



**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK - ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ENERJİ SİSTEMLERİNDE EN UYGUN YÜK AKIŞININ
SAĞLANABİLMESİ İÇİN OPTİMİZASYON
ALGORİTMALARININ KULLANILMASI**

**Hazırlayan
Ahmet DOĞAN**

**Danışman
Prof. Dr. Mustafa ALÇI**

Yüksek Lisans Tezi

**Temmuz 2011
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK - ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ENERJİ SİSTEMLERİNDE EN UYGUN YÜK AKIŞININ
SAĞLANABİLMESİ İÇİN OPTİMİZASYON
ALGORİTMALARININ KULLANILMASI**

**Hazırlayan
Ahmet DOĞAN**

**Danışman
Prof. Dr. Mustafa ALÇI**


**Temmuz 2011
KAYSERİ**

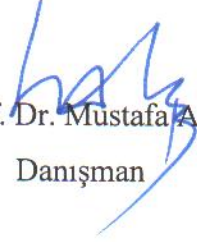
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

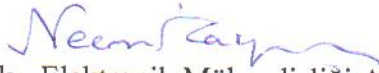
Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.


Ahmet DOĞAN

“Enerji Sistemlerinde En Uygun Yük Akışının Sağlanabilmesi için Optimizasyon Algoritmalarının Kullanılması ” adlı Yüksek Lisans, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez nerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.


Ahmet DOğAN
Tezi Hazırlayan


Prof. Dr. Mustafa ALÇI
Danışman


Elektrik - Elektronik Mühendisliği ABD Başkanı
Prof. Dr. Necmi TAşPINAR

Prof. Dr. Mustafa ALÇI danışmanlığında Ahmet DOĞAN tarafından hazırlanan “**Enerji Sistemlerinde En Uygun Yük Akışının Sağlanabilmesi için Optimizasyon Algoritmalarının Kullanılması**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik ve Elektronik Anabilim Dalında **yüksek lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

29.07.2011

JÜRİ:

Danışman : Prof. Dr. Mustafa ALÇI

Üye : Prof. Dr. Tankut YALÇINÖZ

Üye : Doç. Dr. Ferhat DALDABAN

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 13/09/2011 tarih ve 2011/32-10 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

13/09/2011

Prof. Dr. Necmettin MARAŞLI
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

“Elektrik Enerjisi Dağıtım Sistemlerinde En Uygun Yık Akışının Sağlanabilmesi için Optimizasyon Algoritmalarının Kullanılması” konulu tez çalışmasının seçiminde, yürütülmesinde, sonuçlandırılmasında desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen başta değerli hocam sayın Prof. Dr. Mustafa ALÇI olmak üzere tüm hocalarıma sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışmalarım sırasında benden yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Bahriye AKAY ve Selami PARMAKSIZOĞLU’na katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca hayatımın her safhasında maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Ahmet DOĞAN
Kayseri, Temmuz 2011

ENERJİ SİSTEMLERİNDE EN UYGUN YÜK AKIŞININ SAĞLANABİLMESİ İÇİN OPTİMİZASYON ALGORİTMALARININ KULLANILMASI

Ahmet DOĞAN

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2011

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa ALÇI

ÖZET

Güç sistemlerinin planlanmasında, enerjinin üretiminde, iletiminde, dağıtımında enerji verimliliğini sağlamak ve maliyetleri en aza indirmek amacıyla çeşitli optimizasyon metotlarına başvurulmuştur. Güç sistemleri problemlerinin çözümünde klasik metotlar öteden beri kullanılmaktadır. Bu metotlara daha sonra sezgisel metotlar da eklenmiştir. Güç sistemlerinin sezgisel metotlarla optimizasyonu son yıllarda elektrik mühendisliğinin popüler konularından biri haline gelmiştir. Güç sistemlerine optimizasyon metotları uygulanırken en iyi sonucu alabilmek için en uygun metot seçilmelidir. Klasik ve Sezgisel Metotların birbirlerine göre bazı üstünlükleri ve yetersizlikleri bulunmaktadır.

Optimum Yük Akışı (OYA) güç sisteminin işletmesinden planlanmasına kadar birçok alanı kapsar. OYA; işletim sınırlamalarını dikkate alarak güç sistem kontrol ayarlarını değiştirerek en uygun yük akışını sağlar. Optimum yük akışı, fiziksel durum ve işletme açısından güç sisteminin güvenlik gereksinimlerini ve güç sistemlerinde kullanılan malzemelerin sınır değerlerini aşmayarak hedef fonksiyonunu optimize eden doğrusal olmayan bir programlama problemidir. OYA genelde çok boyutlu ve çok kısıtlı bir optimizasyon problemidir. Yük akışı sağlanırken bazı eşitsizlik kısıtlamaları vardır. Ele alınan probleme optimum çözüm aranırken bu kısıtlamalar dikkate alınmıştır.

Bu çalışmada Sezgisel Optimizasyon Metotlarından olan Genetik Algoritma, Yapay Arı Kolonisi, Parçacık Sürü optimizasyonu ve Diferansiyel Gelişim Algoritması, IEEE 30 baralı test sistemine ayrı ayrı uygulanmış ve sonuçlar birbiriyle karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Optimizasyon metotları, güç sistemleri, optimum yük akışı,

APPLICATION OF OPTIMIZATION ALGORITHMS TO PROVIDE OPTIMUM POWER FLOW ON POWER SYSTEMS

Ahmet DOĞAN

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M. Sc. Thesis, July 2011

Thesis Supervisor: Prof. Mustafa ALÇI

ABSTRACT

Optimal Power Flow (OPF) is one of the main functions of electrical distribution system. It determines the optimal settings of generating units, bus voltage, and transformer tap and shunt elements in Power System with the objective of minimizing total production costs or losses while the system is operating within its security limits.

Many optimization methods are used in various area of power systems to get lower the costs and provide energy efficiency. Classical Methods have been using for a long time. Also Heuristic Methods often has been used to optimize the power systems in the last days. Optimization of power system using heuristic methods became a popular issue for electrical engineering recently. Classical and heuristic methods have some advantages and disadvantages according to each other.

In this thesis Genetic Algorithm, Artificial Bee Colony, Particle Swarm Optimization and Differential Evaluation methods are applied separately IEEE-30 bus system to provide optimum power flow and the results are compared.

Keywords: Optimization methods, electrical power system, optimum power flow

İÇİNDEKİLER

Enerji Sistemlerinde En Uygun Yük Akışının Sağlanabilmesi için Optimizasyon Algoritmalarının Kullanılması	
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK SAYFASI	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI	iii
KABUL VE ONAY SAYFASI	iv
TEŞEKKÜR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar LİSTESİ	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
KISALTMALAR VE SİMGELER	xvi
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

ENERJİ SİSTEMLERİNDE OPTİMUM YÜK AKIŞI

1.1. Literatür Taraması	4
1.2. Optimum Yük Akışı	10
1.2.1. Eşitlik Kısıtlamaları	11
1.2.2. Eşitsizlik Kısıtlamaları	12

2. BÖLÜM

GÜÇ SİSTEMLERİNİN MODELLENMESİ VE YÜK AKIŞ ANALİZİ

2.1. Bara Admitans Matrislerinin Yazılması	14
2.2. Yük Akışı Eşitlikleri	17

2.3. Hattaki Yük Akışı ve Kayıplar	18
2.4. Yük Akışı Çözüm Metotları	19
2.4.1. Gauss-Siedel Metodu	20
2.4.1.1 IEEE-30 Baralı Sistemde Gauss-Siedel Metodu ile Yük Akışının Geçekleştirilmesi	25
2.4.2. Newton Raphson Metodu	27
2.4.2.1 IEEE-30 Baralı Sistemde Newton-Raphsn Metodu ile Yük Akışının Geçekleştirilmesi	31
2.4.3. Hızlı Ayrıştırma (Fast Decoupled) Metodu	33
2.4.3.1 IEEE-30 Baralı Sistemde Hızlı Ayrıştırma Metodu ile Yük Akışının Geçekleştirilmesi	36

3. BÖLÜM

GÜÇ SİSTEMLERİNDE KULLANILAN OPTİMİZASYON METOTLARI

3.1. Klasik Optimizasyon Metotları	40
3.1.1 Doğrusal Güç Sistemleri için Kullanılan Metotlar	40
3.1.1.1 Doğrusal Programlama	40
3.1.1.2 Dahili Nokta Metodu	40
3.1.1.3 Tamsayı-Karışık Tamsayı Metodu	41
3.1.2 Doğrusal Olmayan Güç Sistemleri için Kullanılan Metotlar	41
3.1.2.1 Doğrusal Olmayan Programlama	41
3.1.2.2 İkinci Dereceden Programlama	41
3.1.2.3 Newton Metodu	42
3.2. Sezgisel Optimizasyon Metotları	42
3.2.1 Deterministik Metotlar	42
3.2.1.1 Tabu Araştırması	42
3.2.2 Olasılık Temelli Metotlar	43
3.2.2.1 Gelişime Dayalı Algoritmalar	43
3.2.2.1.1 Evrimsel Algoritmalar	43
3.2.2.1.2 Yapay Sinir Ağları	43
3.2.2.1.3 Uzman Sistemler	44
3.2.2.1.4 Bulanık Mantık	44

3.2.3 Sürü Zekası Temelli Metotlar	44
3.2.3.1 Parçacık Sürü Optimizasyonu	44
3.2.3.2 Karınca Kolonisi Algoritması	45
3.2.3.3 Yapay Arı Kolonisi Algoritması	45

4. BÖLÜM

YÜK AKIŞININ SEZGİSEL OPTİMİZASYON METOTLARI İLE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

4.1. Genetik Algoritma (GA) ile Optimum Yük Akışı	47
4.1.1. Genetik Algoritmanın İşleyişi	47
4.1.1.1 Bireylerin Kodlanması	48
4.1.1.2 Bireylerin Seçimi	49
4.1.1.3 Çaprazlama	50
4.1.1.4 Mutasyon	52
4.1.1.5 Algoritmanın Durdurma Kriterinin Belirlenmesi	53
4.1.2. IEEE-30 Baralı Sistemde GA ile Optimum Yük Akışının Sağlanması	56
4.2. Yapay Arı Kolonisi (YAK) ile Optimum Yük Akışı	58
4.2.1 Gerçek Arıların Yiyecek Arama Davranışları	58
4.2.2 Yapay Arı Kolonisi Algoritması	58
4.2.3 IEEE-30 Baralı Sistemde YAK ile Optimum Yük Akışının Sağlanması	63
4.3. PSO ile Optimum Yük Akışı	64
4.3.1 Parçacık Sürü Optimizasyon Algoritması	64
4.3.2 IEEE-30 Baralı Sistemde PSO ile Optimum Yük Akışının Sağlanması	67
4.4. Diferansiyel Gelişim Algoritması (DGA) ile Optimum Yük Akışı	68
4.4.1 Diferansiyel Gelişim Algoritmasının İşleyişi	68
4.4.1.2 Kodlama ve Başlangıç Popülasyonu	68
4.4.1.3 Mutasyon	69
4.4.1.4 Çaprazlama	69
4.4.1.5 Uygunluk Fonksiyonu	69

4.4.1.6 Seçim	69
4.4.2 IEEE-30 Baralı Sistemde DGA ile Optimum Yük Akışının Sağlanması	70

5. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Tartışma, Sonuç ve Öneriler	73
EKLER	77
KAYNAKLAR	98
ÖZGEÇMİŞ	103

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1	Baraların türlerine göre bilinen ve hesaplanan değişkenler	20
Tablo 2.2	IEEE-30 baralı sistemde Gauss-Siedel Metodu ile güç akışı analizi	26
Tablo 2.3	IEEE-30 baralı sistemde Newton-Raphson Metodu ile güç akışı analizi	32
Tablo 2.4	IEEE-30 baralı sistemde Hızlı Ayrıştırma Metodu ile güç akışı analizi	36
Tablo 3.1	Güç sistemlerine uygulanan optimizasyon Metotları ve uygulama alanları	55
Tablo 4.1	PG1, PG2 ve PG3'ün Parametre Değerleri	54
Tablo 4.2	PG1, PG2 ve PG3 Parametre Değerlerinin Kodlanması	54
Tablo 4.3	GA uygulandıktan sonra jeneratörlerin sisteme verdikleri aktif güç değerleri	57
Tablo 4.4	GA uygulandıktan sonra baralardaki gerilim değerleri	58
Tablo 4.5	YAK uygulandıktan sonra jeneratörlerin sisteme verdikleri aktif güç değerleri	63
Tablo 4.6	YAK uygulandıktan sonra baralardaki gerilim değerleri	64
Tablo 4.7	PSO uygulandıktan sonra jeneratörlerin sisteme verdikleri aktif güç değerleri	68
Tablo 4.8	PSO uygulandıktan sonra baralardaki gerilim değerleri	68
Tablo 4.9	DGA uygulandıktan sonra jeneratörlerin sisteme verdikleri aktif güç değerleri	71
Tablo 4.10	DGA uygulandıktan sonra baralardaki gerilim değerleri	71
Tablo 5.1	IEEE-30 baralı sistemde GA, PSO, DGA ve YAK Metotları ile optimizasyon sonuçlarının karşılaştırılması	74
Tablo B.1	IEEE-30 baralı sisteme Gauss-Siedel Metodu uygulandıktan sonra baralar arasındaki güç akışı ve hat kayıpları	80
Tablo B.2	IEEE-30 baralı sisteme Newton-Raphson Metodu uygulandıktan sonra baralar arasındaki güç akışı ve hat kayıpları	83
Tablo B.3	IEEE-30 baralı sisteme Newton-Raphson Metodu uygulandıktan sonra baralar arasındaki güç akışı ve hat kayıpları	86

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Üç baralı bir güç sistemi	14
Şekil 2.2.	Bir güç sisteminin tipik bara yapısı	17
Şekil 2.3.	Tipik bir iletim hattı modeli	18
Şekil 2.4.	Gauss-Siedel Metodu ile yük akış analizi akış diyagramı	24
Şekil 2.5.	Newton Raphson Metodu ile Yük Akış Analizi Akış Diyagramı	30
Şekil 3.1.	Güç sistemlerinde kullanılan klasik optimizasyon metotları	39
Şekil 3.2	Güç sistemlerinde kullanılan sezgisel optimizasyon metotları	39
Şekil 4.1.	Çaprazlama Metotları	50
Şekil 4.2.	Genetik Algoritmada kullanılan mutasyon	52
Şekil 4.3.	Genetik Algoritmanın Genel Akış Şeması	53
Şekil 4.4.	GA ile optimum yük akışı şeması	55
Şekil 4.5.	GA ile yakıt maliyetinin iterasyon sayısına göre değişim grafiği	57
Şekil 4.6.	YAK ile optimum yük akışı diyagramı	63
Şekil 4.7.	YAK ile yakıt maliyetinin iterasyon sayısına göre değişim grafiği	64
Şekil 4.8.	PSO ile yakıt maliyetinin iterasyon sayısına göre değişim grafiği	68
Şekil 4.9.	DGA ile yakıt maliyetinin iterasyon sayısına göre değişim grafiği	71
Şekil 4.10.	GA, PSO, DGA ve YAK algoritmaları uygulandıktan sonra oluşan iterasyon-yakıt maliyeti grafiklerinin karşılaştırılması	72
Şekil A.1	IEEE-30 baralı test sistemi	77

KISALTMALAR VE SİMGELER

OYA	Optimum Yük Akışı
FACTS	Esnek AC İletim Sistemi (Flexible AC Transmission System)
DP	Doğrusal Programlama
İDP	İkinci Dereceden Programlama
DOP	Doğrusal Programlama
GA	Genetik Algoritma
YSA	Yapay Sinir Ağları
US	Uzman Sistem
EP	Evrimsel Programlama
KKA	Karınca Kolonisi Algoritması
PSO	Parçacık Sürü Optimizasyonu
YAK	Yapay Arı Kolonisi
KTP	Karışık Tamsayı Programlama
TA	Tabu Araştırması
EA	Evrimsel Algoritmalar
$a_i, b_i, c_i,$	Jeneratör birim maliyet katsayıları
P_i	i barasındaki aktif güç değeri
Q_i	i barasındaki reaktif güç değeri
V_i	i barasındaki gerilim değeri
θ_i	i barasındaki gerilimin faz açısı değeri
B_{ij}	i ve j baraları arasındaki saspektans değeri
P_G	Jeneratörlerin ürettiği aktif güç
P_D	Talep edilen aktif güç
P_L	Sistemde kaybedilen aktif güç
Q_G	Jeneratörlerin ürettiği reaktif güç
Q_D	Talep edilen reaktif güç
Q_L	Sistemde kaybedilen reaktif güç
S_{ij}	i barasından j barasına transfer edilen görünür güç
T_i	Transformatör kademe oranı
\emptyset_{Ci}	Şönt kapasite değeri

y_{ij}	i ve j barası arasındaki empedans değeri
z_{ij}	i ve j barası arasındaki admitans değeri
α	Hızlandırma faktörü
ε	Hassasiyet oranı
δ	Faz açısı
$\vec{v}(t)$	Bireyin hızı
r_1, r_2	[0,1] arasında rastgele seçilen sayılar
c_1, c_2	Vektörlerin ağırlıkları
NP	Popülasyon büyüklüğü
$x_{j,i,G}$	G jenerasyonunda i kromozomun j geni
D	Değişken sayısı (gen sayısı)
$n_{j,i,G+1}$	Mutasyon ve çaprazlamaya uğramış ara kromozom
CR	Çaprazlama oranı
$u_{j,i,G+1}$	$x_{j,i,G}$ 'de üretilen kromozm
G	Jenerasyon (1,2,3,...,G _{max})
F	Ölçeklenme faktörü
$x_j^{(1)}, x_j^{(u)}$	Değişkenlerin alt ve üst sınır değerleri

GİRİŞ

Yük merkezleri genelde üretim merkezlerinden uzakta bulunurlar. Bundan dolayı üretilen güç, yüksek gerilimlerle yük merkezlerinin olduğu bölgelere taşınır ve trafo merkezlerinde gerilimler dağıtım seviyesine indirilir. Yükler farklı gerilim seviyelerinde beslenir. Yük; konut, endüstriyel ya da ticari yük olabilir. İhtiyaca göre yükler devreye alınabilir ya da devreden çıkarılabilir. Bunda dolayı tüm yüklerin devrede olduğu yani enerji tüketiminin maksimum olduğu pik saatler vardır. İhtiyaç olduğunda bir bölgeden başka bir bölgeye bağlantı hatlarıyla bağlanabilir. Üretim, iletim ve dağıtımın kontrolü ve enerjinin bölge değişimi bir merkez tarafından yapılır. Kontrol fonksiyonlarının tatmin edici bir şekilde çalıştırılabilmesi için kararlı durumdaki yük akışı bilinmelidir. Bundan dolayı tüm sistem elektrik şebekesi olarak bilgisayar ortamında modellenir ve benzetimi yapılır. Bu tip problemleri çözme işlemine yük akış analizi denir.

Yük akışı çözümü, belirlenen üretim ve yük durumlarında bara gerilimini, gerçek gücü, reaktif güç akışını, iletim kayıplarını değerlendirmek için kullanılır. Sonuçlar hat ve transformatör yüklemesini bara gerilimini kabul edilebilir seviyede olup olmadığını değerlendirmek için kullanılır. Genelde güç akışı çözümüne aşağıdaki durumlarda ihtiyaç vardır:

- Sistemin çeşitli yük durumlarında(pik gibi)
- Sisteme yeni jeneratör eklenmesi durumunda
- Yani iletim hattı ya da kabloları eklenmesi durumunda
- Diğer sistemlerle bağlantısında
- Yük artırımı çalışmalarında
- Hat kayıplarının değerlendirilmesinde

Optimum Yük Akışı(OYA) da yapılan yük akış analizine göre sağlanmaktadır. Bulunan çözümün kısıtlama değerleri içerisinde kalıp kalmadığı yük akışı analiz ile tespit edilmektedir.

OYA güç sistem işletmesinden planlanmasına kadar birçok alanı kapsar. Fiziksel ve işletme sınırları açısından güç sisteminin güvenlik gereksinimlerini ve güç sistemlerinde kullanılan malzemelerin limit değerlerini aşmadan hedef fonksiyonu optimize eden genelde doğrusal olmayan bir problemdir. OYA modülü işletim kısıtlamaları dahilinde güç sistem kontrol ayarlarını değiştirerek en uygun yük akışını sağlar. OYA genelde kısıtlamalı çok boyutlu ve bir optimizasyon problemdir.

OYA'nın hedefi jeneratör çıkışları, bara gerilimleri, şönt kapasitör ve transformatör kaydırma oranları kendi limit değerleri içinde tutarak üretim maliyetini minimize etmektir. OYA probleminde hedef fonksiyonda kastedilen genelde üretim maliyeti ve iletim kayıplarıdır. OYA için kullanılan kısıtlamalar, güç iletimi ve dağıtımına şekil veren fiziksel kanunları ve güç sistemlerinde kullanılan ekipmanların işletme limitlerini içerir.

Bu çalışmada IEEE-30 baralı sistemlerin Gauss-Siedel, Newton Raphson ve Fast Decoupled Metotları ile MATLAB ortamında güç akış analizleri yapılmıştır. Genetik Algoritma, Yapay Arı Kolonisi Parçacık Sürü Algoritması ve Diferansiyel Gelişim Algoritması kullanılarak IEEE-30 baralı güç sisteminde optimum yük akışları elde edilmiştir.

1. Bölümde literatür taraması yapılarak daha önce optimizasyon metotlarının yük akışına uygulamaları incelenmiştir ve yük akışı ve kısıtlamaları hakkında bilgi verilmiştir.

2. Bölümde yük akış analizi metotları Gauss-Seidel, Newton-Raphson ve Hızlı Ayırıştırma (Fast Decoupled) incelenmiş ve bu metotlar kullanılarak IEEE-30 baralı test sisteminde yük akışı analizi sağlanmıştır. Baralar arasındaki yük akışı ve iletim hattı kayıpları Ek-B'de tablolar halinde gösterilmiştir. Bu metotlar yük akışının temelini oluşturmaktadır. 4. Bölümde sezgisel metotlar kullanılarak yük dağıtım yapıldıktan sonra, yük akışı analizi Newton -Raphson Metodu ile yapılmıştır.

3. Bölümde güç sistemlerinde kullanılan optimizasyon metotları incelenmiştir. Temelde klasik ve sezgisel optimizasyon metotları olarak kategorize edilerek incelenmiştir.

4. Bölümde sezgisel metotlardan olan Genetik Algoritma, Yapay Arı Kolonisi, Diferansiyel Gelişim Algoritması ve Parçacık Sürü Optimizasyonu Metotları kullanılarak yük akışının sağlanması hakkında bilgi verilmiş ve metotlar IEEE-30 baralı sistemde OYA problemine uygulanmıştır. Yapılan bu çalışmalarda gerilimin tolerans oranı %10, baz değer olarak ise 100 MVA alınmıştır.

