güç kayıplarının azaltılması için iki fonksiyonun; fider düzenlemesi ve kapasitör gruplarının ayarlaması, eşzamanlı değerlendirilerek örnek sistemde en uygun sonuç yakalanmıştır.
- b) İki fonksiyonun farklı zamanlar yerine eş zamanlı yürütülmesi sonucunda daha az kayıplı düzen elde edilmiştir.
- c) Ek olarak gerilim profilinde iyileşme sağlanmıştır.
- d) İşletme yanında planlamada da kullanılabilir bir yöntemdir.

Elektrik dağıtım sistemlerinin pratikteki büyük ölçekli yapısı ve içeriğinde sayısız anahtar elemanı bulundurması nedeniyle karmaşık bir problem halini alan düzenleme işlemi daha kısa işlem vaktinde daha güvenli sonuçlar elde edebilmek için incelenmiştir. Kayıpların incelenen sistem ölçeği içinde belli bir değer altına indirilmesi ve verimliliğin sağlanması işlemlerin ilk hedef fonksiyonları olmuştur. Hedef fonksiyonların en optimum şekilde sonuçlandırılması için temel yöntemleri geliştirmede bulanık mantık ve yapay sinir ağları gibi elektrik güç sistemlerinde kullanım geçmişi fazla olmayan yeni teknolojiler yer bulmuştur.

Sistem işletmenleri için önem arzeden sistem güvenliğinin sağlanması ve güç kalitesinin geliştirilmesi ek hedef fonksiyonlar olarak belli yöntemlerde hedef fonksiyona dahil edilebilmiştir. Reaktif güç kompanzasyonu gibi eş zamanlı fonksiyonlarla çok hedefli incelemelerde örnek sistemler üzerinde maksimum kayıplı optimum düzen elde edilmiştir. İncelenen tüm yöntemler kendi yaklaşım tekniklerinde daha önce yapılan temel çalışmalara nazaran gelişme kaydetmişlerdir. Sunulan algoritmalar çeşitli bilgisayar dillerinde yazılım haline getirilerek uygulanmış ve yakalanabilecek maksimum kayıp azaltımı temel yöntemlerden daha az anahtarlama işlemi ile elde edilebilmiştir. Anahtarlama işlemi sayısının yanısıra yük akış hesaplarının sayısının ya da kapsamının azaltılabilmesi ile işlem vaktinde büyük düşüşler elde edilmiştir. Kayıp azaltımı yanında sistem işletmesinin sürekliliği için koşulların devamlılığı ve ek hedef fonksiyonların da çözüme dahil edilebilmesi gerçek zaman sistemlerinde uygulama imkanı doğurmuştur. Uygulamalar sonucunda yeni teknoloji ve çalışmalar ışığında basit örnek sistemler üzerinde elde edilen kayıp azaltımı pratik sistemler üzerinde de kısmen yakalanmış ya da bir sonraki adım olarak belirtilebilmiştir.

KAYNAKLAR

Baran, M. E., Wu, F. F., (1989), "Network Reconfiguration in Distribution Systems for Loss Reduction and Load Balancing", IEEE Transactions on Power Delivery, 4(2):1401-1406.

Broadwater, R.P., Dolloff P.A., Hezdmán T.J., Sargent A., (1996), "Minimum Loss Optimization in Distribution Systems: Discrete Ascent Optimal Programming", Electric Power Systems Research, 36:113-121.

Burke J. J., (1994), Power Distribution Engineering: Fundamentals and Applications, M.Dekker Comp., 356, New York.

Civanlar, C., Grainger, J. J., Yin, H., Lee, S. S. H., (1988), "Distribution Feeder Reconfiguration for Loss Reduction", IEEE Transactions on Power Delivery, 3(3):1217-1223.

Çakır, H., (1985), Elektrik Şebeke Kayıpları, Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Çakır, H., (1986), Elektrik Güç Sistemleri Analizi, Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

FuzzyTech MP User's Guide, (1994), Microchip Technology Inc.

Gönen, T., (1988), Electric Power Distribution System Engineering: Analysis and Design, J. Wiley Publishing Co., 723, New York.

Hsiao, Y. T., Chien, C. Y., (2001), "Multiobjective Optimal Feeder Reconfiguration", IEE Proc. Gener. Transm. Distrib., 148(4):333-336.

Haque M. H., (1999), "Capacitor Placement in Radial Distribution Systems for Loss Reduction", IEE Proc. Gener. Transm. Distrib., 146(5):501-505.

Kashem, M. A., Ganapathy, V., Jasmon, G. B., (2001), "A Geometrical Approach for Network Reconfiguration Based Loss Minimization in Distribution Systems", Electrical Power and Energy Systems, 23:295-304.

Kashem, M. A., Jasmon, G. B., Ganapathy V., (2000), "A New Approach of Distribution System Reconfiguration for Loss Minimization", Electrical Power and Energy Systems, 22:269-276.

Kashem, M. A., Jasmon, G. B., Mohamed, A., Moghavvemi, M., (1998), "Artificial Neural Network Approach to Network Reconfiguration for Loss Minimization in Distribution Networks", Electrical Power and Energy Systems, 20(4):247-258.

Kim, H., Ko, Y., Jung, K. H., (1993), "Artificial neural-network based feeder reconfiguration for loss reduction in Distribution Systems", IEEE Transactions on Power Delivery, 8(3):1356-1366

Lin, W. M., Chin, H. C., (1997), "A New Approach for Distribution Feeder Reconfiguration for Loss Reduction and Service Restoration", IEEE Transactions on Power Delivery, 13(3):870-875.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 17.04.1977

Doğum yeri Turgutlu/MANİSA

Lise 1992-1995 Deniz Lisesi Heybeliada/İSTANBUL

Lisans 1995-1999 Yıldız Teknik Üniveristesi
Elektrik-Elektronik Fakültesi
Elektrik Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı Kurumlar

2000-2001 Milli Savunma Bakanlığı İzmit İnşaat Emlak Başkanlığı
2001-Devam ediyor Milli Savunma Bakanlığı İzmir İnşaat Emlak Başkanlığı