Sonuç ve öneriler kısmında ise her bir algoritma sonucu elde edilen yakıt maliyeti ve hat kayıpları kıyaslanmış ve yorumlanmıştır.

1. BÖLÜM

ENERJİ SİSTEMLERİNDE OPTİMUM YÜK AKIŞI

1.1 Literatür Taraması

OYA'nın öncelikli amacı sistem güvenliğini muhafaza ederek yük taleplerini minimum maliyetle karşılamaktır. Bir güç sisteminin maliyeti duruma göre değişse de genelde her bir jeneratörün üretmekte olduğu aktif güçle değişir. OYA açısından bakıldığında sistem güvenliğinin muhafaza edilebilmesi için sistem kararlı haldeyken her bir cihazın istenilen işletme şartlarında çalışması gerekmektedir. Bu işletme şartları; jeneratör çıkışlarının minimum ve maksimum değerleri, iletim hatları ve transformatörlerdeki maksimum MVA akışı ve bara gerilimlerini belirlenen değerleridir. OYA güç sistemlerinin sadece kararlı durumda işletilmesinde geçerlidir. Kararlı halde işletilmeyen güç sistemlerinde optimum güç akışının sağlanması oldukça güç olacaktır[1].

Elektrik Sektörünün özelleştiği ve serbest piyasa koşullarının hakim olduğu bir ortamda güç akışının en uygun şekilde sağlanması ve maliyetlerin azaltılması hem sistem işleten şirketler hem de ülke ekonomisi açısından önemli bir konu haline gelmiştir. Güç sistemlerinin optimizasyonu ile ilgili çalışmalar yoğun şekilde devam etmektedir.

OYA'yı sağlamak için çok farklı optimizasyon metotları kullanılmıştır. Bunlardan Doğrusal Programlama (DP), Doğrusal Olmayan Programlama (DOP), İkinci Dereceden Programlama (İDP) ve Newton tabanlı metotlar OYA problemlerinin çözümünde uygulanan bazı klasik metotlardır. Klasik metotların bu tip optimizasyon problemlerine uygulanması açısından güven vermeyen yaklaşım özellikleri ve algoritmalarındaki karışıklıklar gibi bazı eksiklikleri vardır [2]. Evrimsel tabanlı metotlar, gelişime dayalı

metotlar da OYA' nın sağlanması için son zamanlarda sıklıkla kullanılan sezgisel optimizasyon metotlarıdır. Bu metotlar global optimuma yakınsaması ve formüldeki değişikliklere kolay uyum sağlaması gibi ortak özellikleri tercih edilme sebepleri arasında yer almaktadır.

Optimum Yük Akışı özellikli kısıtlamalarla işletme şartlarını optimize etmek ve yük akışı problemini eş zamanlı olarak çözmek için güç sistemi kontrol değişkenlerinin otomatik olarak ayarlanmasıdır. Optimum yük akışının gerçekleştirilmesi elektrik güç sisteminin güvenilir ve ekonomik işletilebilmesi için gereklidir.

OYA problemi ilk defa 1962 yılında Carpentier tarafından tartışmaya açılmıştır [3]. O zamandan beri optimum yük akışının sağlanabilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. OYA'nın çok geniş ve doğrusal olmayan bir matematiksel programlama problemine karşılık gelmesinden dolayı etkili algoritmaların geliştirilmesi uzun zaman almıştır. Hala da algoritmalar üzerinde çalışmalar devam etmektedir.

OYA'nın öncelikli amacı sistemin güvenlik gereksinimlerini sağlayarak talep edilen gücü maliyetleri minimize ederek yükü buluşturmaktır. Sistem güvenliğinin sağlanması; sistemdeki her cihazın karalı halde istenilen çalışma sınırları içerisinde tutulmasıdır.

OYA kararlı durum işletmesini işaret ettiği için güç sisteminin fonksiyonlarının kararlı halde çalışmasını sağlar. Bu fonksiyonlar jeneratör kontrolünü ve iletim sistemi kontrolünü de içerir. Jeneratörler için OYA; çıkış güçlerinin kontrolünü, iletim hatları için çeşitli transformatörlerde kademe oranları, faz kayma açısını ve diğer tüm esnek AC iletim hattı cihazlarını(FACTS) kapsar.

DP hedef fonksiyonundoğrusallaştırılmasına dayanan bir optimizasyon yöntemidir. E. Lobato vd. tarafından İspanya güç sisteminde iletim kayıplarının ve jeneratör reaktif marjinin minimize edilmesine amaçlayan DP tabanlı optimum yük akışı çözümü önerilmiştir [4]. Şönt reaktörlerin ve kapasitörler tamsayı değişkenleriyle modellenmiştir. Böylece hedef fonksiyon ve kısıtlamalar her iterasyon için

doğrusallaştırılmış olur ve hedef fonksiyonun bir kere doğrusallaştırılmasından daha iyi bir yöntem diye düşünülmüştür [5].

T.S.Chung vd. DP'yi tekrarlamalı doğrusal programlama temelli uygulamalar ile hat kaybının en aza indirilmesi ve dağıtım sisteminde optimumkapasitör yerleşiminin sağlanmasındakullanmışlardır. Burada maliyet odaklıhesaplama 14 baralı sistem için yapılmıştır. Bu metotta matrisin tersini almaya gerek yoktur bundan dolayı hesaplama zamanında ve hafıza kullanımında tasarruf sağlanmıştır [6].

İsveç'te elektrikli tren için kullanılmak üzere 130 kV'lık enerji iletim hattına paralel bir bağlantı hattı inşa edilmiştir. Bu sistem içinde gücün sisteme enjekte edildiği yere göre üretim maliyetleri değişiklik göstermektedir. Sistem içerisindeki optimum yük akışının sağlanması için ardışık doğrusal programlama tabanlı genişletilmiş optimum yük akışı algoritması uygulanmıştır. M. Olofson tarafından yaklaşımı geliştirmek için tüm sistemin aktif güç kaybı için ikinci dereceden hassasiyet yaklaşımı temelli metod uygulanmıştır[7].

F. Lima vd. tarafından geniş ölçekli güç sistemlerinde tristör kontrollü, faz kaydırıcı transformatörlerin optimum yerleşimini sağlamak amacıyla Karışık Tamsayı Doğrusal Programlama (KTDP) kullanılmıştır. Yüklenme yatırımı limitlerine ya da tristör kontrollü faz kaydırıcı transformatörlerin sayısına bağlı olarak ağ yerleşimi ve sistemin DC gerilim altında en fazla yüklenebilmesi için faz kaydırıcıların oranları hesaplanmıştır. Hesaplama zamanında daha önce uygulanan diğer yöntemlere oranla önemli azalma sağlanmıştır [8].

Newton Metodunda optimum şartlar olarak Khun-Tucker şartları uygulanmaktadır. S.Chen vd. gerçek zamanda emisyon dağılımı problemini çözmek için hassaslık faktörü içerikli Newton-Raphson tabanlı yeni bir yöntem sunmuştur. Jacobian Matrisi ve B katsayısı, üretim kaydırma faktörüne göre geliştirilmiştir. Bundan dolayı ceza faktörü ve artan kayıplar kolayca elde edilmiştir. İşlem zamanı klasik metotlardan daha iyidir [9].

İDP DP'nin özel bir şeklidir. Hedef fonksiyon ve kısıtlamaları doğrusal formdadır. J.A. MomohKhun-Tucker şartlarını genişleterek OYA probleminin çözümü için

genelleştirilmiş bir ikinci dereceden programlama temelli bir model geliştirmiştir. Uygunluk, yaklaşım ve optimumluk koşulları OYA algoritmasının içinde yer almaktadır. Aynı zamanda çoklu hedef fonksiyonlarını ve seçilebilir kısıtlamaları hiyerarşik şekilde kullanılabilir. Hedef fonksiyonun duyarlılığı kullanılarak kısıtlamalarda optimum ayarlamalar yapılarak global optimum çözüme ulaşılır. Böylece hesaplama zamanı ve kullanılan hafıza azalmıştır [10].

N.Grudin tarafından ardışık ikinci dereceden programlama modeline dayanan reaktif güç optimizasyonu modeli önerilmiştir. IEEE 30 ve 27 baralı sistemler üzerinde altı adet optimizasyon metodu kullanılmıştır. İDP Metodunun klasik tek yönlü DP metoduna göre daha hızlı ve güvenilir metod olduğu vurgulanmıştır [11]. X.Lin vd. tarafından entegre edilmiş maliyet analizi ve gerilim kararlılığı analizi kullanılarak OYA formülasyonu gerçekleştirilmiş ve ikinci dereceden programlama metodu ile çözülmüştür. Optimum reaktif yük akışı dağıtımını değişik gerilim değerlerinde uygulanmış ve global çözüm elde edilmiştir [12].

Doğrusal Olmayan Programlamada(DOP) hedef fonksiyonu ve kısıtlamaları doğrusal olmayan fonksiyonlar şeklindedir. J.A. Momoh vd. güvenlik kısıtlanmalı çok bölgeli ekonomik dağıtım problemini çözmek için doğrusal olmayan dışbükey ağ akış programlama modeli ve algoritmasını sunmuştur. OYA ikinci dereceden programlama ve ağ akış programlama metodunun bir kombinasyonu şeklindedir. Bağlantı hattı güvenliği ve her bölgenin transfer limiti göz önünde bulundurulmuştur. Metot birbirine bağlı dört sistem üzerine uygulanmıştır. Metodun uygun ve etkili olduğu gösterilmiştir [13].

D.Pudjinto vd. üreticiler arasında optimum reaktif güç dağılımını sağlamak için DP ve DOP yöntemlerini kullanmıştır. DOP daha hızlı bir hesaplama ve daha hassas çözüm sunmaktadır. Fakat yakınsama her durum için garanti olmayabilir [14].

G.L. Torres vd. tarafından çok bölgeli güç sistemlerinde reaktif güç servis maliyetinin hesaplamaları sunulmuştur. Kullanılan metotlar maliyet faydalı analiz ve doğrusal olmayan ağ akış programı şeklindedir. [15].

Karmarkar geniş ölçekli doğrusal güç sistem problemlerinin çözümü için etkili bir metot önermiştir. Bu metot Dahili Nokta Metodu(DNM) olarak bilinir. S. Granville DNM'nin optimum reaktif güç dağılımına uygulamasını sunmuştur. Bu algoritma geniş ölçekli güç sistemlerine uygulanmıştır ve 40 iterasyonda yakınsadığı görülmüştür. İterasyon sayısının ağın genişliğine ve değişkenlerinin çokluğuna bağlı olmaması metodun avantajları olarak bahsedilmektedir [16].

Bir sinir ağının öğrenilmiş davranışını açıklayan Yapay Sinir Ağları(YSA)'nın başlangıcı 1949'da D.O. Hebb tarafından uygulanan eğitim algoritmasıdır. YSA'nın birçok güç sistemleri uygulamasında çok tabakalı ileri beslemeli ağları kullanılmıştır. YSA genelde mimarisine, topolojisine ve öğrenme rejimine göre sınıflandırılır. YSA'nın güç sistemlerine uygulamaları genelde çok katmanlı ileri beslemeli ağlardır. Vankayala vd. YSA'nın güç sistemleri uygulamalarının bibliografik bir literatür taramasını sunmuştur [17].

YSA hesaplama; uygulamalarıyla bağlantılı bilgi işlenmesi temelli hesaplama veya matematiksel modelleri kullanan birbirleriyle bağlantılı yapay nöron gruplarıdır. Chowdhury sistem dinamik ve statik kısıtlamalara sahip olduğu zaman OYA'nı sağlayacak güvenlik kısıtlamalı optimum yük akışı konseptini önermiştir [18]. Miranda V. vd. üretim ve yükün belirsizlik içinde olduğu durumlar için bulanık mantık modelini sunmuştur. Bu yönelme ile sistemdeki kısıtlamalar daha esnek hale getirilmiştir. Sistemin optimum işletimi Dantzing-Wolfe Decomposition Metodu ile çözülmüştür. Bu metot sistemin işletimi için maliyet değerine, gücün olası dağıtım planına ve güç üretimine uygulanmıştır [19].

N.P. Padhy Bulanık güç sistem çevresinde aktif ve reaktif güç transferinde sıkışıklığı engellemek için etkili bir hibrid model sunmuştur. Sunulan model optimum güç transferine karar vermiştir. Bulanık Mantık kullanılan çözüm optimum transfer stratejisinin seçilmesine karar verebilir [20].

Genetik Algoritma (GA) rastgele araştırma yapan metotlardan biridir. Walter vd. ekonomik dağıtım problemini çözmek için GA metodunu kullanmıştır [21].

TarekBouktır geniş güç sistemlerindeki OYA'nın GA kullanılarak sağlanmasını sunmuştur. Bu yöntemi IEEE-30 baralı test sistemi üzerine uygulamıştır [22]. Po-H. Chen vd. büyük güç sistemlerindeki ekonomik dağıtım problemini çözmek için yeni bir GA Metodu önermiştir [23]. T.S.Chung vd. Hibrit Genetik Algoritma yöntemini FACTS cihazlarını da kapsayan OYA probleminin çözümünde kullanmıştır. OYA en iyi kontrol parametrelerini seçerek toplam üretimi düşürerek maliyeti minimize etmek ve yük akışının güvenlik limitleri içerisinde tutulmasını sağlamıştır [24]. A.G. Bakirtzis vd. OYA problemi çözümü için devamlı ve ayrık kontrol değişkenleriyle Geliştirilmiş GA'yı sunmuştur. Devamlı kontrol değişkenleri; aktif güç çıkışı ve jeneratör barası genliği, ayrık kontrol değişkenleri de transformatör kademe oranları ve anahtarlanabilirşönt cihazlardır. Probleme özgü geliştirilmiş operatörler GA'nın hızını ve etkinliğini artırmak için kullanılmıştır [25].

Chowdhury vd. optimum yük akışın sağlamak için Uzman Sistem (US) Metodunu kullanmıştır. US gerilimin genliği ve hat akışı kurallarını kullanarak en iyi kontrol ölçümlerine karar verebilmektedir [26].

H. Mori vd. güç sistemlerinde FACTS cihazların optimum yerleşimine karar vermek için kullanmıştır. Kullanılabilir transfer kapasitesi FACTS cihazları ile artırılmıştır. Önerilen metot Benzetilmiş tavlama, Tabu Araştırması ve GA ile karşılaştırılmıştır [27].

Evrimsel Hesaplama genetik popülasyon temelli sezgisel optimizasyon metodudur. P. Somasundaram vd. güvenlik kısıtlamalı optimum yük akışının sağlanması için Evrimsel Hesaplama uygulamasını sunmuştur [28]. W.Ongsakul vd. FACTS cihazlarının optimum dağılımını sağlayarak transfer kapasitesine maksimize etmek için EP'nin kullanılmasını önermiştir [29]. T. Jayabarathi vd. her türlü klasik optimizasyon problemini çözmek için Klasik Evrimsel Programlama (EP), Hızlı EP, Gelişmiş Hızlı EP metotları kullanılmıştır [30].

Karınca Kolonisi Algoritması (KKA) yollar yapmak için karıncaların feromon aracılığıyla haberleşmesi esasına dayanır. G. John vd. çalışmasında kısıtlamalı optimum yük akışı probleminin çözümünde KKA'yı kullanmıştır. KKA formüle edilirken

kısıtlamalı yük akışı bir tümleşik optimizasyon problemi olarak çözülür. IEEE-14 ve IEEE 136 baralı sistemlere uygulanmıştır [31].

Parçacık Sürü Optimizasyonu(PSO) 1995 yılında J.Kennedy ve R.C.Eberhart tarafından geliştirilmiş, sosyal olarak organize olmuş kolonilerde sosyal dinamiklerden ve gelişmekte olan davranışlardan etkilenen sürü mantığının kullanıldığı algoritmadır. D.J. Attous çalışmasında düzgün olmayan maliyet eğrilerine sahip üretim birimlerinde, jeneratör üretim limitlerini, güç dengesi, hat akışı limitleri, gerilim limitleri ve transformatör kademe oranları gibi kısıtlamalar da göz önünde bulundurularak optimum yük akışını sağlamak için PSO 'yu kullanmıştır. IEEE 30 baralı test sistemi üzerinde uygulaması sunulmuştur [32].

Yapay Arı Kolonisi(YAK) algoritması nümerik optimizasyon problemlerinin çözümü için D.Karaboğa tarafından geliştirilen yeni bir metottur [33]. S. Hemmalini vd. ekonomik yük dağıtım problemlerinde, A. Özturk vd reaktif güç dağılımı problemlerinde arı kolonisi yöntemini kullanmıştır [34,35]

1.2. Optimum Yük Akışı

Optimum yük akışı probleminin bir nevi kısıtlamalı bir minimizasyon problemi ve kısıtlamalı bir minimizasyon problemi şeklinde formüle edilir. Yani kısıtlama şartları sağlanarak maliyet fonksiyonunun en düşük değerinde bulunması hedeflenir.

$$\left. \begin{array}{l} g(x,u)=0(\text{eşitlik kısıtlamaları}) \\ h(x,u)\leq 0(\text{eşitsizlik kısıtlamaları}) \end{array} \right\} \text{ iken}$$

$$f(x)(\text{hedef fonksiyon}) \quad (1.1)$$

minimize edilmek istenir. Eşitlik kısıtlamaları tipik yük akışı eşitliklerini, eşitsizlik kısıtlamaları sistemin işletme şartlarını, hedef fonksiyon ise toplam maliyeti ifade etmektedir. Maliyet fonksiyonu Eşitlik (1.2)'deki gibi ifade edilir.

$$\sum_{i=1}^{ng} (a_i + P_{Gi}^2 + b_i P_{Gi} + c) \quad i=1,2,3,\dots,ng \quad (1.2)$$

a_i, b_i, c i 'nci jeneratörün birim maliyet katsayılarıdır. (ng) adet jeneratörün yakıt maliyetlerinin toplamıdır. Her bir jeneratörün yakıt maliyet fonksiyonu ikinci dereceden bir denklem şeklinde ifade edilir. Toplam maliyet her bir jeneratörün ürettiği güce ve birim maliyet katsayılarına göre değişir. Jeneratörlerin ürettiği güçle talep edilen güç arasında bir denge olmalıdır. Bu denge Eşitlik (1.5) ve (1.6)'da gösterilmiştir.

1.2.1. Eşitlik Kısıtlamaları:

i barasına jeneratör tarafından enjekte edilen aktif güç (1.3)' de, reaktif güç ise (1.4)' de gösterilmiştir.

$$P_i = \sum_{j=1}^{nb} |V_i| |V_j| (G_{ij} \cos(\theta_i - \theta_j) + B_{ij} \sin(\theta_i - \theta_j)) \quad (1.3)$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^{nb} |V_i| |V_j| (G_{ij} \sin(\theta_i - \theta_j) + B_{ij} \cos(\theta_i - \theta_j)) \quad (1.4)$$

Jeneratörler tarafından üretilen toplam aktif ve reaktif güç, yüklerin taleplerine ve iletim hattı kayıplarını karşılamalıdır.

$$\sum_{i=1}^{ng} P_G - \sum_j^{nl} P_D - P_L \quad (1.5)$$

$$\sum_{i=1}^{ng} Q_G - \sum_j^{nl} Q_D - Q_L \quad (1.6)$$

1.2.2 Eşitsizlik Kısıtlamaları

Güç sistemlerinde yük akışı gerçekleştirilirken dikkate alınması gereken bazı sınır değerler vardır. Bu sınır değerler aşıldığında istenemeyen durumlara sebebiyet verir ve genelde kesicilerin açarak hatta gelen enerjiyi kesmesiyle sonuçlanır. Böylece hattın olduğu bölge enerjisiz kalır. Bu gibi durumların oluşmaması için güç akışı belirtilen sınır değerlerin içerisinde gerçekleştirilmelidir.

Jeneratörler tarafından üretilen aktif güç jeneratörün belirtilen minimum ve maksimum üretim kapasite değerleri arasında olmalıdır.

$$P_{Gi}^{\min} \leq P_{Gi} \leq P_{Gi}^{\max} \quad (1.7)$$

Jeneratörler tarafından sisteme aktarılan reaktif güç jeneratörün belirtilen minimum ve maksimum üretim kapasite değerleri arasında olmalıdır.

$$Q_{Gi}^{\min} \leq Q_{Gi} \leq Q_{Gi}^{\max} \quad (1.8)$$

i barasındaki gerilim değeri o bara için belirtilen minimum ve maksimum gerilim değerleri arasında olmalıdır.

$$V_i^{\min} \leq V_i \leq V_i^{\max} \quad (1.9)$$

i barasındaki gerilimin faz açısı her bara için belirtilen minimum ve maksimum değerleri arasında olmalıdır.

$$\phi_i^{\min} \leq \phi_i \leq \phi_i^{\max} \quad (1.10)$$

İletim hattında taşınan güç, iletim hattının maksimum güç taşıma kapasitesini geçmemelidir.

$$S_{ij} \leq S_{ij}^{\max} \quad (1.11)$$

Transformatör kademe oranları her transformatör için belirtilen minimum ve maksimum değerleri arasında olmalıdır.

$$T_i^{\min} \leq T_i \leq T_i^{\max} \quad (1.12)$$

Devreye alınan şöntkapasitörler belirtilen değerleri arasında olmalıdır.

$$\emptyset_{Ci}^{\min} \leq \emptyset_{Ci} \leq \emptyset_{Ci}^{\max} \quad (1.13)$$

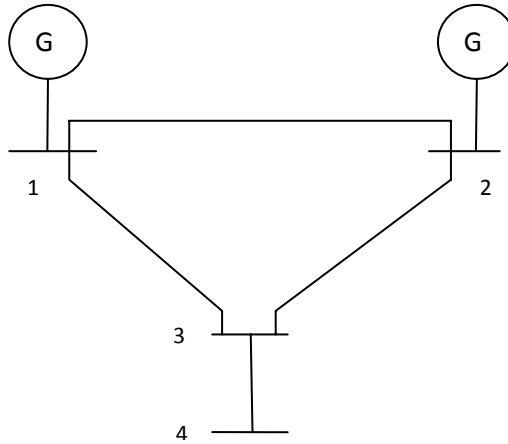
2. BÖLÜM

GÜÇ SİSTEMLERİNİN MODELLENMESİ VE YÜK AKIŞ ANALİZİ

2.1 Bara Admitans Matrislerinin Yazılması

Düğüm gerilimi eşitliklerini uygulamak için güç sisteminde empedanslar ünite başına (per unit-p.u.) sistemde tanımlanır. Düğüm çözümü Kirschoff Akım Kanunları'na dayanır ve empedanslar admitanslara dönüştürülerek işlemler yapılır [36].

$$y_{ij} = \frac{1}{z_{ij}} = \frac{1}{r_{ij} + jx_{ij}} \quad (2.1)$$



Şekil 2.1. Üç baralı bir güç sistemi

Şekil 2.1'de üç baralı bir güç sisteminde akımlar ve admitanslar aşağıdaki gibi bulunur.

$$I_1 = y_{10}V_1 + y_{12}(V_1 - V_2) + y_{13}(V_1 - V_3)$$

$$I_2 = y_{20}V_2 + y_{12}(V_2 - V_1) + y_{23}(V_2 - V_3)$$

$$0 = y_{23}(V_3 - V_2) + y_{13}(V_3 - V_1) + y_{34}(V_3 - V_4)$$

$$0 = y_{34}(V_4 - V_3)$$

Eşitlikler düzenlendiğinde;

$$I_1 = (y_{10} + y_{12} + y_{13})V_1 - y_{12}V_2 - y_{13}V_3$$

$$I_2 = -y_{12}V_1 + (y_{20} + y_{12} + y_{23})V_2 - y_{23}V_3$$

$$0 = -y_{13}V_1 - y_{23}V_2 + (y_{13} + y_{23} + y_{34})V_3 - y_{34}V_4$$

$$0 = -y_{34}V_3 + y_{34}V_4$$

Admitanslar aşağıda gösterildiği şekilde bulunmaktadır.

$$Y_{11} = y_{10} + y_{12} + y_{13}$$

$$Y_{22} = y_{20} + y_{12} + y_{23}$$

$$Y_{33} = y_{13} + y_{23} + y_{34}$$

$$Y_{44} = y_{34}$$

$$Y_{12} = Y_{21} = -y_{12}$$

$$Y_{13} = Y_{31} = -y_{13}$$

$$Y_{23} = Y_{32} = -y_{23}$$

$$Y_{34} = Y_{43} = -y_{34}$$

Şekil-2.1'deki sistemde 1. Bara ile 4. Bara arasında herhangi bir bağlantı olmadığından $Y_{14} = y_{41} = 0$ dır. Benzer olarak ; $Y_{24} = y_{42} = 0$ dır.

Yukarıdaki basit bir güç sistemi için yazılan eşitlikleri n baralı bir sistem için yazıldığında düğüm gerilim eşitliğinin matris halinde gösterimi aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_i \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \cdots & Y_{1i} & \cdots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \cdots & Y_{2i} & \cdots & Y_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ Y_{i1} & Y_{i2} & \cdots & Y_{ii} & \cdots & Y_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \cdots & Y_{ni} & \cdots & Y_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_i \\ \vdots \\ V_n \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

$$I_{\text{bara}} = Y_{\text{bara}} V_{\text{bara}} \quad (2.3)$$

Hesaplamalarda baraya giren akım pozitif, baradan çıkan akım ise negatif değer olarak değerlendirilir. V_{bara} referans düğümünden ölçülen bara gerilimidir. Y_{bara} admitans matrisi olarak bilinir. Matrisin köşegen değerleri o noktaya bağlı olan admitansların toplamına eşittir. (Eşitlik 2.4)

$$Y_{ii} = \sum_{j=0}^n y_{ij} \quad j \neq i \quad (2.4)$$

Eşitlik 2.5'de görüldüğü gibi köşegen olmayan admitans değerleri düğümler arasındaki admitans değerlerinin negatif işaretlisine eşittir. Bu admitansa karşılıklı admitans ya da transfer admitansı denir.

$$Y_{ij} = Y_{ji} = -y_{ij} \quad (2.5)$$

Bara akımı bilindiği zaman bara gerilimi Eşitlik (2.6)'dan hesaplanabilir.

$$V_{\text{bara}} = Y_{\text{bara}}^{-1} I_{\text{bara}} \quad (2.6)$$

Admitans matrisinin tersi(inversi) bara empedans matrisi (Z_{bara}) olarak bilinir. Bara admitans matrisi yazılırken bir bara en fazla birkaç baraya bağlı olduğundan admitans matrisinin değeri sıfır olan birçok elemanı olacaktır. Oluşturulan matris yazılan birinci admitanstan sonuncu admitansa kadar arasında bir çizgi çizildiğinde çizginin iki tarafı birbirinin simetriği şeklinde oluştuğu görülecektir.

2.2. Yük Akışı Eşitlikleri

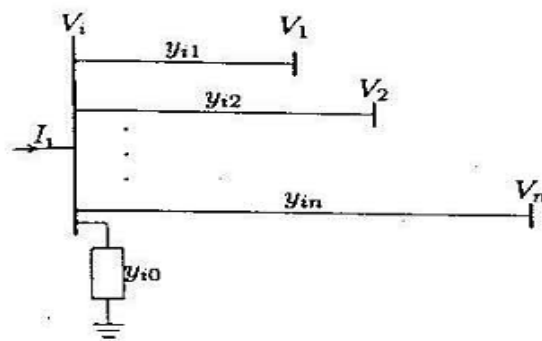
Şekil 2.1 gibi basit bir güç sistem şebekesi göz önünde bulundurulduğunda iletim hatları birim başına (per unit) admitanslara çevrilir ve π eşdeğer modeli kullanılarak çözülür. Kirchoff Akımlar Yasası yukarıdaki basit şebeke üzerinde uygulandığında;

$$I_i = y_{i0} V_i + y_{i1} (V_i - V_1) + y_{i2} (V_i - V_2) + \dots + y_{in} (V_i - V_n)$$

$$= (y_{i0} + y_{i1} + y_{i2} + \dots + y_{in}) V_i - y_{i1} V_1 - y_{i2} V_2 - \dots - y_{in} V_n$$

Bulunur. Ya da Eşitlik (2.7) 'deki gibi ifade edilir.

$$I_i = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j \quad , \quad (j \neq i) \quad (2.7)$$



Şekil 2.2 Bir güç sisteminin tipik bara yapısı

i barasındaki aktif ve reaktif güç:

$$P_i + jQ_i = V_i I_i^* \quad (2.8)$$

ya da

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} \quad (2.9)$$

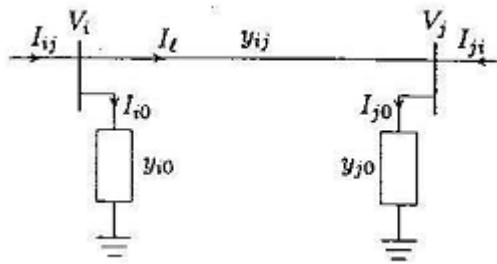
olarak ifade edilir. Eşitlik (2.4)'de I_i yerine konulursa Eşitlik (2.10) elde edilir.

$$\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j \quad , \quad (j \neq i) \quad (2.10)$$

Güç sistemlerinde güç akışı problemleri Eşitlik (2.10)'daki matematiksel formüle iteratif çözüm yöntemleri uygulanarak çözülebilir.

2.3. Hattaki Yük Akışı ve Kayıplar

Bara geriliminin iteratif çözümünden sonraki basamak hat kayıplarının hesaplanması işidir. Aşağıda i ve j baralarındaki akımlar görülmektedir.



Şekil 2.3: Tipik bir iletim hattı modeli

i barasından j barasına akan akım;

$$I_{ij} = I_l + I_{i0} = y_{ij}(V_i - V_j) + y_{i0}V_i \quad (2.11)$$

j barasından i barasına akan akım;

$$I_{ji} = I_l + I_{j0} = y_{ij}(V_j - V_i) + y_{j0}V_j \quad (2.12)$$

i ve j baralarındaki karmaşık güç;

$$S_{ij} = V_i I_{ij} \quad (2.13)$$

$$S_{ji} = V_j I_{ji} \quad (2.14)$$

i ve j baralarındaki güç kaybı 2.13 ve 2.14' karşılıklı güç akışları toplanarak bulunur. (Eşitlik 2.15)

$$S_{Lij} = S_{ij} + S_{ji} \quad (2.15)$$

Güç sisteminde yük akışı gibi doğrusal olmayan cebirsel eşitliklerin çözümünde genelde kullanılan iteratif metotlar, güç sistemleri yük akış problemlerinin çözümünde de kullanılmaktadır. Bu Metotlar: Gauss Seidel, Newton-Raphson ve Hızlı Ayrıştırma (Fast Decoupled) Metotlarıdır.

2.4 Yük Akışı Çözüm Metotları

Yük akışı probleminin çözülebilmesi için P_i, Q_i, V_i, θ_i değişkenlerinden herhangi ikisinin bilinmesi gerekmektedir. Bilinen iki değer kullanılarak diğer bilinmeyen değerler bulunabilir. Bilinmesi gereken değişkenler baranın türüne göre değişmektedir. Güç sistemlerinde sabit sistem frekansı ve gerilimi kararlı durum kabullerine göre üç çeşit bara vardır.

Gerilim Kontrollü Bara: Bu barada toplam P_i aktif gücü belirtilir. V_i gerilim genliği reaktif gücün de enjekte edilmesiyle beraber belirli sınır değerleri arasında kalmalıdır. Bu değerlere göre gerilimin faz açısına ve reaktif güce karar verilir. Gerilim kontrollü baralar genelde jeneratörün bağlı olduğu baralar olduğu için jeneratör barası olarak da isimlendirilir.

Yük Barası: Bu baralar yükün bağlı olduğu baralardır. Bu baralar için yükün $P_i + jQ_i$ gücü belirtilmiştir. Fiziksel güç sistemlerinde bu bir şehir veya bir endüstri merkezi gibi yük merkezine karşılık düşer. Bu baralarda gerilimin genliği ve faz açısı bulunur.

Salınım Barası: Sistemdeki üretilen güç ile yük arasında oluşan farkı dengelemek için kullanılan bara çeşididir. Hesaplamalarda gerilimin genliği ve faz açısı bilinirken Aktif ve reaktif güç sistemde oluşan farka göre belirlenir. Bu bara sistem kayıpları olarak bilinmediğinden, yük akım hesaplaması avantajından ortaya çıkar. Bu nedenle verilen toplam güç her barada belirtilmemektedir. Genelde uygun gerilim kontrollü baralardan biri serbest bara olarak seçilmektedir. Salınım barası gerilimi genelde referans gerilim olarak alınır. Bu nedenle referans barası olarak da bilinir.

Tablo 2.1 Baraların türlerine göre bilinen ve hesaplanan değişkenler

Baranın Cinsi	Bilinen Değerler	Hesaplanan Değerler
Salınım Barası	Gerilimin genliği ve faz açısı (V, δ)	Aktif ve Reaktif Güç (P, Q)
Gerilim Kontrollü Bara	Bara gerilimin genliği ve gücün genliği (P, V)	Gerilimin faz açısı ve reaktif güç (Q, δ)
Yük Barası	Aktif ve reaktif güçler (P, Q)	Bara geriliminin faz açısı ve genliği (V, δ)

Yük akış sisteminin her düğümünde doğrusal olmayan güç denklemlerinden değişken için iki bilinmeyen türetilir. İterasyon metodu bu doğrusal olmayan denklemler grubuna uygulanmaktadır. Bara güç değerleri, şebeke bağlantıları, admitans ve empedans gibi sistem verileri okunmaktadır. Temel yük akışı için tüm baralarda başlangıç gerilimleri tayin edilmektedir. Hesaplamalar, kolaylık olması açısından per unit (p.u) sistemde yapılmaktadır. Bara gerilim ve açıları belirlenen sınır değerler arasında güç üretimi sağladığı anda iterasyona son verilir. Bu şart, tüm baralar için güç uyumsuzluğu küçük bir I tolerans değerinden, gerilim artışları da e' den daha küçük iken kabul edilmektedir. Bu sonuca erişildiğinde, tüm baralar için güç şartları hesaplanmaktadır. Daha sonra hat güç akışları, kayıpları ve sistem toplamları hesaplanmaktadır.

2.4.1 Gauss-Seidel Metodu

Yük akış analizi probleminin çözümünde karşılaşılan zorluklar, değişik baralar için belirtilen dataların farklılığından ileri gelir. Yük akış problemlerinin sayısal çözümleri, bilinmeyen bara gerilimlerine tahmini değerler verip bilinen aktif ve reaktif güçler ve baralardaki tahmini değerlerden her bara için yeni bir gerilim değeri hesaplanmak sureti ile yapılır. Her bara için hesaplanan bu yeni gerilim değerleri diğer bara gerilimlerinin

hesaplanmasında kullanılır. Bu işleme iterasyon denir. İterasyon işlemine her baradaki değişim, belirtilen minimum değerden küçük oluncaya kadar devam edilir.

OYA'nın çözümüne bara gerilimi bağıntıları kurularak başlanır. Bara gerilimleri jeneratörlerden veya baralara bağlı yüklerden gelen aktif ve reaktif güçlerin bir fonksiyonudur. Yine bu bara gerilimleri tahmini olarak verilmiş veya daha önce diğer baralardan ve düğümlerin self ve karşılıklı admitanslarından hesaplanmıştır. Temel denklemlerin çıkarılmasına şebeke düğüm denklemleri ile başlanır.

Gauss-Seidel iteratif metodu peş peşe yer değiştirme metodu olarak da bilinir. $f(x) = 0$ fonksiyonu üzerinde metodun işleyişi açıklanmıştır. tekrar düzenlenip $x = g(x)$ şeklinde yazılır. Eğer $x^{(k)}$, x değişkeninin tahmini başlangıç noktası olarak kabul edilirse sıradaki iteratif dizi Eşitlik (2.16) gibi olur.

$$x^{(k+1)} = g(x^{(k)}) \quad (2.16)$$

Ardışık iterasyon, belirlenen hassasiyetten daha küçük olduğu zaman kabul edilebilir bir çözüm elde edilmiştir.

$$x^{(k+1)} - x^{(k)} \leq \epsilon \quad (2.17)$$

Yük akışı çalışmalarında her düğümdeki iki bilinmeyenli değişkenlerin bulunması için 2.10 'da belirtilen doğrusal olmayan eşitliklerin çözülmesi gerekmektedir.

$$P_i - jQ_i = V_i^* \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j, \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (2.18)$$

$$= V_i^* Y_{ii} V_i + \sum_{j=1, j \neq i}^n V_i^* Y_{ij} V_j \quad (2.19)$$

$$V_i^* Y_{ii} V_i = (P_i - jQ_i) - \sum_{j=1, j \neq i}^n V_i^* Y_{ij} V_j \quad (2.20)$$

$$Y_{ii} V_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} - \sum_{j=1, j \neq i}^n V_i^* Y_{ij} V_j \quad (2.21)$$

$$V_i^{(k+1)} = \frac{\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} - \sum_{j=1, j \neq i}^n V_i^* Y_{ij} V_j}{Y_{ii}} \quad (2.22)$$

y_{ij} p.u. cinsinden admitans değerini, P_{Gi} ve Q_{Gi} p.u. cinsinden gerçek aktif ve reaktif güç değerlerini ifade etmektedir. Kirchoff Akım Yasası'ndan baraya giren akım pozitif değer alır. Bundan dolayı jeneratör baraları gibi aktif ve reaktif güç enjekte eden baralarda P_{Gi} ve Q_{Gi} pozitif değerler, yük baraları gibi aktif ve reaktif güç çeken baralarda P_i ve Q_i negatif değer alırlar.

$$P_i^{(k+1)} = \left\{ V_i^{*(k)} \left[V_i^{(k)} \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j^k \right] \right\}, \quad (j \neq i) \quad (2.23)$$

$$Q_i^{(k+1)} = \left\{ V_i^{*(k)} \left[V_i^{(k)} \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j^k \right] \right\}, \quad (j \neq i) \quad (2.24)$$

Güç akışı eşitliği genelde bara admitans matrisinin elemanları ile ifade edilir. Y_{bara} admitans matrisinde $Y_{ij} = -y_{ij}$ köşegen olmayan elemanları, $Y_{ii} = \sum y_{ij}$ dir.

$$V_i^{(k+1)} = \frac{\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} - \sum_{j \neq i}^n Y_{ij} V_j^{(k+1)}}{Y_{ii}} \quad (2.25)$$

$$P_i^{(k+1)} = \left\{ V_i^{*(k)} \left[V_i^{(k)} Y_{ii} + \sum_{j=1, j \neq i}^n Y_{ij} V_j^{(k)} \right] \right\}, \quad (j \neq i) \quad (2.26)$$

$$Q_i^{(k+1)} = \left\{ V_i^{*(k)} \left[V_i^{(k)} Y_{ii} + \sum_{j=1, j \neq i}^n Y_{ij} V_j^{(k)} \right] \right\}, \quad (j \neq i) \quad (2.27)$$

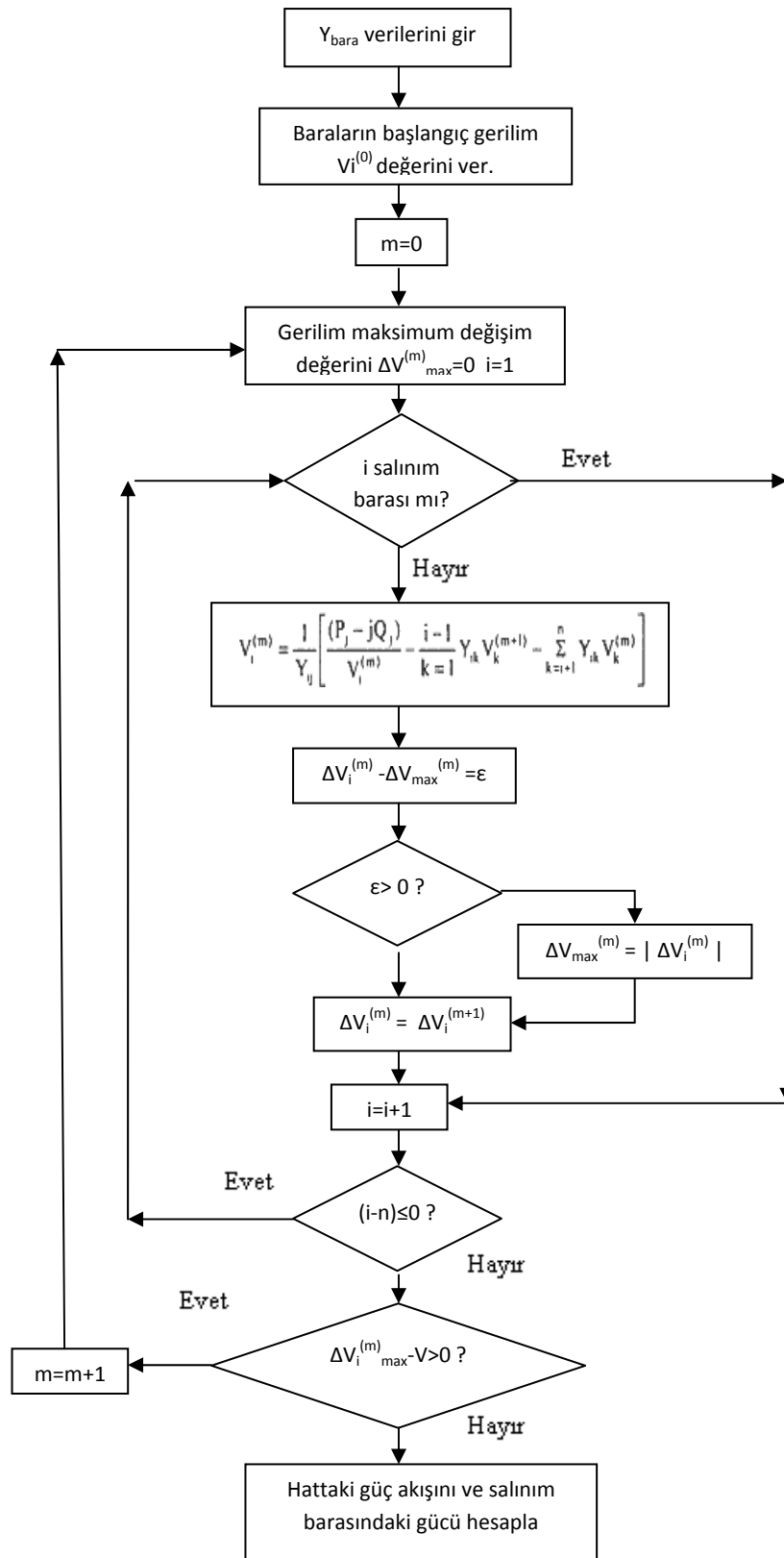
Y_{ii} değeri hat şarj sasppektansını ve hatla toprak arasındaki diğer sabit admitansları içerir. Normal koşullarda bara geriliminin genliği 1.0 p.u civarında ya da salınım barasının gerilimin genlik değerine yakın bir değer olmalıdır. Yük barasındaki gerilim değeri, reaktif güç talebinin değerine göre bazen jeneratör barasındaki gerilimin yüksek olduğu durumlarda salınım barasındaki gerilim değerinden düşüktür. Aynı zamanda yük barasının faz açısı aktif güç talebindeki referans açığı düşürür. Yük akışının baradaki durumuna göre jeneratör barasının faz açısı referans faz açısını yükseltebilir. Gauss-Seidel metodunda tahmini başlangıç gerilim değeri $1.0+j0.0$ olarak ve yakınsayan çözüm gerçek işletme durumlarıyla bağlantı kurar. Yük barası için aktif ve reaktif güçler bilinir. Tahmini başlangıç değeriyle başlatılır ve Eşitlik (2.5) çözülerek gerilimin aktif ve reaktif değerleri bulunur. P_i ve V_i değerlerinin verildiği P-V (Gerilim kontrollü) baralarda ilk önce Eşitlik (2.27) çözülür ve $V_i^{(k+1)}$ 'i bulmak için Eşitlik (2.27) ve (2.26) kullanılır. Fakat V_i belirlendiğinde sadece $V_i^{(k+1)}$ imajiner kısmı tespit edilir. Gerçek kısmı Eşitlik (2.28) ve (2.29) 'dan hesaplanır.

$$\left(e_i^{(k+1)} \right)^2 + \left(f_i^{(k+1)} \right)^2 = |V_i^2| \quad 2.28$$

$$\left(e_i^{(k+1)} \right) = \sqrt{|V_i^2| - \left(f_i^{(k+1)} \right)^2} \quad 2.29$$

$\left(e_i^{(k+1)} \right)$ ve $\left(f_i^{(k+1)} \right)$ iteratif sıradaki $V_i^{(k+1)}$ 'in sırasıyla reel ve imajiner kısımlarıdır. Her iterasyondan elde edilen yaklaşık çözüme hızlandırma faktörü uygulanarak yakınsama oranı artırılmıştır. α hızlandırma faktörüdür ve değeri sisteme göre değişir. Benzer sistemlerde α 'nın değeri genelde 1.3 ile 1.7 arasında alınır.

$$V_i^{(k+1)} = V_i^{(k)} + \alpha \left(V_{i\text{hes}}^{(k)} \right) - V_i^{(k)} \quad (2.30)$$



Şekil 2.4. Gauss-Seidel metodu ile yük akış analizi akış diyagramı

Sonraki gelen eşitliklerin çözümünde hesaplanan gerilim önceki gerilimin yerini alır. İterasyon belirlenen hassasiyet değerine gelene kadar gerilimin gerçek ve reel kısmındaki işlem devam eder.

$$|e_i^{(k+1)} - e_i^{(k)}| \leq \varepsilon \quad (2.31)$$

$$|f_i^{(k+1)} - f_i^{(k)}| \leq \varepsilon \quad (2.32)$$

Güç uyumsuzluğu makul ve kabul edilebilir düzeyde olmalıdır. Gerilimin genliği ve faz açısı için çok dar bir tolerans belirlenmelidir. Gerilimin hassasiyeti 0.00001 ila 0.00005 arasında olmalıdır. Pratik olarak güç uyumsuzluğu ayarlarında hassasiyet oranına göre çözümün tamamlanmasına karar verilir. İterasyon ΔP ve ΔQ 'nın en büyük elementi belirtilen değerden küçük olana kadar devam eder. Tipik güç uyumsuzluk hassasiyeti 0.001'dir. Çözüm bir kere yakınsadığında salınım barasındaki aktif ve reaktif güç Eşitlik (2.26) ve Eşitlik (2.27)' den hesaplanır.

2.4.1.1 IEEE-30 Baralı Sistemde Gauss-Seidel Metodu ile Yük Akışının Geçekleştirilmesi

IEEE-30 baralı sistemin yük akışı analizi Gauss-Seidel Metodu ile gerçekleştirilmiştir. 34 iterasyon sonucunda Maksimum Güç Uyumsuzluğu (Maksimum Power Mismatch-MPM) 0.000951884 olarak belirlenmiştir. Güç akışına ilişkin bilgiler Tablo 2.2 'de gösterilmiştir. İterasyonlar sonucunda baralar arasındaki güç alış verişine ait bilgiler ve hat kayıpları Ek-B kısmındaki Tablo B1' de verilmiştir. Eşitlik (1.5) ve Eşitlik (1.6)'daki güç eşitlikleri gereği jeneratörler tarafından sisteme verilen aktif ve reaktif güçler yükler tarafından talep edilen aktif ve reaktif güçler ve iletimde yaşanan kayıplar nedeniyle harcanan güçlerin toplamına eşittir.

Gauss-Seidel hesaplama açısından oldukça basit bir yöntemdir ve dolayısıyla programlama açısından diğer yöntemlere göre daha kolaydır. Bilgisayar hafızasında da daha az yer kaplar. Ama bu hesaplamadaki basitlik çok sayıda çözüme iterasyon sonucunda ulaşmasına neden olmaktadır. İterasyonun hesaplama süresi hızlandırma

Tablo 2.2 IEEE-30 baralı sistemde Gauss-Seidel metodu ile güç akışı analizi

Bara No	Gerilim Genliği (p.u.)	Gerilimin Açısı (Derece)	YÜK		ÜRETİM		SİSTEME VERİLEN MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1.060	0.000	0.000	0.000	260.950	-17.010	0.000
2	1.043	-5.496	21.700	12.700	40.000	48.826	0.000
3	1.022	-8.002	2.400	1.200	0.000	0.000	0.000
4	1.013	-9.659	7.600	1.600	0.000	0.000	0.000
5	1.010	-14.380	94.200	19.000	0.000	35.995	0.000
6	1.012	-11.396	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	1.003	-13.149	22.800	10.900	0.000	0.000	0.000
8	1.010	-12.114	30.000	30.000	0.000	30.759	0.000
9	1.051	-14.432	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	1.044	-16.024	5.800	2.000	0.000	0.000	19.000
11	1.082	-14.432	0.000	0.000	0.000	16.113	0.000
12	1.057	-15.301	11.200	7.500	0.000	0.000	0.000
13	1.071	-15.300	0.000	0.000	0.000	10.406	0.000
14	1.043	-16.190	6.200	1.600	0.000	0.000	0.000
15	1.038	-16.276	8.200	2.500	0.000	0.000	0.000
16	1.045	-15.879	3.500	1.800	0.000	0.000	0.000
17	1.039	-16.187	9.000	5.800	0.000	0.000	0.000
18	1.028	-16.881	3.200	0.900	0.000	0.000	0.000
19	1.025	-17.049	9.500	3.400	0.000	0.000	0.000
20	1.029	-16.851	2.200	0.700	0.000	0.000	0.000
21	1.032	-16.468	17.500	11.200	0.000	0.000	0.000
22	1.033	-16.455	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	1.027	-16.660	3.200	1.600	0.000	0.000	0.000
24	1.022	-16.829	8.700	6.700	0.000	0.000	4.300
25	1.019	-16.423	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26	1.001	-16.835	3.500	2.300	0.000	0.000	0.000
27	1.026	-15.913	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28	1.011	-12.056	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29	1.006	-17.133	2.400	0.900	0.000	0.000	0.000
30	0.994	-18.016	10.600	1.900	0.000	0.000	0.000
Toplam			283.400	126.200	300.950	125.089	23.300

faktörüne bağlı olarak değişmektedir. Hızlandırma faktörü yüksek bir değer seçilirse hata oranı artacaktır. Hızlandırma faktörü düşük bir değer seçildiğinde ise hata değeri düşecektir ama algoritmanın işlem süresi uzayacaktır. Bara sayısı arttıkça iterasyonun yakınsama süresi çok fazla arttığından büyük sistemlerde bu yöntem kullanılmamaktadır.

2.4.2 Newton-Raphson Metodu

Newton-Raphson Metodu aynı sayıda bilinmeyeni ve eşitliği olan denklemlerinde çözümünde kullanılan iteratif bir algoritmadır. Bu algortmada bir dizi eşitsizlik göz önünde bulundurulur.

$$f_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = y_i, \quad i=1, 2, \dots, n \quad (2.33)$$

Gerçek çözümünden çok da uzak olmayan bir x_i başlangıç değeri için algoritma başlatılır.

$$x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)} \quad (2.34)$$

Daha sonra Taylor Serisi kullanılarak ve daha üst terimler ihmal edilerek, düzenlenmiş eşitlik aşağıdaki gibidir.

$$x_1^{(0)} + \Delta x_1, x_2^{(0)} + \Delta x_2, \dots, x_n^{(0)} + \Delta x_n = y_i \quad (2.35)$$

Eşitlik (2.35) $x_i=(i=1, 2, \dots, n)$ 'in Δx kadar düzeltildiği denklemdir. Verilen iterasyon $x_i(0)$ noktasında $f_i(x)$ fonksiyonu için Bir hiperbolik tanjantı ifade eden bir dizi doğrusal eşitlik, Eşitlik (2.36) ve Eşitlik (2.37)'de verildiği şekilde elde edilir.

$$\Delta Y = J \Delta X \quad (2.36)$$

$$y_i - f_i(x_1^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}) \quad (2.37)$$

ΔY sütun vektörüdür ve Eşitlik (2.37) ifadesinden karar verilir. ΔX , düzeltme terimi Δx_1 'in sütun vektörüdür.

J , $x_1(0)$ noktasında değerlendirilen birinci dereceden kısmi türevi sonucu verilen f fonksiyonunun Jacobian matrisidir. İyileştirilen çözüm $x_1^{(1)} = x_1^{(0)} + \Delta x_1$ şeklinde elde edilir. Kare Jacobian Matris Eşitlik 2.38'de verilmiştir.

$$J_{1k} = \frac{\partial f_1}{\partial x_k} \quad (2.38)$$

Bir dizi doğrusal olmayan eşitlik için yakınsanmış çözüm elde edebilen yukarıdaki metot yük akışı problemlerinin çözümünde de kullanılabilir. Bu metot sonuçtaki gerilim değerinin nominal değerlerden çok da farklı olmadığını verebilir. Newton-Raphson Metodu özellikle yük akışı problemleri için uygundur. Güç akışında J matrisi oldukça seyrek ve özellikle yük akışı uygulamalarına ve seyrekliğine uygundur. Bu metot ikinci dereceden yaklaşım özellikleri içerir, çözüm noktası yakın olduğu zaman çok hızlı yakınsar.

Güç sistemlerinde yük akışı probleminin Newton-Raphson Metodu kullanılarak çözümü aşağıdaki aşamaları içermektedir. Bir i düğümündeki kompleks güç eşitliğin polar formu aşağıdaki gibidir.

$$P_i - jQ_i = |V_i| \angle -\delta_i \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \angle \theta_{ij} + \delta_j \quad (2.39)$$

i barasında indüklenen aktif ve reaktif güç eşitlikleri de aşağıda verilmiştir. Yakınsama için bu değerler yeniden üretilir.

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i - \delta_j) \quad (2.40)$$

$$Q_i = - \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i - \delta_j) \quad (2.41)$$

2.27 deki matris eşitliği aşağıdaki şekilde düzenlenir.

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \quad (2.42)$$

H,N,M,L alt matrislerin köşegen ve köşegen olmayan elemanları Eşitlik (2.43) ve (2.44)'ün değerine nazaran $|V|$ ve δ 'ye göre türevleri alınarak bulunur. H matrislerin köşegen olmayan elemanları;

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_j} = |V_i V_j Y_{ij}| \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) \quad , \quad (i \neq j) \quad (2.43)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = \sum_{j=1}^n |V_i V_j Y_{ij}| \cos(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) \quad , \quad (i \neq j) \quad (2.44)$$

N matrisin köşegen olmayan elemanları;

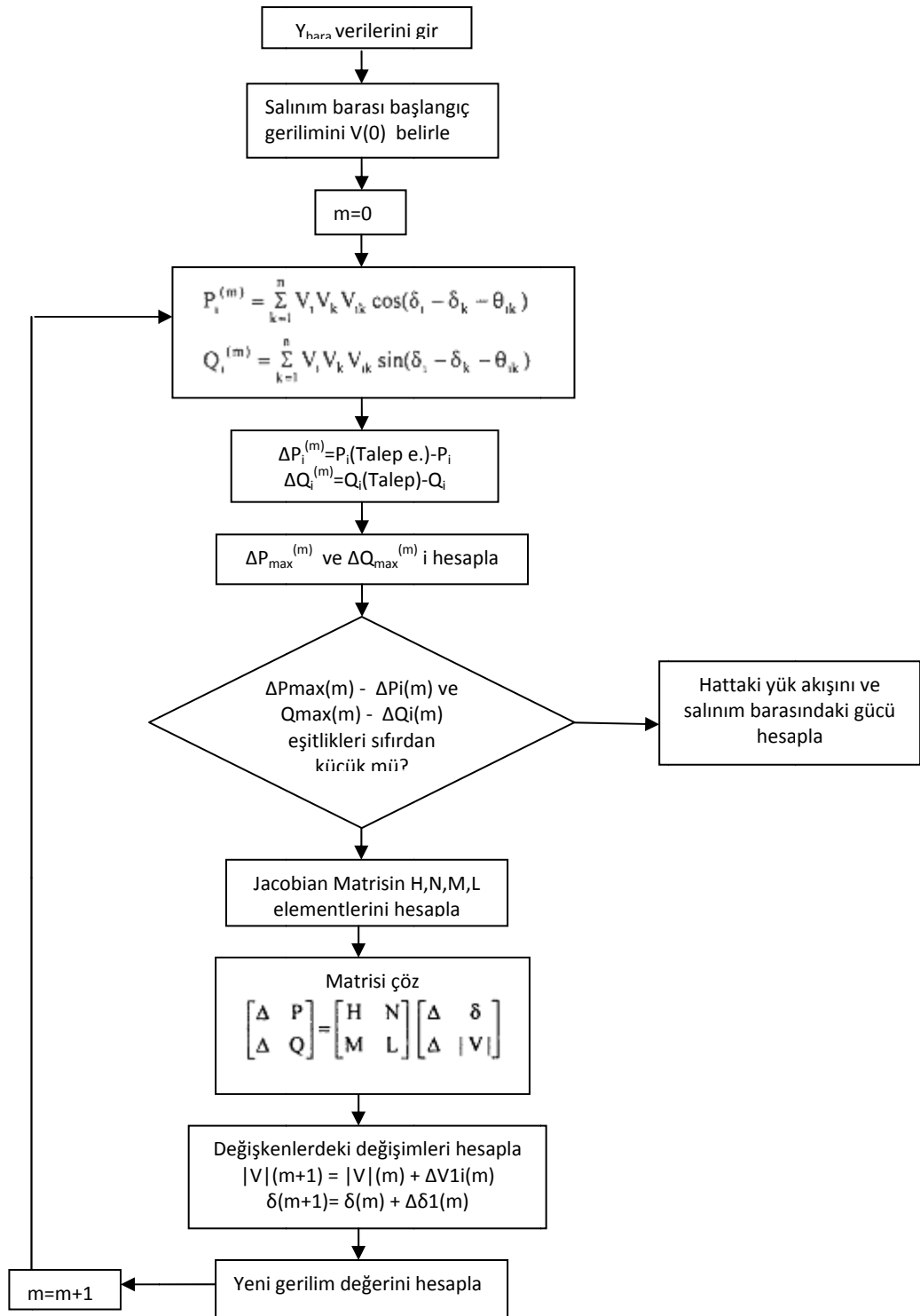
$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_j|} = |V_i Y_{ij}| \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) \quad (2.45)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_i|} = 2 |V_i Y_{ii}| \cos \theta_{ii} + \sum_{j=1, j \neq i}^n |V_j Y_{ij}| \cos(\delta_i - \delta_j - \delta_{ij}) \quad (2.46)$$

M Matrisin köşegen olmayan elemanları;

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_j} = -|V_i V_j Y_{ij}| \cos(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) \quad (2.47)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = \sum_{j=1, j \neq i}^n |V_i V_j Y_{ij}| \cos(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) \quad , \quad (i \neq j) \quad (2.48)$$



Şekil 2.5. Newton-Raphson metodu ile yük akış analizi akış diyagramı

L Matrisinin köşegen olmayan elemanları;

$$\frac{\partial Q_i}{\partial |V_j|} = |V_i Y_{ij}| \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) \quad (2.49)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_i|} = 2|V_i Y_{ii}| \cos \theta_{ii} + \sum_{j=1, j \neq i}^n |V_j Y_{ij}| \cos(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}) \quad (2.50)$$

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix} \quad (2.51)$$

Eşitliklerden $H_{ij} = L_{ij}$, $N_{ij} = -M_{ij}$ olduğu görülecektir. Yani simetrik olarak değişikliğe uğramıştır.

2.4.2.1 IEEE-30 Baralı Sistemde Newton-Raphson Metodu ile Yük Akışının Geçekleştirilmesi

IEEE-30 baralı sistemin yük akışı analizi Newton-Raphson Metodu ile gerçekleştirilmiştir. 4 iterasyon sonucunda Maksimum güç uyumsuzluğu (Maksimum Power Mismatch-MPM) $7.54898e-007$ olarak iterasyon sonuçlanmıştır. Eşitlik (1.5) ve Eşitlik (1.6)'daki güç eşitlikleri gereği jeneratörler tarafından sisteme verilen aktif ve reaktif güçler, yükler tarafından talep edilen aktif ve reaktif güçler ve iletimde yaşanan kayıplar nedeniyle harcanan güçlerin toplamına eşit olduğu görülmektedir. Güç akışına ilişkin bilgiler Tablo 2.3'de, iterasyonlar sonucunda baralar arasındaki güç alış verişine ait bilgiler ve hat kayıpları Ek B kısmındaki Tablo B2' de verilmiştir.

Gauss-Seidel Metodu'nda 34 iterasyon sonucunda çözüme ulaşılmasına karşın Newton-Raphson Metodu'nda sadece 4 iterasyon sonucunda çözüme ulaşılmıştır. Algoritmanın tamamlanma süresini oldukça azalmıştır. Bununla beraber hata oranı da 100 kat daha iyi bir sonuçla algoritma sonlandırılmıştır. Bu durum bu metodun daha hassas sonuç verdiğini bize göstermektedir. İterasyon sayısı genelde sistemin büyüklüğünden bağımsızdır. Yani daha büyük sistemlerde de aynı iterasyon sayısıyla çözüme ulaşılır.

Tablo 2.3. IEEE-30 baralı sistemde Newton-Raphson metodu ile yük akış analizi

Bara No	Gerilimin Genliği (p.u.)	Gerilimi n Açısı (Derece)	YÜK		ÜRETİM		SİSTEME VERİLEN MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1.060	0.000	0.000	0.000	260.998	-17.021	0.000
2	1.043	-5.497	21.700	12.700	40.000	48.822	0.000
3	1.022	-8.004	2.400	1.200	0.000	0.000	0.000
4	1.013	-9.661	7.600	1.600	0.000	0.000	0.000
5	1.010	-14.381	94.200	19.000	0.000	35.975	0.000
6	1.012	-11.398	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	1.003	-13.150	22.800	10.900	0.000	0.000	0.000
8	1.010	-12.115	30.000	30.000	0.000	30.826	0.000
9	1.051	-14.434	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	1.044	-16.024	5.800	2.000	0.000	0.000	19.000
11	1.082	-14.434	0.000	0.000	0.000	16.119	0.000
12	1.057	-15.302	11.200	7.500	0.000	0.000	0.000
13	1.071	-15.302	0.000	0.000	0.000	10.423	0.000
14	1.042	-16.191	6.200	1.600	0.000	0.000	0.000
15	1.038	-16.278	8.200	2.500	0.000	0.000	0.000
16	1.045	-15.880	3.500	1.800	0.000	0.000	0.000
17	1.039	-16.188	9.000	5.800	0.000	0.000	0.000
18	1.028	-16.884	3.200	0.900	0.000	0.000	0.000
19	1.025	-17.052	9.500	3.400	0.000	0.000	0.000
20	1.029	-16.852	2.200	0.700	0.000	0.000	0.000
21	1.032	-16.468	17.500	11.200	0.000	0.000	0.000
22	1.033	-16.455	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	1.027	-16.662	3.200	1.600	0.000	0.000	0.000
24	1.022	-16.830	8.700	6.700	0.000	0.000	4.300
25	1.019	-16.424	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26	1.001	-16.842	3.500	2.300	0.000	0.000	0.000
27	1.026	-15.912	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28	1.011	-12.057	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29	1.006	-17.136	2.400	0.900	0.000	0.000	0.000
30	0.995	-18.015	10.600	1.900	0.000	0.000	0.000
TOPLAM		283.400	126.200	300.998	125.144	23.300	

Bu nedenle genelde büyük güç sistemlerin yük akışı analizinde kullanılır. Orta büyüklükteki bir güç sistemi olan IEEE-30 baralı güç sisteminin optimizasyonu için yapılan yük akış analizlerinde Newton-Raphson Metodu kullanılmıştır.

Bu metodun olumsuz yönleri; her bir iterasyonun daha çok hesaplamaya dolayısıyla, daha çok süreye ihtiyaç duymasındır. Buna rağmen genelde yakınsama süresi diğer metotlara göre daha kısadır. Bilgisayar hafızasında yer kaplaması da olumsuz özelliği olarak değerlendirilir.

2.4.3. Hızlı Ayrıştırma (Fast Decoupled) Metodu

Güç sistemi iletim hatları çok yüksek bir X/R oranına sahiptir. Bir sistem için aktif güç değişimi ΔP gerilimin genliğindeki değişime daha az duyarlıdır ama faz açısındaki $\Delta \delta$ değişimine çok duyarlıdır. Benzer olarak faz açısındaki değişime daha az duyarlı ama esas olarak gerilimin genliğindeki değişime bağlıdır. Bundan dolayı Jacobian matrisin J_2 ve J_3 değerini sıfır almak uygun olacaktır.

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & 0 \\ 0 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \quad (2.51)$$

$$\Delta P = J_1 \Delta \delta = \left[\frac{\partial P}{\partial \delta} \right] \Delta \delta \quad (2.52)$$

$$\Delta Q = J_4 \Delta |V| = \left[\frac{\partial Q}{\partial V} \right] \Delta V \quad (2.53)$$

Eşitlik (2.52) ve (2.53)'de görüldüğü gibi matris eşitliği iki ayrı eşitlik şeklinde tanımlanmıştır. Böylece Newton-Raphson modelinde çözülen eşitliklerden daha basit hale gelmiş ve hesaplama zamanını kısaltmıştır. J_1 'in köşegen elemanları aşağıdaki formülle ifade edilir.

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i - \delta_j) - |V_i|^2 |Y_{ii}| \sin \theta_{ii} \quad (2.54)$$

$$Q_i = - \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i - \delta_j) \quad (2.55)$$

Yukarıdaki Eşitlik (2.54)'de ifade edilen ve eşitliğin ilk terimine Eşitlik (2.55)'de ifade edilen Q eşitliği yerine konulduğu zaman;

$$\begin{aligned} \frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} &= - Q_i - |V_i|^2 |Y_{ii}| \sin \theta_{ii} \\ &= - Q_i - |V_i|^2 B_{ii} \end{aligned} \quad (2.56)$$

şeklini alır. $B_{ii} = |Y_{ii}| \sin \theta_{ii}$ de bara admitans matrisinin köşegen elemanının imajiner kısmıdır. Bir i barasındaki tüm sasektans olaylarının toplamıdır. Tipik bir güç sisteminde $B_{ii} \gg Q_{ii}$ ve Q_i göz ardı edilebilir. $|V_i|^2 \approx |V_i|$ farz edilerek formül daha da basit hale getirilebilir.

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = - |V_i| B_{ii} \quad (2.57)$$

Normal işletme şartlarında $\delta_j - \delta_i$ oldukça küçüktür. Eşitlik 2.44 daki formülde $\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j \approx \theta_{ij}$ olarak kabul edilir. J1 in köşegen olmayan elemanları;

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_j} = - |V_i| |V_j| B_{ij} \quad (2.58)$$

şeklinde ifade edilir. Daha da sadeleştirmek gerekirse $|V_j| \approx 1$ kabul edilerek

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_j} = - |V_i| B_{ij} \quad (2.59)$$

yazılabilir. Benzer şekilde Jacobian Matrisin J4 elemanı da formüle edilir ve basitleştirmek için benzer kabuller yapıldığında $\frac{\partial Q_i}{\partial V_j} = - |V_i| B_{ij}$ şekline dönüşür. Yapılan

bu kabuller Eşitlik (2.52) ve (2.53) 'deki matematiksel formüller aşağıdaki hale dönüşür.

$$\frac{\Delta P}{|V_i|} = -B' \Delta \delta \quad (2.60)$$

$$\frac{\Delta P}{|V_i|} = -B'' \Delta |V| \quad (2.61)$$

Benzer olarak J_4 elemanı Eşitlik (2.62) denklemdir.

$$\frac{\partial Q_i}{\partial V_i} = -|V_i||Y_{ii}| \sin \theta_{ii} - \sum_{j=1}^n |V_i||V_j||Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (2.62)$$

Eşitlik (2.41) ' de verilen Q eşitliği yerine konulursa;

$$\frac{\partial Q_i}{\partial V_i} = -|V_i||Y_{ii}| \sin \theta_{ii} + Q_i \quad (2.63)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = -|V_i|B_{ii} \quad (2.64)$$

$\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j \approx Q_{ij}$ olduğu farzedilirse;

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = -|V_i|B_{ij} \quad (2.65)$$

Burada B' ve B'' bara admitans matrisi Y_{bara} 'nın imajiner kısmını ifade eder. Matrisin bu elemanı sabit olduğundan üçgenleştirilmeli ve iterasyonun başında bir seferliğine çevrilmelidir. B'(n-1) tanedir.

Gerilim kontrollü baralar için $|V_i|$ ve P_i belirtilir ama Q_i belirtilmez. İlgili satır ve sütunlar Y_{bara} matrisinden çıkarılır. Bundan dolayı B'' (n-1-m) adettir. Burada m gerilim

kontrollü bara sayısıdır. Bundan dolayı Hızlı Ayırıştırma yük akışı algoritmasında gerilimin genliği ve faz açısı değişimleri;

$$\Delta\delta = - [B']^{-1} \frac{\Delta P}{|V|} \quad (2.66)$$

$$\Delta V = - [B'']^{-1} \frac{\Delta Q}{|V|} \quad (2.67)$$

şeklindedir. Hızlı ayırıştırma yük akışı çözümü Newton Raphson Metodundan daha çok iterasyona ihtiyaç duyar. Ancak bir iterasyon için harcanan zaman daha azdır ve güç akışı çözümüne çok hızlı ulaşılır. Bu teknik anında (online) kontrol için güç akışı çözümünde ya da çoklu çıkışların olduğu olasılık analizlerinde çok faydalı bir yöntemdir.

2.4.2.1 IEEE-30 Baralı Sistemde Hızlı Ayırıştırma Metodu ile Yük Akışının Geçekleştirilmesi

IEEE-30 baralı sistemin yük akışı analizi Hızlı Ayırıştırma Metodu ile gerçekleştirilmiştir. 15 iterasyon sonucunda Maksimum Güç Uyumsuzluğu (Maksimum Power Mismatch-MPM) 0.000919582 olarak çevrim sonuçlanmıştır. Eşitlik (1.5) ve Eşitlik (1.6)'daki güç eşitlikleri gereği jeneratörler tarafından sisteme verilen aktif ve reaktif güçler yükler tarafından talep edilen aktif ve reaktif güçler ve iletimde yaşanan kayıplar nedeniyle harcanan güçlerin toplamına eşit olduğu görülmektedir. Güç akışına ilişkin bilgiler Tablo 2.4 ' de, iterasyonlar sonucunda baralar arasındaki güç alış verişine ait bilgiler ve hat kayıpları Ek B kısmında Tablo B3' de verilmiştir.

Bu yöntem yük akışı için matematiksel açıdan basit ve hızlı bir yöntemdir. 15 iterasyon sonucunda yakınsama elde edilmiştir. Hafıza gereksinimi diğer metotlara göre daha azdır. Hata oranı Gauss-Seidel ile yakındır. Matematiksel olarak basit bir yöntem olması sebebiyle bu üç yöntem arasında en hızlı yakınsayan yöntem olmuştur.

Tablo 2.4. IEEE-30 baralı sistemde hızlı ayrıştırma metodu ile yük akışı analizi

Bara No	Gerilimin Genliği (p.u.)	Gerilimin Açısı (Derece)	YÜK		ÜRETİM		SİSTEME VERİLEN MVAR
			MW	MVAR	MW	MVAR	
1	1.060	0.000	0.000	0.000	260.998	-17.021	0.000
2	1.043	-5.497	21.700	12.700	40.000	48.822	0.000
3	1.022	-8.004	2.400	1.200	0.000	0.000	0.000
4	1.013	-9.662	7.600	1.600	0.000	0.000	0.000
5	1.010	-14.381	94.200	19.000	0.000	35.975	0.000
6	1.012	-11.398	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	1.003	-13.149	22.800	10.900	0.000	0.000	0.000
8	1.010	-12.115	30.000	30.000	0.000	30.828	0.000
9	1.051	-14.434	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	1.044	-16.024	5.800	2.000	0.000	0.000	19.000
11	1.082	-14.434	0.000	0.000	0.000	16.120	0.000
12	1.057	-15.303	11.200	7.500	0.000	0.000	0.000
13	1.071	-15.303	0.000	0.000	0.000	10.421	0.000
14	1.042	-16.198	6.200	1.600	0.000	0.000	0.000
15	1.038	-16.276	8.200	2.500	0.000	0.000	0.000
16	1.045	-15.881	3.500	1.800	0.000	0.000	0.000
17	1.039	-16.188	9.000	5.800	0.000	0.000	0.000
18	1.028	-16.882	3.200	0.900	0.000	0.000	0.000
19	1.025	-17.051	9.500	3.400	0.000	0.000	0.000
20	1.029	-16.852	2.200	0.700	0.000	0.000	0.000
21	1.032	-16.468	17.500	11.200	0.000	0.000	0.000
22	1.033	-16.454	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	1.027	-16.661	3.200	1.600	0.000	0.000	0.000
24	1.022	-16.829	8.700	6.700	0.000	0.000	4.300
25	1.019	-16.423	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26	1.001	-16.840	3.500	2.300	0.000	0.000	0.000
27	1.026	-15.912	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28	1.011	-12.057	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29	1.006	-17.136	2.400	0.900	0.000	0.000	0.000
30	0.995	-18.014	10.600	1.900	0.000	0.000	0.000
TOPLAM			283.400	126.200	300.998	125.145	23.300

3. BÖLÜM

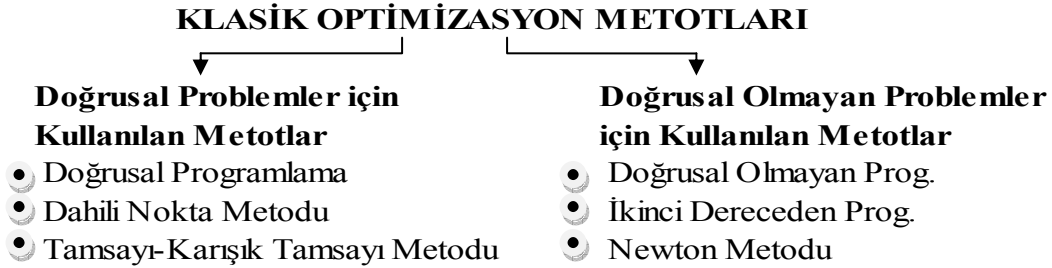
GÜÇ SİSTEMLERİNDE KULLANILAN OPTİMİZASYON METOTLARI

Güç sistemlerinin planlanmasında, enerjinin üretiminde, iletiminde, dağıtımında enerji verimliliğini sağlamak ve maliyetleri en aza indirmek amacıyla çeşitli optimizasyon metotlarına başvurulmuştur. Güç sistemleri problemlerinin çözümünde klasik metotlar öteden beri kullanılmaktadır. Bu metotlara daha sonra sezgisel metotlar da eklenmiştir. Güç sistemlerinin sezgisel metotlarla optimizasyonu son yıllarda elektrik mühendisliğinin popüler konularından biri haline gelmiştir. Güç sistemlerine optimizasyon metotları uygulanırken en iyi sonucu alabilmek için en uygun metot seçilmelidir. Klasik ve Sezgisel Metotların birbirlerine göre bazı üstünlükleri ve yetersizlikleri bulunmaktadır. Metot seçilirken bazı kriterler göz önünde bulundurulmaktadır. Örneğin Klasik Metotlar kullanılırken problemin doğrusal olup olmaması önemli kriterlerden birisidir.

Güç sistemleri coğrafi olarak çok geniş bir alana yayılmış karmaşık sistemlerdir. Farklı atmosferik şartlar altında oluşan değişik elektrostatik ve elektromanyetik çevresel etkiler, güç elektroniği elemanlarını bozucu etkileri gibi birçok olumsuz durumdan etkilenirler. Bu durum güç sistemlerinin işletmesi sırasında kayıpların artmasına, elektrik enerjisinin üretim, iletim ve dağıtımında verimin düşmesine neden olmaktadır.

Optimizasyon bir sistemin olası tasarımları arasından en iyisini bulmaktır ve bu sistemin en uygun çalışma şartlarına karar vermek için kullanılan önemli bir araçtır. Klasik Optimizasyon Metotları, güç sistemlerinin optimum çalışmasını sağlayarak

maliyeti azaltmak amacıyla önceden beri kullanılmaktadır. Güç sistemi problemlerinde kullanılan klasik optimizasyon metotları, Doğrusal problemler ve Doğrusal olmayan problemler için kullanılanlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır [37].



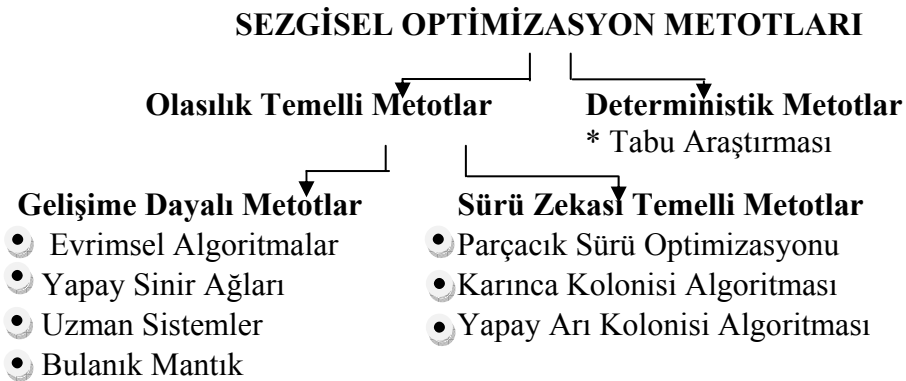
Şekil 3.1 Güç sistemlerinde kullanılan klasik optimizasyon metotları

Klasik Optimizasyon Metotlarının bilinen bazı üstünlükleri [38];

- (i) Algoritma başarılı olarak sonuca ulaştığında bulunan çözümün optimum olması,
- (ii) Çözüm aralığının alt ve üst sınırlarındaki optimum çözüme götüren bilgilerin elde edilebilmesi,
- (iii) Optimum çözümün olmadığı bölgeleri elemine edebilmesidir.

Klasik Optimizasyon Metotlarının belirlenen bazı yetersizlikleri;

- (i) Genelde küçük boyutlu problemlerin çözümünde kullanılması,
- (ii) Fazla hafıza kullanımının programın erken sonlandırılmasına neden olması,
- (iii) Formülasyondaki değişime uyarlanmasının oldukça zor olması,
- (iv) Bir problem için çok iyi sonuç veren klasik yöntemlerin bir başka probleme uygulanmasının oldukça zor olması,
- (v) Çalışmasının ve ulaştığı çözümün genel olarak lokal optimumda kalmasıdır.



Şekil 3.2 Güç sistemlerinde kullanılan sezgisel optimizasyon metotları

Sezgisel Metotların global optimuma yakınsaması ve çok geniş bir çözüm uzayını hızlı bir şekilde tarayabilmesi güç sistemleri optimizasyonu için bu metotları cazip kılmıştır. Güç sistemlerinde kullanılan sezgisel metotlar Şekil-3.1 'de belirtildiği gibi temelde deterministik metotlar ve olasılık temelli metotlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

3.1.Klasik Optimizasyon Metotları

3.1.1 Doğrusal Güç Sistemleri Problemleri için Kullanılan Metotlar

3.1.1.1 Doğrusal Programlama

Bu metotla doğrusal olmayan güç sistemi optimizasyon problemleri sistem doğrusallaştırılarak çözülmeye çalışılmaktadır. Bu sebeple kullanılan hedef fonksiyonlar ve kısıtlamaları doğrusal formda düzenlenir. Doğrusal Programlama(DP)'nin üstün taraflarından birisi yaklaşım özellikleri açısından güvenilir olmasıdır. Metodun uygulanması mümkün olmayan durumları hemen tespit edebilmesi ve acil durum kısıtlamalarını da sağlayarak çok çeşitli güç sistemi çalışma limitlerine uygulanabilmesi diğer üstünlükleridir. Sistem kayıplarının hatalı değerlendirilmesi ve doğrusal olmayan güç sistem modellerine göre kesin çözüm üretmekte yetersiz kalması bilinen olumsuz yönleridir. DP çeşitli güç sistem uygulamalarında kullanılmaktadır. Bunlardan; güç sistemlerinde optimum yük akışı, reaktif güç planlaması, aktif ve reaktif güç dağıtımı, ekonomik yük dağılımı, şebeke güvenliği ve güç sistem planlaması sayılabilir.

3.1.1.2 Dahili Nokta Metodu

Dahili Nokta Metodu(DNM) 1984 yılında Karmarker tarafından esas olarak doğrusal programlama problemlerini çözmek için geliştirilen bir metottur. Doğrusal programlamadaki klasik tek yönlü çözüm yöntemiyle karşılaştırıldığında gerekli hassasiyetleri de sağlayarak çok daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Ama bu metot genelde algoritmanın kötü başlangıç değerinden ve optimallik kriterlerinden olumsuz etkilenir. Durum tahmini, optimum yük akışı güç sistemlerinde bazı kullanım alanlarıdır.

3.1.1.3 Tamsayı-Karışık Tamsayı Metodu

Bir çok optimizasyon problemlerinde bazı bağımsız değişkenler ve kısıtlamalar sadece tamsayı değeri alırlar. Örneğin ON=1 OFF=0 gibi. Bu tip problemler tamsayı programlama yöntemiyle çözülür. Kullanılan değişkenler sürekli ise bu metot Karışık Tamsayı Programlama(KTP) adını almaktadır. Transformatör kademe oranı, faz kayma açısı ve şebekenin devrede ya da devre dışı olması gibi güç sistemleri problemleri karışık tamsayı optimizasyon problemi olarak formüle edilebilir. KTP'nin ayrık değişkenlerinin çok olması ve fazla hesaplama ihtiyacı duyması zor bir yöntem olduğunun göstergesidir. Analiz tekniğiyle KTP problemi sürekli ve tamsayılı probleme ayrıştırılır ve ayrıştırılmış her problem farklı metotlarla çözülebilmektedir. Tamsayı ve karışık tamsayı programlama çeşitli güç sistem alanlarına uygulanmıştır. Örneğin; Optimal reaktif güç planlaması, güç sistem planlaması, şebeke taahhüdü, üretim listeleme gibi.

3.1.2 Doğrusal Olmayan Güç Sistemleri Problemleri için Kullanılan Metotlar

3.1.2.1 Doğrusal Olmayan Programlama

Güç sistemleri problemleri genelde doğrusal olmayan problemlerdir. Doğrusal olmayan Programlama(DOP) tabanlı teknik, güç sistemi problemlerine kolayca uygulanabilir. DOP tabanlı metotlar DP tabanlı uygulamalara göre daha hassastır ve daha çok global çözüme yakınsar. Yani başlangıç noktasından bağımsız olarak yakınsar. Fakat araştırma yönündeki zigzaglardan dolayı yavaş bir yakınsama hızı oluşabilir. DOP çeşitli güç sistemleri alanlarına uygulanmıştır; Bunlar; optimal yük akışı, hidrotermal çizelge vs. gibi.

3.1.2.2 İkinci Dereceden Programlama

İkinci Dereceden Programlama(İDP) doğrusal olmayan programlamanın özel bir biçimidir. İDP optimizasyon modelinde kullanılan hedef fonksiyonu ikinci dereceden bir fonksiyondur ve kısıtlamaları lineer formdadır. Özellikle güç sistemlerinde en çok kullanılan hedef fonksiyon genelde ikinci dereceden maliyet fonksiyonudur. Bundan dolayı İDP ile çözülen güç sistemi problemlerinde fonksiyonu yalınlaştırmak gibi bir

şey söz konusu değildir. İDP, LP tabanlı uygulamalardan daha yüksek bir hassasiyete sahiptir. Özellikle ekonomik yük dağılımı ve optimum yük akışı problemlerinin çözümünde kullanılmıştır.

3.1.2.3 Newton Metodu

Newton Metodu yük akışı eşitliklerinin ikinci dereceli kısmi türevlerinin hesaplanmasını içerir. Newton Metodu ikinci dereceden yakınsama özelliklerinden dolayı tercih sebebidir. Optimum yük akışı problemleri çözümünde kullanılmıştır.

3.2 Sezgisel Optimizasyon Metotları

3.2.1 Deterministik Metotlar

3.2.1.1 Tabu Araştırması

Tabu Araştırması (TA) esas olarak tümleşik optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılır. Esnek hafızanın kullanımıyla tanımlanan iteratif bir araştırma algoritmasıdır. Herhangi bir başlangıç değeriyle başlar ve komşuluk mekanizmasını kullanarak en iyi çözümü bulmaya çalışır. Lokal minimumu elemine etme ve lokal minimumun ötesini araştırabilme özelliği vardır. TA global optimumu bulmak için tesadüfi değişkenli optimizasyon algoritmalarını kullanır. Bu TA'yı klasik metotlara göre esnek ve sağlıklı yapar.

Tabu listesinin en önemli özelliklerinden birisi, mevcut tabu listesinin aday komşu çözümler ile karşılaştırıldıktan sonra bir sıralama ve karşılaştırma işlemi yaparak kendisini yenileyebilmesidir [39].

TA'nın kullanıldığı güç sistemi alanlarından bazıları; iletim planlaması, optimal kapasitör yerleşimi, reaktif güç planlamasıdır.

3.2.2 Olasılık Temelli Metotlar

3.2.2.1 Gelişime Dayalı Algoritmalar

3.2.2.1.1 Evrimsel Algoritmalar

Evrimsel Algoritmalar (EA) popülasyon tabanlı optimizasyon metotlarıdır. EA klasik yöntemlerden oldukça farklıdır. Bu yöntemde maliyet fonksiyonlarını ve kısıtlamaları ayırmaya gerek yoktur. EA aday çözümlerin sıfırlanmasıyla başlatılır ve başlangıç popülasyonundan sonra rastgele çözümler üretilir. Bütün çözümler probleme cevap verme kalitesine göre ölçülür. En iyi çözümü belirlemek için seçicilik kriteri uygulanır. EA'nın üstünlükleri değişimlere kolay adapte olabilmesi ve global optimuma yakınsaması dolayısıyla iyi çözümler üretebilmesidir. EA tüm gerekli bilgileri yetenek fonksiyonunda buldurması gerektiğinden bütün optimum yük akışı kısıtlamalarının dikkate alınması zordur. Bu sebeple daha çok klasik ekonomik dağıtım gibi yalınlaştırılmış optimum yük akışı problemlerinde de kullanılır.

EA; Genetik Algoritma(GA), Isıl İşlem (İİ). Evrimsel Programlama, Diferansiyel Gelişim Algoritması gibi alt bölümlere ayrılır. GA ve İİ Algoritmasına sürekli ve ayrık optimizasyon problemlerinin çözümünde çok yönlü optimizasyon yeteneklerinden dolayı gittikçe artan bir ilgi mevcuttur. GA doğal seçicilik ve evrim prensibine dayanırken, İİ termodinamikteki benzetim prensibine dayanmaktadır. EA; Güç sistemi planlaması, kapasitör yerleşimi, optimum yük akışı gibi değişik güç sistemi problemlerine uygulanmıştır.

3.2.2.1.2 Yapay Sinir Ağları

Bir sinir ağının öğrenilmiş davranışını açıklayan Yapay Sinir Ağları(YSA)'nın başlangıcı 1949'da D.O. Hebb tarafından uygulanan eğitim algoritmasıdır. YSA'nın birçok güç sistemleri uygulamasında çok tabakalı ileri beslemeli ağları kullanılmıştır. YSA'nın üstün yönleri; hızlı olması, öğrenme kabiliyetine haiz olması, bilgiye adapte olabilmesi, kararlı olması ve doğrusal olmayan modeller için uygun olmasıdır. Çok boyutlu olması, optimum konfigürasyonun seçilme gerekliliği, eğitim metodolojisinin tercihi, girişler makul olmasa bile algoritmanın sürekli bir sonuç üretmesi olumsuz

yanlarıdır. YSA'nın güç sistemlerinde kullanıldığı alanlar: Planlama, ekonomik dağıtım, kısa dönem yük tahmini.

3.2.2.1.3 Uzman Sistemler

Uzman Sistemler karmaşık problemleri çözmek için insan uzmanlığına ihtiyaç duyan bilgi ve kural temelli sistemlerdir. US'in temel üstünlükleri; sürekliliği, kolaylıkla transfer edilebilir, yeniden üretilebilir olması ve kolaylıkla raporlanabilmesidir. Temel eksikliği ise yeni durumları öğrenmekte ya da yeni durumlara adapte olmakta yetersiz kalmasıdır. US, basit kurallı tekniklerle başlamıştır ve karmaşık sistemlere uygulanabilecek şekilde geliştirilmiştir. Son yirmi yıldır güç sistemlerinin üretim, iletim ve dağıtımında yardımcı olacak planlama, analiz, kontrol gibi alanlarında etkili uygulamalar geliştirilmiştir.

3.2.2.1.4 Bulanık Mantık

Mühendislik problemlerinde sıklıkla görülen kesin olmayan durumları tanımlamak için 1965 yılında L.A. Zadeh tarafından geliştirilmiştir ve ilk defa 1979 yılında güç sistemlerine uygulanmıştır. Klasik kurulum teorisinde elementin grubu kesindir fakat bulanık kurulum teorisinde elementin grubu sürekli değişir.

Güç sistemi kısıtlamalarını daha doğru bir şekilde göstermesi, bulanıklaştırılmış kısıtlamaların geleneksel kısıtlamalara göre daha esnek olması gibi üstünlükleri vardır. Bulanık mantık güç sistemlerinde gerilim kontrolü, yük tahmini, hata tespiti, güç sistemleri koruması ve güç sistem kontrolü gibi alanlara uygulanmaktadır.

3.2.3 Sürü Zekası Temelli Metotlar

3.2.3.1 Parçacık Sürü Optimizasyonu

Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) 1995 yılında J.Kennedy ve R.C.Eberhart tarafından geliştirilmiş, sosyal olarak organize olmuş kolonilerde sosyal dinamiklerden ve gelişmekte olan davranışlardan etkilenen sürü mantığının kullanıldığı algoritmadır. Doğrusal olmayan problemlerin çözümü için tasarlanmıştır. Çok parametrelili ve çok

değişkenli optimizasyon problemlerine çözüm bulmak için kullanılmaktadır. PSO'nun klasik optimizasyon tekniklerinden en önemli farklılığı türev bilgisine ihtiyaç duymamasıdır. PSO'yu güç sistemlerine uygulamak, algoritmasında ayarlanması gereken parametre sayısının az olması sebebiyle oldukça basittir [40]. Optimum yük akışı problemlerinde son zamanlarda sıklıkla kullanılmaktadır.

3.2.3.2 Karınca Kolonisi Algoritması

Karınca Kolonisi Algoritması (KKA) Sistemi M. Dorigo tarafından ilk defa 1992 de tanıtılmıştır. KKA'nda gerçek karınca mimarisinin davranışlarından esinlenilmiştir. Bir karınca koku yoluyla evi ve besin kaynağı arasında çevre şartlarına göre gidip geleceği en kısa yolu belirler. Karıncalardaki bu sistem güç sistemlerine uygulanarak optimum çözüm araştırılır. KKA'nın son derece esnek olması ve çözüme yeni kanalların eklenmesi veya çıkarılması gibi değişikliklerin kolayca adapte edilebilmesi önemli avantajları arasında sayılmaktadır. KKA esas olarak iletim hattının en kısa rotasını bulmada ve optimum yük akışı problemlerinde kullanılmıştır.

3.2.3.3 Yapay Arı Kolonisi Algoritması

Yapay Arı Kolonisi(YAK) algoritması nümerik optimizasyon problemlerinin çözümü için D.Karaboğa tarafından geliştirilen yeni bir metottur. Arı kolonisinde üç adet arı grubu vardır: İşçi arılar, gözcü arılar ve kaşif arılar. Algoritmada her bir çevrim üç adımdan oluşmaktadır. Bunlar; İşçi ve gözcü arıların kaynaklara gönderilmesi, gidilen kaynaklardaki nektar miktarının hesaplanması, kaşif arının belirlenen herhangi bir kaynağa rastgele konumlanmasıdır. Arıların çalışması sırasında kaynakların keşfi ve tüketimi arasındaki bir denge kurulmaya çalışılmaktadır. Önceliği belirleyecek çaprazlama oranları, mutasyon gibi parametrelere gerek duyulmaz. Diğer sürü temelli algoritmalarla karşılaştırıldığında daha basit ve esnektir. Algoritma global ve lokal araştırma metotlarının kombinasyonu şeklindedir. Yapay arı kolonisi algoritması özellikle optimum yük akışı problemlerine uygulanmıştır.

Tablo 3.1'de bu metotların güç sistemlerinde kullanıldığı problemleri gösteren genel bir gösterim yer almaktadır.

Tablo 3.1:Güç sistemlerine uygulanan optimizasyon metotları ve uygulama alanları

Optimizasyon Metotları		Optimum Yük Akışı	Güç Sistem Planlaması	Reaktif Güç Planlaması	Enerji Üretim Planlaması	Enerji İletim Planlaması	Güç Sistem Koruması	Gerilim Kontrolü	Yük Tahmini	Ekonomik Yük Dağıtımı
KLASİK METOTLAR	DP	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓
	DNM	✓			✓		✓		✓	✓
	KTP		✓	✓	✓	✓		✓		
	DOP	✓		✓	✓	✓		✓		
	İDP	✓	✓	✓	✓	✓				✓
	NM	✓		✓				✓		
SEZGİSEL METOTLAR	TA	✓		✓		✓			✓	✓
	EA	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓
	YSA				✓		✓	✓	✓	✓
	US			✓			✓	✓		
	BM	✓		✓			✓	✓	✓	
	PSO	✓		✓		✓		✓	✓	✓
	KKA	✓		✓		✓		✓		
	YAK	✓		✓						✓

Güç sistemlerinin gün geçtikçe genişlemesi ve elektrik şebekesinin deregülasyonu güç sistemi optimizasyon problemlerini daha karmaşık bir hale getirmektedir. Bu çalışmada karmaşık güç sistemlerinin farklı alanlarında optimizasyonu sağlayarak maliyetleri en aza indirmek için kullanılan klasik ve sezgisel metotlardan bahsedilmiştir. Klasik metotlar genelde probleme özgüdür. Bir problemde çok iyi sonuç verirken başka bir problemde yeterince iyi sonuç vermeyebilir. Birçok klasik metotla çözüme ulaşmak için formülasyonu sadeleştirmeye gereksinim vardır. Sonuçta klasik metotlar lokal optimuma yakınsarken sezgisel metotlar genelde lokal optimuma takılmadan global optimuma ulaşırlar. Çözülecek güç sistemi probleminin klasik metotlarla çözülmesi sırasında doğrusal olup olmaması önemli bir faktör iken sezgisel metotlar kullanılırken bunun pek önemi yoktur. Klasik metotlar, problemin boyutları büyüdükçe yetersiz kalmasına karşın sezgisel metotlar büyük boyutlu problemlerde de iyi sonuçlar vermektedir. Son yıllarda güç sistemleri problemlerine sezgisel metotların uygulanması güç sistemlerinde daha etkin ve verimli çözümleri de beraberinde getirmektedir.

BÖLÜM 4

YÜK AKIŞININ SEZGİSEL OPTİMİZASYON METOTLARI İLE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

4.1. Genetik Algoritma (GA) ile Optimum Yük Akışı

4.1.1. Genetik Algoritmanın İşleyişi

Bölümde de bahsedilen optimizasyon yöntemlerinden biri olan Evrimsel Algoritmaların en çok kullanılan türlerinden biri 'Genetik Algoritma (GA)'dır. GA, 1975'de John Holland tarafından optimizasyon problemlerinin çözümü için doğal seleksiyona dayalı bir yöntem olarak sunulmuştur.

Canlılar doğal yaşam içerisinde doğarlar ve bir önceki neslin kendilerini meydana getirdikleri gibi kendileri de bir sonraki nesli meydana getirirler. Algoritmanın işleyiş biçimi, uygun bir çözüm kümesi içerisinde rastgele seçilen bir başlangıç nesli oluşturulur. İlk nesil içerisindeki her üye, optimizasyon problemi için bir çözüm üreterek birey adını alır. Nesil içerisindeki her birey esasında, genel olarak ikili sayı dizisinden meydana gelen kodlamadır. Her nesil, sonuca en yakın bireylerini kullanarak yeni bir nesil üretir. Doğal seçicilik prensibine göre, yeni nesillerin oluşmasında en kaliteli bireyler kullanılır.

Genetik algoritmaların geliştirilmesinde, doğal seçicilik prensibinden esinlenilmiştir. Doğal seçicilik kavramı, doğal yaşam koşullarına uyum derecesi en yüksek olan canlı popülasyonunun yaşamına devam etmesi, uyum derecesi düşük olan veya uyum

sağlayamamış olan canlı neslinin ise elenmesi görüşünü ifade etmektedir. Bir canlının genleri nesiller boyunca mutasyon ve çaprazlamaya maruz kalarak yeni genleri oluştururlar. Genetik algoritma yöntemi de, doğada görülen bu genlerin değişikliğe uğrayarak gelecek nesillere aktarılması işlemlerini kullanarak çözüm uzayı içerisindeki en iyi sonucu elde etmede kullanılır.

GA bir önceki popülasyona ait bireylerin genlerini kullanarak yeni popülasyonu meydana getirir. Üremeler sonucu elde edilen bireylerin uygunluk derecelerini inceleyerek, en yüksek uygunluk derecesine sahip bireyleri kullanarak yeni bireyleri oluşturur. GA metodu gelişime dayalı bir metottur. GA araştırmalarındaki temel nokta, adaptif sistemlerin yeni şartlara uyumunu sağlayabilecek algoritmanın geliştirilmesi olmuştur. Bu algoritma fiziksel tasarımların optimum şekilde tasarlanması ya da bir sistemin optimum şekilde çalışması için kullanılabilir. Böylece sistemler için yapım ve işletim maliyetleri düşürülmüş olur.

Optimizasyon işlemine bir rastgele başlangıç neslinin oluşturulması ile başlar. Popülasyonu oluşturan bireylerin sayısı önemli bir kontrol parametresidir. Bunun belirli bir değeri yoktur. Hedef fonksiyonuna ve kısıtlamalara bakılarak probleme göre uygun şekilde belirlenir. Bu değer büyük olması çözüm uzayını genişletirken, gereğinden fazla seçilmesi de çözüm süresini uzatacaktır. GA'da yönteminde bir problemde çözüm araması yapmak için kullanılan dört adet ana operatör ve durdurma kriteri kullanılmaktadır. Bunlar

- Bireylerin kodlanması,
- Bireylerin seçimi
- Çaprazlama,
- Mutasyon.
- Durdurma kriteri.

4.1.1.1 Bireylerin Kodlanması

Bir problemin çözümün için GA geliştirmenin ilk adımı, optimize edilecek amaç fonksiyonunun çözüm kümesini oluşturacak her bireyin uygun bir şekilde

kodlanmasıdır. Bu kodlama çözümlerin aynı boyutlara sahip bitler şeklinde gösterilmesi şeklinde olur. Popülasyonu oluşturan her birey ikili tabanda 1 ve 0'lerden oluşan kodlar şeklindedir. Bu yapıya kromozom denir. Kromozomlarda değişken genlerden oluşur. Popülasyonu bir matris olarak ifade edersek ;

$$N_{\text{pop}} = \begin{bmatrix} \text{birey}_1 \\ \text{birey}_2 \\ \dots \\ \text{birey}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{gen}_{11} & \text{gen}_{12} & \dots & \text{gen}_{1m} \\ \text{gen}_{21} & \text{gen}_{22} & \dots & \text{gen}_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \text{gen}_{n1} & \text{gen}_{n2} & \dots & \text{gen}_{nm} \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

Matrisin satırları bireyleri göstermektedir. Eşitlik (4.1) 'de görüldüğü gibi bireyler gen kümelerinden oluşmaktadır. Burada bireyler, optimize edilecek amaç fonksiyonunun çözüm kümesini oluştururken, bireyleri meydana getiren genler ise amaç fonksiyonunun sahip olduğu değişkenleri, kısıtlamaları ve probleme ait diğer bilgileri ifade edecektir.

Genetik algoritmada, bireylerin kodlanması genel anlamda ikili sayı tabanında yapılmaktadır. İkili sayı tabanı ile kurulan bu yapı, basit olması, bilgisayarlar tarafından daha kolay ve hızlı bir şekilde işlenebildiğinden tercih edilmektedir. Bu yapı ile çok farklı bireyler oluşturulabilir.

4.1.1.2. Bireylerin Seçimi

Bu işlem, mevcut popülasyondan yeni popülasyonun oluşturulması için bireylerin seçilmesi işlemidir. Bireyler düzenli seçim uzayı ve geliştirilmiş seçim uzayında seçilirler. Düzenli seçim uzayında yavrular ebeveynlerle yer değiştirirler yani ebeveynler bir sonraki nesle aktarılmazlar. Geliştirilmiş seçim uzayında ebeveynler de yavrularla birlikte bir sonraki nesle aktarılır. Böylece yüksek uyumlu ebeveynler değiştirilerek kaybedilmemiş olur. Uygunluk değeri yüksek olan bireyin ebeveyn birey olarak seçilerek bir sonraki kuşağa aktarılma ihtimali daha yüksektir. Seçilme işlemi bazı yöntemlerle yapılır. Bu yöntemlerin belli başlıları şunlardır:

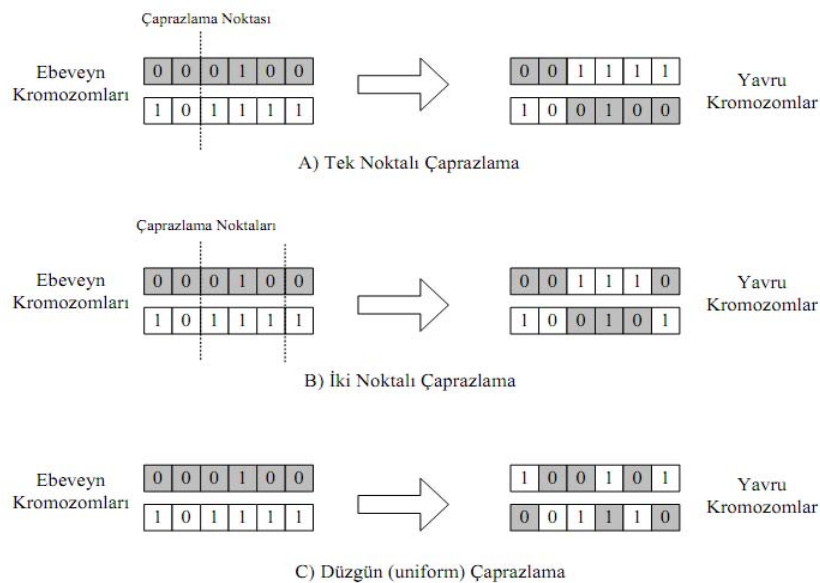
- Rulet Çemberi Seçim Yöntemi: Burada tüm bireylerin uygunluk değerleri bir çizelgede yazılır ve bu değerler toplanır. Tüm bireylerin uygunluk değerleri toplama bölünerek (0,1) aralığında sayılar elde edilir ve sayıların hepsi bir çizelgede toplanır.

Çizelgedeki sayılar birbirine eklenerek rastgele olarak bir sayıya kadar ilerlenir ve bu sayıya ulaşıldığında son eklenen sayının ait olduğu çözüm seçilmiş olur.

- Turnuva Seçim Yöntemi: Rastgele t adet birey seçilir ve bu büyüklüğe turnuva genişliği adı verilir. Bu gruptaki en iyi birey, yeni popülasyona kopyalanır. Bu işlem kullanıcı tarafından önceden kararlaştırılan çevrim sayısı kadar tekrarlanır.
- Elitist Seçim Yöntemi: Popülasyonun en iyi bir bireyi korunup, popülasyonun geri kalan elemanlarını uyum orantılı seçim yöntemlerinden birini kullanarak yeni bireyler ile değiştirilir. Burada hedef en iyi uyum değerine sahip bireyin, genetik operatörler kullanıldığında kaybolmasını önlemektir
- Boltzman Seçimi, Sabit Durum Seçimi ve Sırlama Seçimi diğer yöntemlerdir.

4.1.1.3 Çaprazlama

Bireylerin karşılıklı olarak gen değişimine çaprazlama denir. Çaprazlama iki kromozomdan yeni bir kromozom elde etmek için kullanılan genetik bir operatördür. Çaprazlamanın esas amacı iki kromozomun en iyi özelliklerini alıp ebeveynlerinden daha iyi ve kaliteli yavruların oluşmasını sağlamaktır. Çaprazlanacak kromozom sayısı çaprazlama orana göre belirlenir.



Şekil 4.1. Çaprazlama metotları

Aynı popülasyona ait bireyler arasındaki bilgi Genetik algoritmadaki kodlama şekilleri farklı olduğundan, Eşitlik (4.1)' de görüldüğü gibi çaprazlama yöntemlerinde de farklılıklar bulunmaktadır.

Binary tabanlı kromozomlar için 3 farklı çaprazlama tekniği bulunmaktadır. Bunlardan tek noktalı çaprazlama yönteminde çaprazlama operatörü rastgele bir nokta seçer ve bu noktanın önce her şeyi birinci kromozomdan ve bu noktadan sonra her şeyi de ikinci kromozomdan kopyalar. Bir diğer çaprazlama yöntemi ise, bireylerin belirlenen iki noktadan çaprazlamaya uğrayarak, gen bilgilerini paylaşmalarınıdır. Bu yöntem de iki noktalı çaprazlama olarak ifade edilir. Bu yöntemde iki nokta arasında kalan bölgelerin için bir gen paylaşımı olur. Son yöntem, bireylerin rastgele olarak belirlenen noktalardan çaprazlanmasıdır ki bu da düzgün (uniform) çaprazlama adını alır. Eğer bireylerin kodlanması sürekli tamsayılar şeklinde yapılmışsa bu durumda çaprazlama işlemi şu şekilde olacaktır;

$$\begin{aligned} \text{birey}_a &= [\text{gen}_{a1}, \text{gen}_{a2}, \dots, \text{gen}_{ac}, \dots, \text{gen}_{an}] \\ \text{birey}_b &= [\text{gen}_{b1}, \text{gen}_{b2}, \dots, \text{gen}_{bc}, \dots, \text{gen}_{bn}] \end{aligned} \quad (4.2)$$

Burada a indisi anne ve b indisi baba bireyini temsil etmektedir. c indisi ile çaprazlama noktası gösterilmektedir. Bu çaprazlama sonucunda yavrularda gözükecek yeni gen değişkeni;

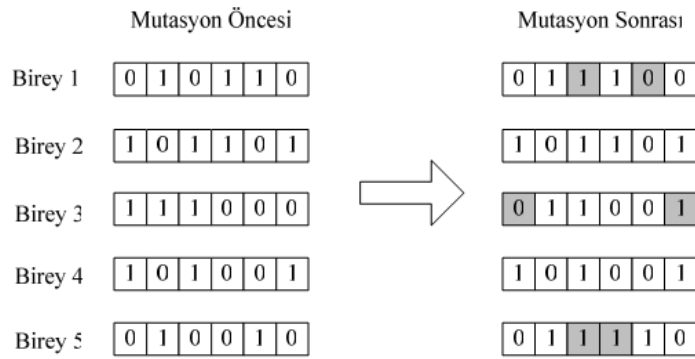
$$\begin{aligned} \text{gen}_{\text{yeni1}} &= \text{gen}_{ac} - \beta(\text{gen}_{ac} - \text{gen}_{bc}) \\ \text{gen}_{\text{yeni2}} &= \text{gen}_{bc} + \beta(\text{gen}_{ac} - \text{gen}_{bc}) \end{aligned} \quad (4.3)$$

ile hesaplanır. Burada β , 0 ile 1 arasında rastgele bir değer olarak seçilir. Bu işlem sonucunda, Eşitlik (4.2)'teki anne ve baba bireylerinin çaprazlanması yapıp Eşitlik (4.3)'te hesaplanan yeni gen değeri de eklendiğinde yavru bireylerinin kromozom yapısı aşağıdaki şekilde olacaktır.

$$\begin{aligned} \text{yavru}_1 &= [\text{gen}_{a1}, \text{gen}_{a2}, \dots, \text{gen}_{\text{yeni2}}, \dots, \text{gen}_{bn}] \\ \text{yavru}_2 &= [\text{gen}_{b1}, \text{gen}_{b2}, \dots, \text{gen}_{\text{yeni1}}, \dots, \text{gen}_{bn}] \end{aligned} \quad (4.4)$$

4.1.1.4 Mutasyon

Genetik algoritmanın bir diğer operatörü de “mutasyon”dur. Mutasyon, bir bireyin genlerinde herhangi bir etkene bağlı olmaksızın keyfi olarak meydana gelen değişim olarak ifade edilir. Mutasyon işlemi rastgele yapılan bir süreç olup çözüm uzayında bulunup depopülasyonda yer almayan yeni bireyleri de popülasyona dahil eden bir operatördür. Bireylerin kodlama şekillerine göre farklı mutasyon yöntemleri mevcuttur. Temel anlamda mutasyon işlemi ikili kodlama sistemi için bireylerin 1 olan bit değerlerini “0”, 0 olan bit değerlerini ise “1” haline getirmektir. Şekil 4.2’de ikili tabanda bir mutasyon örneği görülmektedir. 1, 3 ve 5 nolu bireyler mutasyona uğramışlardır.

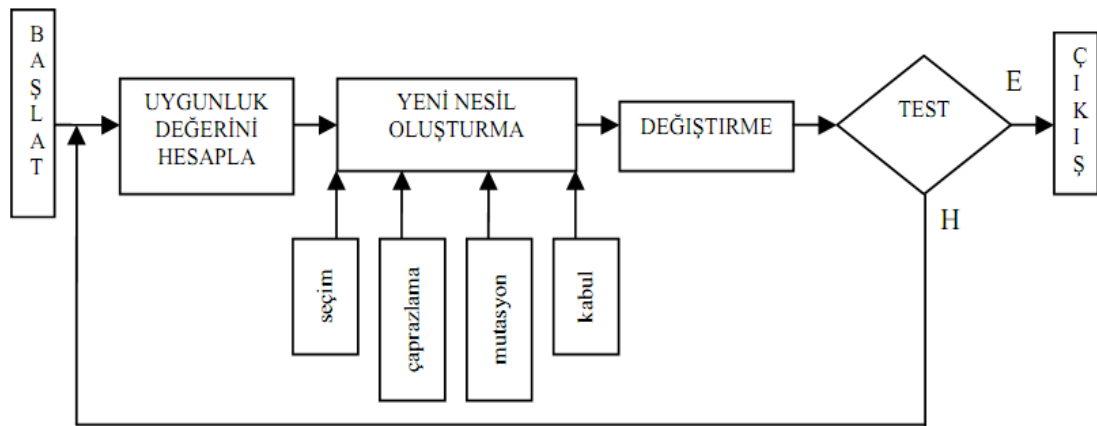


Şekil 4.2 Genetik Algoritmada Kullanılan mutasyon

Mutasyon işlemi de genetik algoritma için çok önemlidir. Eğer popülasyon içerisinde yapılacak olan mutasyon oranı %0 olarak belirlenirse; çözüm, amaç fonksiyonunun sahip olduğu yerel minimumlarda takılabilir. Eğer mutasyon sayısı çok küçük seçilirse, bu durumda çözüm uzayı içerisinde bulunan optimizasyon problemi için en uygun olabilecek bireylere ulaşılamadan arama yapılmış olabilir. Diğer taraftan çok büyük bir mutasyon oranı seçilmiş ise, yeni oluşturulan popülasyonun bir önceki popülasyona olan benzerliklerinden büyük oranda sapma olasılığı çıkabilir ki yeni nesillere bir önceki nesilden aktarılması gereken genetik bilginin kaybolmasına veya minimuma inmesine neden olacağından, bu durumda elde edilmiş mevcut en uygun bireylerin de kaybolmasına neden olabilir. Bu da çözüm süresinin çok uzamasına neden olacaktır [41].

4.1.1.5 Algoritmanın Durdurma Kriterinin Belirlenmesi

Genetik algoritma yönteminde iterasyon sayısı, amaç fonksiyonunun optimum çözümünü kabul edilebilir bir değerde elde edecek şekilde belirlenmelidir. Genetik algoritmayı sonlandırmada kullanılacak en basit yol, popülasyon sayısının belli bir değer seçilmesi ile sağlanabilir. Daha farklı durdurma kriterleri de probleme uygun olarak kullanılabilir. Popülasyondaki en iyi birey belirli bir iterasyon sayısı boyunca değişmiyorsa, bu da bir durdurma kriteri olarak belirlenebilir. Yine popülasyonun ortalama uygunluk değeri ile en iyi uygunluk değerinin kıyaslanması sonucu da bir diğer durdurma kriteri olarak kabul edilebilir.



Şekil 4.3. Genetik Algoritmanın genel akış şeması

Genetik Algoritma aday çözümlerin büyüklük popülasyonu sabitini sağlayan iteratif bir işlemdir. Her bir iterasyon sırasında, üç genetik operatör(yeniden üretme, çaprazlama ve mutasyon) yeni popülasyon üretmek için çalışır. Yeni popülasyonun kromozomları maliyet fonksiyonuna bağlı uygunluğun değeriyle hesaplanır. Bu genetik operatörlere ve evrimlere dayanan aday çözümlerin popülasyonları biçimlenir. Eğer amaçlanan hedefe ulaşılmazsa, yukarıda bahsedilen üç operatör aracılığıyla yavru diziler oluşturulur ve o hedefe ulaşana kadar bu işlem devam eder.

GA kendi parametreleri olarak ikili bir dizinin popülasyonu çalışır. Yani dizi kodlaması yapılır. $PG_1, PG_2, PG_3, \dots, PG_n$ n baralı sistemde jeneratörlerin ürettiği aktif güçler diziler olarak 0 ve 1 ile kodlanırlar. Bu kodlamalar L_1, L_2, \dots, L_n uzunluklu kodlamalardır. Üretim yapan her generatörün bir üst sınırı $b_i(P_{Gi}^{max})$ ve alt sınırı

$a_i(P_{Gi}^{\min})$ vardır. Parametreler için L_1, L_2, L_n araştırma uzayında tasarımcı tarafından çözümde göz önünde bulundurulur. Bu metotta bit uzunluğu b_i ve cevabı olan R_i Eşitlik (4.5)'deki gibi ilişkilendirilir.

$$R_i = \frac{b_i - a_i}{2^{B_i} - 1} \quad (4.5)$$

Bu P_{G_i} 'yi kromozom olarak tanımlanan L_i uzunluktaki ikili dizilere dönüştürülür ve araştırma uzayı taranır. Her bir kromozom problem için olası bir çözüm sunmaktadır. Örnek olarak, P_{G1}, P_{G2} ve P_{G3} 'ün parametreleri aşağıdaki tabloda belirtildiği gibi olduğunu kabul edelim.

Tablo 4.1. P_{G1}, P_{G2} ve P_{G3} 'ün parametre değerleri

Bara	P_{min} (p.u)	P_{max} (p.u.)	a (\$/h)	b (\$/MW.hr)	c (\$/MW ² .hr)
1	0.30	1.8	0.075	0.005	0
2	0.15	0.9	0.125	0.0015	0
3	0.40	1.9	0.075	0.0020	0

B_1, B_2 ve $B_3=(4,4,4)$ olduğu durumda Eşitlik (4.5)'den R_1, R_2 ve $R_3=(0.1, 0.05, 0.1)$ şeklinde bulunur. P_{G1}, P_{G2} ve P_{G3} 'ün parametre değerleri aşağıdaki tabloda gösterildiği gibi elde edilir.

Tablo 4.2. P_{G1}, P_{G2} ve P_{G3} parametre değerlerinin kodlanması

P_{G1}	Kodlama	P_{G2}	Kodlama	P_{G3}	Kodlama
0.3	0000	0.15	0000	0.4	0000
0.4	0001	0.20	0001	0.5	0001
0.5	0010	0.25	0010	0.6	0010
0.6	0011	0.30	0011	0.7	0011
0.7	0100	0.35	0100	0.8	0100
0.8	0101	0.40	0101	0.9	0101
0.9	0110	0.45	0110	1.0	0110
1.0	0111	0.50	0111	1.1	0111
1.1	1000	0.55	1000	1.2	1000
1.2	1001	0.60	1001	1.3	1001
1.3	1010	0.65	1010	1.4	1010
1.4	1011	0.70	1011	1.5	1011
1.5	1100	0.75	1100	1.6	1100
1.6	1101	0.80	1101	1.7	1101
1.7	1110	0.85	1110	1.8	1110
1.8	1111	0.90	1111	1.9	1111

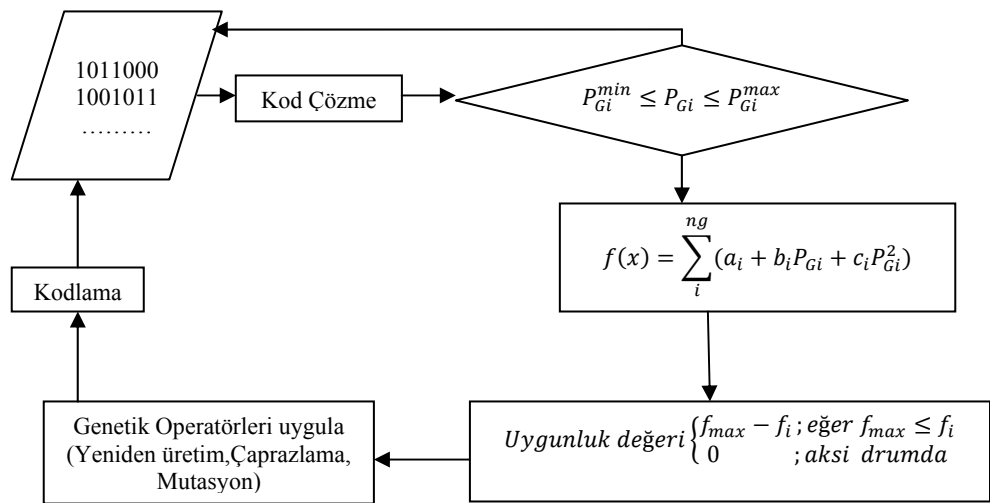
Eğer parametre değerleri (1.7, 0.3,1.1) ise kromozom 111000110111 ikili dizisi şeklinde kodlanır. Kod çözme işlemi de bunun tersi şeklinde gelişir. İkili dizilerin uzunluğu popülasyondaki her bir bireyle alakalıdır. Başlangıç popülasyonu rastgele orta seviyede bir popülasyon üretir. Bundan dolayı daha iyi çözümler üretmek amacıyla bazı operatörler popülasyona uygulanarak daha iyi çözümler elde edilmeye çalışılır. [22]

Çaprazlama, araştırma uzayında yeni alanlar keşfeden birinci genetik operatördür. Çaprazlama eşleşen kromozomlar arasında gen alış verişinden sorumludur. Yakınsama hızı genellikle 0.5 ila 0.9 arasında uygulanmaktadır.

Mutasyon, zamanından önce yakınsamayı önlemek ve çözüme ince ayar yapmak için kullanılan operatördür. Eğer iterasyon gerektiğinden önce yakınsarsa bu çözümün lokal minimumda kalmasına neden olabilir. Maliyet fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$f(x) = \sum_{i=1}^{ng} a_i P_{Gi}^2 + b_i P_{Gi} + c_i \quad P_{Gi}^{\min} \leq P_{Gi} \leq P_{Gi}^{\max} \quad (4.6)$$

$f(x)$ 'i en düşük yapmak araştırma prosesinde en yüksek uygunluğun sağlandığı anlamına gelmektedir.



Şekil 4.4. GA ile optimum yük akışı şeması

GA ile Optimum Yük Akışı Adımları:

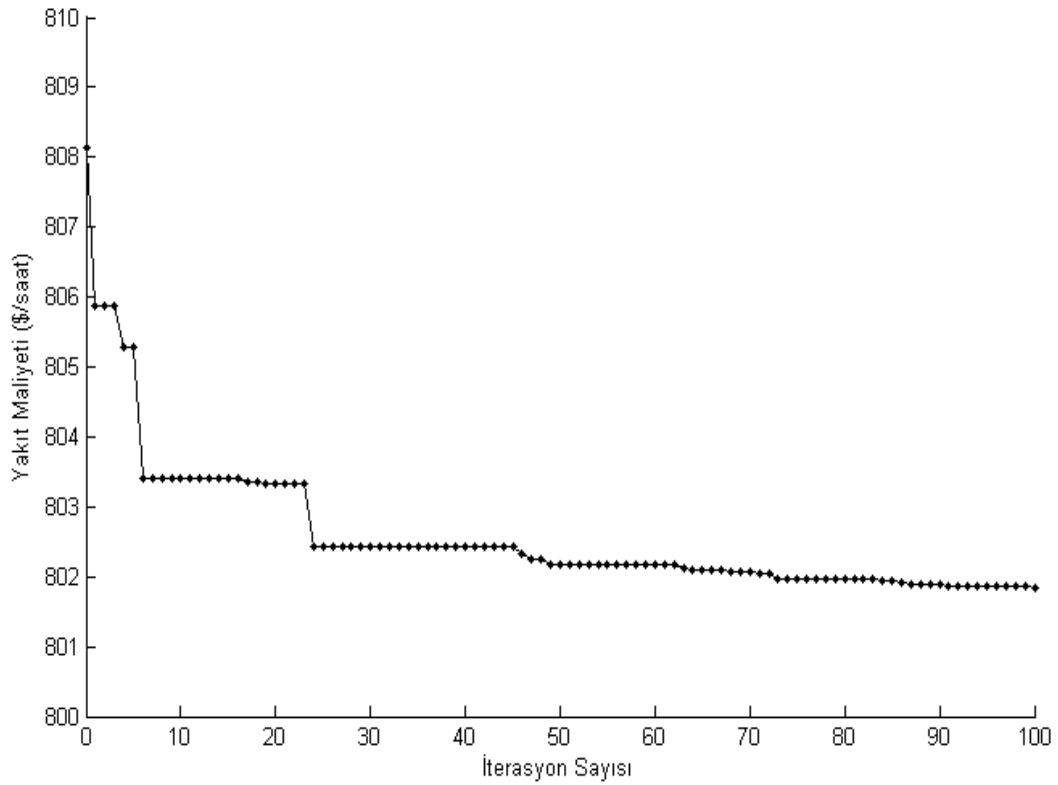
1. Adım: Jeneratör, bara, kapasitör, transformatör ve iletim hattı bilgilerini gir.
2. Rastgele kromozomlar üret.
3. Her biri belirli bir kromozoma karşılık gelen jeneratörler için Newton-Raphson yöntemi ile yük akışını gerçekleştir. Yük akışına göre salınım barası üretimine, bara geriliminin genliğine ve baralardaki faz açılarını bul.
4. Yük Akışı kısıtlamaların sağlanıp sağlanmadığını kontrol et.
5. Tüm kısıtlamalar sağlanıyorsa her bir kromozoma karşılık gelen her bir jeneratör tarafından üretilen enerjinin toplam maliyetini hesapla ve kaydet.
6. Geçerli kromozomlar arasında en düşük maliyetliyi bul.
7. Rastgele i 'nci kromozomu seç ve çaprazlama, mutasyon ve yeniden üretim operatörlerini uygula.
8. 3. ve 4. Adımı tekrarla.
10. Popülasyon gruplarındaki maliyetleri hesapla ve en düşük maliyetli çözümü bul.

4.1.2. IEEE-30 Baralı Sistemde GA ile Optimum Yük Akışının Sağlanması

Bu başlıkta IEEE-30 baralı test sisteminde GA metodu uygulanarak optimum yük akışı sağlanmıştır. Sistemde Newton-Raphson yük akış yöntemiyle ilk önce baralardaki gerilim değerleri ve faz açıları belirlenmiştir. Bu değerlere göre baralar arasındaki aktif ve reaktif güç alışverişi miktarları ve hat kayıpları hesaplanır. Böylece sisteme verilmesi gereken toplam güç miktarı hesaplanır ve GA operatörleri kullanılarak her bir jeneratörün sisteme vermesi gereken aktif güç değerleri bulunur. Newton-Raphson yöntemiyle güç sistemi analiz yapıldıktan sonra her jeneratörün üretim maliyetine ceza fonksiyonu da eklenerek toplam yakıt maliyeti Eşitlik (4.7) ile hesaplanır.

$$f(x) = \sum_{i=1}^{ng} F_i(P_i) + 100 * \text{abs} \left(\sum_{i=1}^{ng} P_G - P_D - P_L \right) \quad (4.7)$$

Bu algoritmada; popülasyon büyüklüğü:20, seçim metodu; Roulette Tekerleği, çaprazlama oranı: 0.8, tolerans oranı; 1e-06, iterasyon sayısı:100 parametre değerlerinde iterasyon 30 defa koşturulmuş ve elde edilen sonuçların ortalamaları alınmıştır. Bu sonuçlara göre ortalama maliyet değeri 801.8473(\$/saat), ortalama hat kaybı ise 9.3572 MW olarak elde edilmiştir. Bu iterasyonlar sonucunda her bir jeneratörün sisteme verdikleri aktif güç değerleri Tablo 3.4’de, baralardaki gerilim değerleri Tablo 4.4’de verilmiştir. Yakıt maliyetinin iterasyon sayısına göre değişim grafiği Şekil 4.5’ de verilmiştir.



Şekil 4.5 GA ile yakıt maliyetinin iterasyon sayısına göre değişim grafiği

Tablo 4.3 GA uygulandıktan sonra jeneratörlerin sisteme verdikleri aktif güç değerleri

	G1	G2	G3	G4	G5	G6
MW	177.1305	48.8442	21.6145	21.3289	12.9821	10.8909

Tablo 4.4. GA uygulandıktan sonra baralardaki gerilim değerleri

Bara no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
V(p.u.)	1.060	1.043	1.025	1.017	1.010	1.015	1.005	1.010	1.053	1.047	1.082	1.060	1.071	1.045	1.040
Bara no	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
V(p.u.)	1.047	1.042	1.030	1.028	1.032	1.034	1.035	1.030	1.024	1.020	1.003	1.027	1.013	1.007	0.996

4.2 Yapay Arı Kolonisi (YAK) ile Optimum Yük Akışı

4.2.1. Gerçek Arıların Yiyecek Arama Davranışları

İş bölümü yapabilme ve kendi kendine organize olabilme sürü zekâsının iki önemli özelliğidir. Gerçek bir arı kolonisinde de merkezi otorite olmaksızın arılar kendi arılarına bir iş bölümüne giderler. Arı kolonisi sürü yapısında üç önemli bileşen vardır : yiyecek kaynakları, görevi belirli işçi arılar ve görevi belirsiz işçi arılar Bileşenleri şu şekilde açıklayabiliriz:

i) Yiyecek Kaynakları: Arıların besin kaynağı olarak nektar elde etmek için gittikleri kaynaklardır. Bir kaynağın değerli olmasının çeşitli kriterleri vardır. Kaynağın eşidi, kaynağın uzaklığı, nektarın yoğunluğu bu kriterlerden bazılarıdır. Bu kriterlerden en önemlisi nektarın kalitesidir. Kaynağın uygun olup olmaması esas olarak nektarın kalitesine bağlıdır.

ii)Görevi Belirli İşçi Arılar: Bu arılar daha önceden kaşif arılar tarafından keşfedilen kaynaklardan nektarları toplayıp gelmekle görevlidirler. Gittikleri kaynakların kalitesini belirleyen özellikleri kovadaki diğer arılarla paylaşırlar.

iii)Görevi Belirsiz İşçi Arılar: Görevi belirsiz işçi arılar kolonide iki şekilde bulunurlar. Bu arılar ya kovanda bekleyerek görevli arıların danslarına göre kendilerine kaynak seçerler ki bunlar gözcü arılardır, ya da rastgele kaynak arayışına koyulurlar, bunlar da kaşif arılar olarak nitelendirilirler. Bu arılar nektarını toplayabilecekleri kaynak arayışı içerisinde dirler.

Kaşif arıların sayısının tüm koloniye oranı ortalama % 5-10 arasındadır.Kaşif arıların tüm koloniye oranı %5-10 civarı bir oran olduğu düşünüldüğünde arıların doğru

kaynağa yönelmesinde ve kaliteli nektarlar elde edilmesinde en önemli nokta bilgi paylaşımıdır. Yani kaynaklardan gelen arıların gözcü arılara bilgi aktarma aşamasıdır. Besin kaynağı ile ilgili bilgiler gözcü arılara dans yolu ile aktarılmaktadır. Bir arı dans ederken diğer arılarda ona antenleri ile dokunurlar ve bulduğu kaynağın tadı ve kokusu ile ilgili de bilgi alırlar. Yapılan dans besin kaynağının uzaklığı, besinin genel durumu, hava koşulları gibi önceden belirtilen kriterler göre değişebilir fakat dans ederken esas göz önde bulundurulmuş husus nektarın kalitesidir.

Kaynağın kovana olan mesafesine göre çeşitli danslar mevcuttur: dairesel dans (round dance), kuyruk dansı (waggle dans) ve titreme dansı (tremble dance) gibi. Daire ve kuyruk dansları yiyecek getiricilerin yeniden aktivasyonunda etkilidir. Bu iki dans farklı uzaklıktaki bölgelerin ayırımında kullanılır. Titreme dansında, arıların petek üzerinde düzensiz tarzda ve yavaş tempoda bacaklarını titreterek ileri, geri, sağa ve sola hareketleri söz konusudur. Bu dansın amacı kovan kapasitesi ve yiyecek getirme aktivitesi arasındaki dengeyi sağlamaktır.

Tüm zengin kaynaklarla ilgili bilgiler dans alanında gözcü arılara iletiildiğinden, gözcü arılar bir kaç dansı izledikten sonra hangisini tercih edeceğine karar verir. Zengin kaynaklarla ilgili daha fazla bilgi aktarımı olduğundan bu kaynakların seçilme olasılığı daha fazladır.

4.2.2. Yapay Arı Kolonisi Algoritması

Doğada var olan zeki davranışlar içeren süreçlerin incelenmesi araştırmacıları yeni optimizasyon metotları geliştirmeye sevk etmiştir. Karaboğa, arıların yiyecek arama davranışını modelleyerek Yapay Arı Kolonisi (Artificial Bee Colony-ABC) algoritmasını geliştirmiştir.

Karaboğa'nın ABC algoritmasının temel aldığı model de bazı kabuller yapılmaktadır. Bunlardan birincisi görevli arıların sayısı toplam yiyecek kaynağı sayısına eşittir, İşçi arıların sayısı aynı zamanda gözcü arıların sayısına da eşittir. Nektarı tükenmiş kaynağın görevli arısı artık kaşif arı haline dönüşmektedir. Yiyecek kaynaklarının yerleri optimizasyon problemine ait olası çözümlere ve kaynakların nektar miktarları ise

o kaynaklarla ilgili çözümlerin kalitesine (uygunluk) karşılık gelmektedir. Dolayısıyla ABC optimizasyon algoritması en fazla nektara sahip kaynağın yerini bulmaya çalışarak uzaydaki çözümlerden problemin minimumunu yada maksimumunu veren noktayı (çözümü) bulmaya çalışmaktadır.

Arama uzayını yiyecek kaynaklarını içeren kovan çevresi olarak düşünürsek, çevrede rastgele besin kaynakları üretmeye başlamaktır. Rastgele yer üretme süreci her bir parametrenin alt ve üst sınırları arasında rastgele değer üreterek gerçekleşir.(Eşitlik 4.8)

$$x_{ij}=x_j^{\min}+\text{rand}(0,1)(x_j^{\max}-x_j^{\min}) \quad (4.8)$$

Burada $i = 1 \dots SN, j = 1 \dots D$ ve SN yiyecek kaynağı sayısı ve D ise optimize edilecek parametre sayısıdır. x^{\min} , j . parametrenin alt sınırı, x^{\max} ise j . parametrenin üst sınırıdır.

Başlangıç aşamasından sonra yiyecek kaynaklarının görevli arı, gözcü arı ve kaşif arı süreçlerinden geçirilerek, daha iyisi bulunmaya çalışılır. ABC algoritması için durdurma kriteri olarak maksimum çevrim sayısı ve kabul edilebilir bir hata değeri (ϵ) veya diğer optimizasyon algoritmaları için kullanılan standart bir durdurma kriteri tanımlanabilir.

Yiyecek kaynaklarının sayısı görevli arı sayısına eşit olmasından dolayı yiyecek kaynaklarının sayısı görevli arıların sayısına eşittir. İşçi arı çalıştığı yiyecek kaynağı komşuluğunda yeni bir yiyecek kaynağı belirler ve bunun kalitesini değerlendirir. Yeni kaynak daha iyi ise bu yeni kaynağı hafızasına alır. Yeni kaynağın mevcut kaynak komşuluğunda belirlenmesinin benzetimi Eşitlik (4.9) ile tanımlanmaktadır:

$$v_{ij}=x_{ij}+\phi_{ij}(x_{ij}-x_{kj}) \quad (4.9)$$

rastgele seçilen parametresi, j değiştirilerek x_i komşuluğunda v_i kaynağı bulunur. Eşitlik (4.8)'de j , $[1, D]$ aralığında rastgele üretilen bir tamsayıdır. Rastgele seçilen j parametresi değiştirilirken, yine rastgele seçilen x_k komşu çözümünün ($k \in \{1, 2, \dots, SN\}$) j . parametresi ile mevcut kaynağın j . parametresinin farkları alınıp [-

$1,1]$ arasında rastgele değer alan \emptyset_{ij} sayısı ile çarpıldıktan sonra mevcut kaynağın j . parametresine eklenmektedir. Üretilen v_{ij} ' nin sınırları aşması durumunda alt veya üst sınır değerlerine ötelenir. Sınırlar dahilinde üretilen v_i parametre vektörü yeni bir kaynağı temsil etmektedir.

$$\text{fitness}_i = \begin{cases} 1/(1+f_i) & f_i \geq 0 \\ 1+\text{abs}(f_i) & f_i < 0 \end{cases} \quad (4.10)$$

Burada f_i , v_i kaynağının yani çözümünün maliyet değeridir. x_i ile v_i arasında nektar miktarlarına yani uygunluk değerlerine göre bir aç gözlü (greedy) seçme işleml uygulanır. Yeni bulunan v_i çözümü daha iyi ise görevli arı hafızasından eski kaynağın yerini silerek v_i kaynağının yerini hafızaya alır.

Tüm görevli arılar topladıkları nektarlarla ilgili kovanda gözcü arılara dans aracılığıyla bilgi verirler. Gözcü arılar gidecekleri besin kaynağını topladıkları bilgilerden yararlanarak seçerler. Olasılıksal seçme işleml, algoritmada nektar miktarlarına karşılık gelen uygunluk değerleri kullanılarak yapılmaktadır. Uygunluk değerine bağlı seçme işleml rulet tekerleği, sıralamaya dayalı, stokastik örnekleme, turnuva yöntemi yada diğer seleksiyon şemalarından herhangi biri ile gerçekleştirilebilir. Temel ABC algoritmasında bu seleksiyon işleml rulet tekerleği kullanılarak yapılmıştır. Bir kaynağın uygunluk değerinin tüm kaynakların uygunluk değeri toplamına oranı o kaynağın diğer kaynaklara göre oranla seçilme olasılığı olduğunu vermektedir(4.11).

$$p_i = \frac{\text{fitness}_i}{\sum_{i=1}^{SN} \text{fitness}_i} \quad (4.11)$$

Burada fitness_i kaynağın kalitesini, SN görevli arı sayısını göstermektedir. Bu olasılık işlemline göre kaynak nektarının kalitesi arttıkça o kaynağı seçecek arıların sayısı da artacaktır.

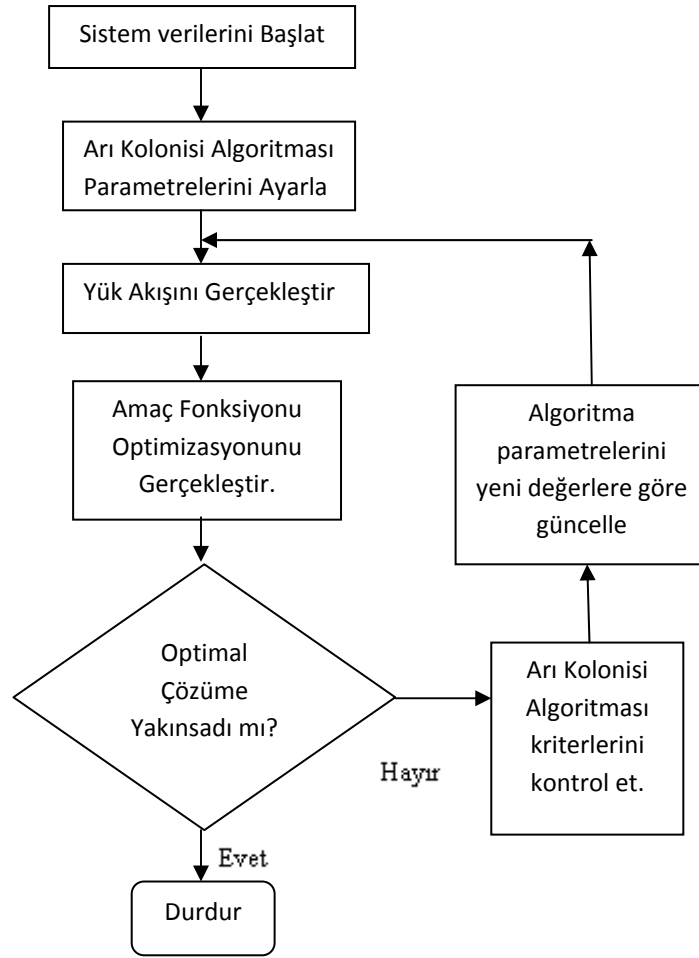
Algoritmada olasılık değerleri hesaplandıktan sonra bu değerler kullanılarak rulet tekerleğine göre seçim işlemlinde her bir kaynak için $[0,1]$ aralığında rastgele sayı

üretir ve p_i değeri bu üretilen sayıdan büyükse görevli arılar gibi gözcü arı da Eşitlik (4.9)'u kullanarak bu kaynak bölgesinde yeni bir çözüm üretir. Yeni çözümün kalitesi eski çözüm ile karşılaştırılır. Eğer daha iyi bir sonuç verdiyse geliştirememeye sayacı sıfırlanır. Eğer eski sonuçtan daha kötü bir sonuçta geliştirememeye sayacı bir artırılır.

Bir besin kaynağının tükenip tükenmediği çözüm geliştirememeye sayaçları vasıtasıyla tespit edilir. Bu sayaç belirli bir değer üzerinde ise yani mevcut çözümlerden daha iyi bir çözüm geliştirilemiyorsa o besin kaynağı tükenmiş demektir. Kaynağın tükendiğinin belirlenmesi için kullanılan eşik değeri, ABC algoritmasının önemli bir kontrol parametresidir ve "*limit*" olarak adlandırılmaktadır. Besin kaynaklarının tükenmesiyle beraber o görevli arılar kendilerine başka besin kaynakları aramaya başlarlar. Böylece işçi arılar kaşif arı konumuna geçerler [36].

YAK ile Optimum Yük Akışı Adımları:

- 1.Adım: n gözcü arının başlangıç popülasyonunu rastgele üret. Bu başlangıç popülasyonu sınırlandırılan kısıtlamalar içerisinde olmalıdır.
- 2.Adım: Yük akışını gerçekleştir ve başlangıç popülasyonunun uygun değerini belirle.
3. Adım: Komşuluk araştırması için m tane en iyi sonucu seç.
- 4.Adım: en iyi çözümler olan m'leri iki gruba ayır. Birinci grup e en iyi çözümler ikinci grup ise m-e en iyi çözümlerdir.
5. Adım: Her en iyi çözümüm komşuluk araştırmasının boyutuna karar ver.
6. Adım: Seçilen çözümün komşuluk sınırları içerisinde çözümler üret.
7. Adım: Her parçanın (patch) en iyi çözümünü seç.
- 8.Adım: Durdurma kriterlerini kontrol et. Eğer sonuç tatmin ediciyse araştırmadan çık, aksi takdirde iterasyon sayısını artır.
- 9.Adım: Yeni çözüm için 2. Adıma git.



Şekil 4.6 YAK ile optimum yük akışı diyagramı

4.2.3. IEEE-30 Baralı Sistemde YAK ile Optimum Yük Akışının Sağlanması

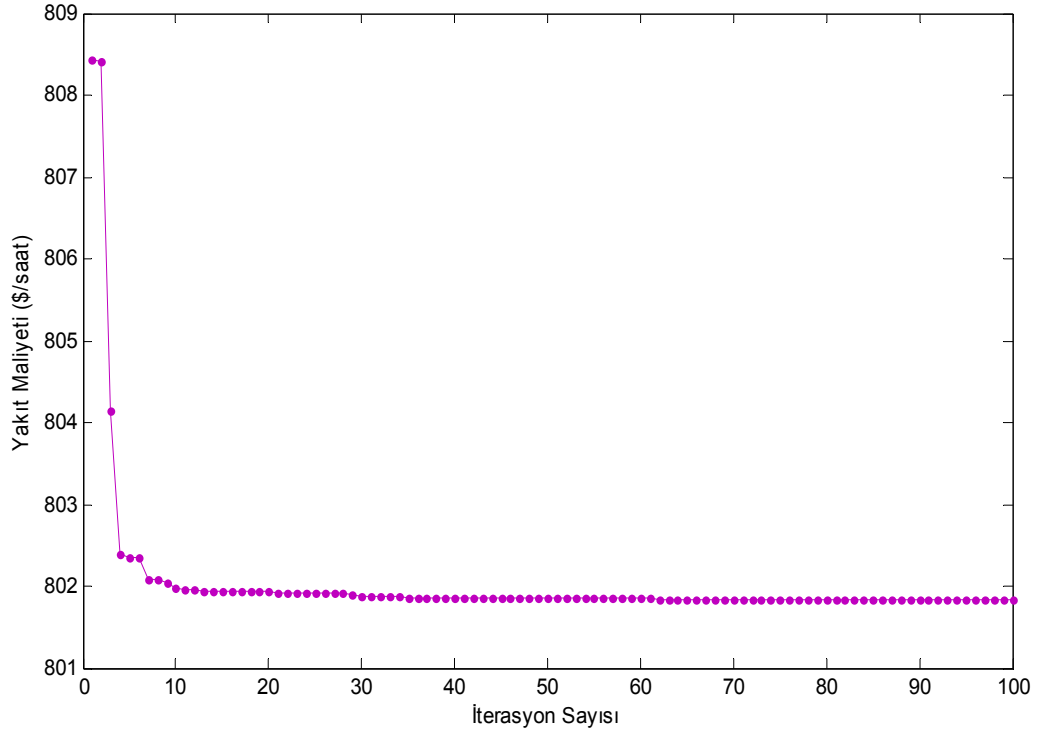
Bu başlıkta Yapay Arı Kolonisi Algoritması IEEE- 30 baralı sisteme uygulanmıştır. Popülasyon büyüklüğü: 20, İterasyon sayısı (limit): 100, alınarak algoritma 30 defa koşturulmuştur. Elde edilen sonuçların ortalaması olarak yakıt maliyeti(fuel cost) 801.844 (\$/saat), iletim hattı kaybı da 9.3749 MW olarak hesaplanmıştır. Maliyet fonksiyonunun iterasyon sayısına göre değişim grafiği Şekil .4'4 de, iterasyonlar sonucunda her bir jeneratör barasında oluşan aktif güç değeri Tablo 4.5'de, her bir barada oluşan gerilim değeri de Tablo 4.6'da p.u. cinsinden verilmiştir.

Tablo 4.5 YAK uygulandıktan sonra jeneratörlerin sisteme verdikleri aktif güç değerleri

	G1	G2	G3	G4	G5	G6
MW	176.712	48.829	21.477	21.638	12.091	12.028

Tablo 4.6. YAK uygulandıktan sonra baralardaki gerilim değerleri

Bara no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
V(p.u.)	1.060	1.043	1.025	1.017	1.010	1.015	1.005	1.010	1.053	1.047	1.082	1.060	1.071	1.045	1.040
Bara no	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
V(p.u.)	1.047	1.042	1.030	1.028	1.032	1.034	1.035	1.030	1.024	1.020	1.003	1.027	1.013	1.007	0.996



Şekil 4.7. YAK ile yakıt maliyetinin iterasyon sayısına göre değişim grafiği

4.3. Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) ile Optimum Yük Akışı

4.3.1 Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması

PSO kuş sürülerinin davranışlarının bir benzetimidir. Kuşların uzayda, yerini bilmedikleri yiyeceği aramaları, bir probleme çözüm aramaya benzetilir. Kuşlar yiyecek ararken yiyeceğe en yakın olan kuşu takip ederler. Parçacık olarak adlandırılan her tekil çözüm, arama uzayındaki bir kuştur. Parçacık hareket ettiğinde, kendi koordinatlarını bir fonksiyona gönderir ve böylece parçacığın uygunluk değeri ölçülerek yiyeceğe ne kadar uzaklıkta olduğu ölçülmüş olur. Bir parçacık, koordinatlarını, hızını, yani çözüm uzayındaki her boyutta ne kadar hızla ilerlediği, şimdiye kadar elde ettiği en iyi

uygunluk değerini ve bu değeri elde ettiği koordinatları hatırlamalıdır. Çözüm uzayındaki her boyuttaki hızının ve yönünün her seferinde nasıl değişeceği, komşularının en iyi koordinatları ve kendi kişisel en iyi koordinatlarının bir birleşimi olacaktır.

Çözüm uzayı problemdeki değişken veya bilinmeyen sayısına bağlı olarak çok boyutta olabilir. Arama uzayının D boyutlu olduğu kabul edilirse, popülasyondaki i 'inci elemanın konumu D boyutlu bir vektörle ifade edilmektedir.

$$x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD})^T \quad (4.12)$$

Bu parçacığın hızı D boyutlu bir vektörle ifade edilmektedir.

$$V_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iD})^T \quad (4.13)$$

Bu parçacığın ziyaret etmiş olduğu iyi noktanın konumu ise aşağıda verilir.

$$P_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iD})^T \quad (4.14)$$

PSO Algoritması rastgele üretilmiş olan bireylerden oluşan bir başlangıç popülasyonu ile başlatılır ve daha sonra her bir çevrimde bireylerin konumları sürekli güncellenerek en iyi çözümler bulunmaya çalışılır. Bütün çevrimlerde, her bireyin konumu o ana kadarki en iyi çözüm olan $[\vec{p}(t)]$ ve popülasyonun en iyi çözümü olan $[\vec{g}(t)]$ tarafından güncellenir. Bu güncellemeler neticesinde her çevrimde daha iyi çözüm elde edilir. Her bir t adımında, $\vec{v}(t)$ hızı güncellenir ve farklı pozisyona hareket eder. Bireyin bu yeni pozisyonu, önceki pozisyonu ile yeni hızının toplamı şeklinde tanımlanır Eşitlik (4.15).

$$\vec{x}(t+1) = \vec{x}(t) + \vec{v}(t+1) \quad (4.15)$$

Hızın eski değerinden yeni değerine güncellenmesi Eşitlik (4.16) ile tanımlanır.

$$\vec{v}(t+1) = w\vec{v}(t) + r_1c_1(\vec{p}(t) - \vec{x}(t)) + r_2c_2(\vec{g}(t) - \vec{x}(t)) \quad (4.16)$$

Bu eşitlikte r_1 ve r_2 $[0,1]$ arasında seçilmiş uniform dağılımlı rastgele sayılardır. w parametresi eylemsizlik faktörü olarak adlandırılır ve bireyin eski hızı olan $\vec{v}(t)$ hızının genliğini tanımlar. c_1 ve c_2 değerleri ise sırasıyla $\vec{p}(t)$ ve $\vec{g}(t)$ vektörlerinin ağırlıklarıdır. Ayrıca, algoritmanın herhangi bir anında v_i parametresi v_{max} parametresi tarafından sınırlanır. PSO algoritmasında başlangıç popülasyonunda her bir bireye araştırma uzayında uniform olarak ve rastgele konumlar atanır. Bireylerin hızları $[v_{min}, v_{max}]$ aralığında seçilen rastgele hızlarla başlatılır.

PSO, bir grup rastgele çözümle (parçacık sürüsü) başlatılır ve güncellemelerle optimum çözüm bulunmaya çalışılır. Her tekrarlama (iterasyonda), parçacık konumları, iki en iyi değere göre güncellenir. İlki; o ana kadar parçacığın elde ettiği en iyi çözümü sağlayan koordinatlarıdır. Bu değer “pbest” olarak adlandırılır ve hafızada saklanmalıdır. Diğer en iyi değer ise, popülasyonda o ana kadar tüm parçacıklar tarafından elde edilen en iyi çözümü sağlayan koordinatlarıdır. Bu değer global en iyidir ve “gbest” ile gösterilir.

PSO ile Optimum Yük Akışı Adımları:

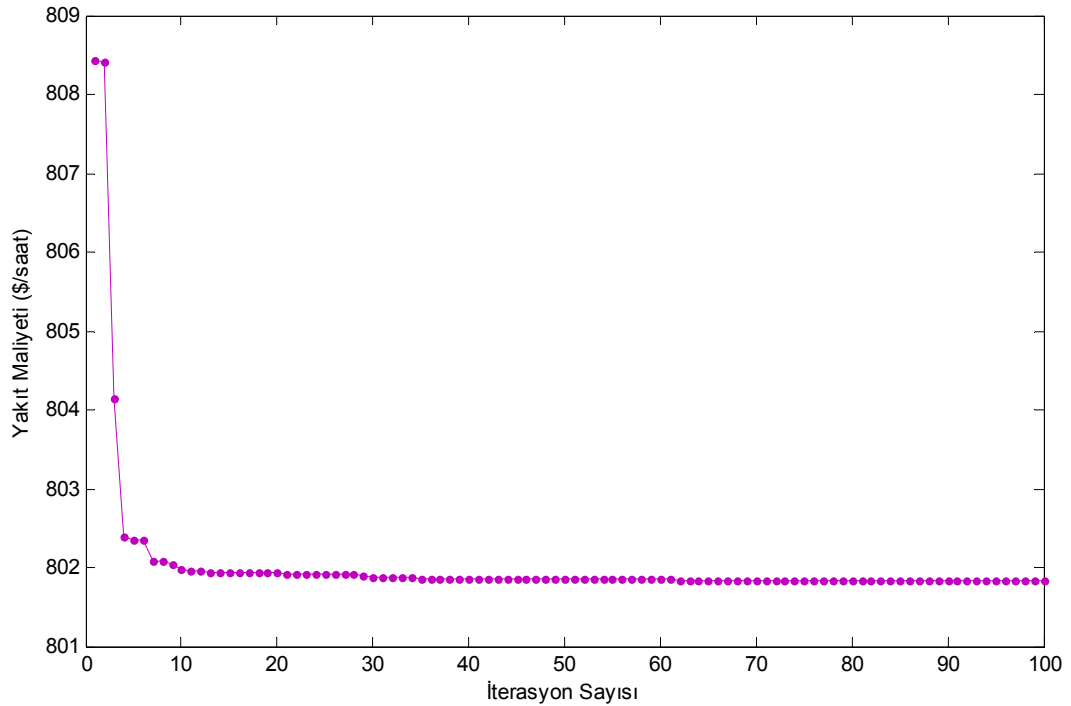
- 1.Adım: Güç sistem verilerini ve PSO parametrelerini gir. Parçacıktan kontrol değişkeni u' nun değerlerini elde et.
- 2.Adım: $t=0$ olarak ayarla ve popülasyonun parçacıklarını rastgele başlat. Başlangıç değerleri kısıtlamaları sağlayana kadar tekrarla.
- 3.Adım: Parçacık hızları $[-V_{jmin}, V_{jmaks}]$ arasında rastgele üret.
- 4.Adım: Popülasyonun her bir parçası için yük akışı eşitliklerini çöz ve durum vektörü x' i hesapla.
- 5.Adım: değerlendirme fonksiyonunu kullanarak her parçacığının değerini hesapla.
- 6.Adım: $t=t+1$ (İterasyon sayısını artır.)
- 7.Adım: Uygunluk stratejisini koruyarak P_{best} 'i güncelle. Eğer yeni değer önceki P_{best} değerlerinden iyiyse P_{best} 'in yeni değeri olarak belirlenir. P_{best} ile birlikte belirlenen parçacık sürü içerisinde G_{best} olarak belirlenir.

8.Adım : Her parçacığın içinde her boyu için hızları ve konumları güncelle.

9.Adım: Eğer maksimum itersayon ya da minimum değere ulaşılmadıysa 3. adıma git yoksa algoritmadan çık.

4.3.2 IEEE-30 Baralı Sistemde PSO ile Optimum Yük Akışının Sağlanması

PSO Algoritması IEEE-30 baralı sisteme uygulanırken çok çeşitli parametre değerleri kullanılmıştır. Popülasyon büyüklüğü diğer algoritmalarda alınan sonuçlarla karşılaştırabilmek için aynı şekilde 20 olarak alınmıştır. c değerleri 1.0 ile 2.0 arasındaki değerler, w değeri ise 0 ile 1 arasındaki değerler alınarak algoritmalar 30'ar defa koşturulmuştur. Elde edilen sonuçların ortalamaları alınmıştır. En iyi değer için $c_1, c_2=1.6$, $w=0.5$ değerlerinde iken elde edildiği görülmüştür. Bu parametre değerleriyle yakıt maliyeti 801.843(\$/saat), iletim hattı kaybı ise 9.3760 MW olarak hesaplanmıştır. İterasyon sonucunda her bir jeneratörün ürettiği aktif güç değeri Tablo 4.7'de, her bir baradaki gerilim değeri de Tablo 4.8'de verilmiştir. Şekil 4.8'deki grafikte de maliyet fonksiyonunun iterasyon sayısı ile değişim grafiği verilmektedir.



Şekil 4.8. PSO ile yakıt maliyetinin iterasyon sayısına göre değişim grafiği

Tablo 4.7 PSO uygulandıktan sonra jeneratörlerin sisteme verdikleri aktif güç değerleri

	G1	G2	G3	G4	G5	G6
MW	176.730	48.830	21.474	21.648	12.094	12

Tablo 4.8. PSO uygulandıktan sonra baralardaki gerilim değerleri

Bara no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
V(p.u.)	1.060	1.043	1.025	1.017	1.010	1.015	1.005	1.010	1.053	1.047	1.082	1.060	1.071	1.045	1.040
Bara no	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
V(p.u.)	1.047	1.042	1.034	1.028	1.032	1.034	1.035	1.030	1.024	1.020	1.003	1.012	1.007	0.995	1.033

4.4. Diferansiyel Gelişim Algoritması (DGA) ile Optimum Yük Akışı

4.4.1. Diferansiyel Gelişim Algoritmasının İşleyişi

Diferansiyel Gelişim Algoritması, Storn ve Price tarafından geliştirilmiş popülasyon temelli sezgisel optimizasyon tekniğidir [42]. GA'dan esinlenilerek özellikle sürekli parametrelili problemlerin çözümüne yönelik geliştirilmiştir. Popülasyon bazlı çalışmakta, tek tek kromozomlar operatörlere tabi tutulmakta ve böylelikle yeni bir birey elde edilmektedir. Yeni birey eskisinden daha iyi ise yeni birey, aksi takdirde eskisi gelecek jenerasyona aktarılmaktadır. DGA hızlı çalışmakta ve basitçe kodlanabilmektedir. GA'daki çaprazlama, mutasyon ve seçim burada da söz konusu olup farklı olarak tüm operatörler kromozomlar tek tek uygulanmakta ve yeni bireyin uygunluğuna göre seçim gerçekleştirilmektedir [43].

4.4.1.2 Kodlama ve Başlangıç Popülasyonu

Popülasyon büyüklüğü üçten büyük olmalıdır. Çünkü DGA'da yeni kromozomların üretilmesi için mevcut kromozom dışında üç adet kromozom gerekmektedir. NP adet D boyutlu kromozomdan meydana gelen başlangıç popülasyonu Eşitlik (4.17) ile üretilmektedir[44].

$$\forall i \leq NP \cap \forall j \leq D: x_{j,i,G=0} = x_j^{(1)} + \text{rand}_j[0,1] * x_j^{(u)} - x_j^{(1)} \quad (4.17)$$

4.4.1.3 Mutasyon

Mutasyon, kromozomun genleri üzerinde rastgele değişiklikler yapmaktır. DGA'da mutasyona tabi tutulacak olan kromozom dışında ve birbirlerinden farklı olan üç kromozom seçilir ($r_{1,2,3}$). İlk ikisinin farkı alınır ve F parametresiyle çarpılır. F ölçeklendirme faktörü olup genellikle 0-2 arasında değerler almaktadır. G jenerasyonun 1. ve 2. kromozomlarının j. Genin farkının F ile çarpılmasıyla elde edilen ağırlıklandırılmış fark kromozomu ile üçüncü kromozom toplanır. (Eşitlik 4.18)

$$\forall j \leq D: n_{j,i,G+1} = x_{j,r3,G} + F(x_{j,r1,G} - x_{j,r2,G}) \quad (4.18)$$

4.4.1.4 Çaprazlama

Elde edilen fark kromozomu ve $x_{i,G}$ kromozomu kullanılarak yeni deneme kromozomu ($u_{i,G+1}$) üretilir. Deneme kromozomuna genler CR olasılıkla fark kromozomundan 1-CR olasılıkla mevcut kromozomdan seçilir. $j = j_{\text{rand}}$ koşulu, en az bir tane genin üretilen yeni kromozomdan alınmasını garanti etmek için kullanılmaktadır.

$$\forall j \leq D: x_{j,u,G+1} = \begin{cases} x_{j,n,G+1} & \text{eğer } \text{rand}[0,1] \leq RC \text{ } j=j_{\text{rand}} \\ x_{j,i,G} & \text{aksi durumda} \end{cases} \quad (4.19)$$

4.4.1.5 Uygunluk Fonksiyonu

Yeni bir kromozom olan deneme kromozomu elde edilmiştir. Yeni jenerasyona geçecek olan kromozomun belirlenmesinde kriter uygunluktur. Hedef kromozomun uygunluk değeri bilinmektedir. Hesaplanacak olan ise yeni oluşturulan deneme kromozomuna ($u_{i,G+1}$) ait uygunluk değeridir.

4.4.1.6 Seçim

Kromozomlardan uygunluğu yüksek olanı yeni jenerasyona atanmaktadır.

$$\forall i \leq NP: x_{i, G+1} = \begin{cases} x_{u, G+1} & \text{eğer } f(x_{u, G+1}) \leq f(x_{i, G}) \\ x_{i, G} & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (4.20)$$

Döngü $G=G_{\max}$ olana kadar devam ettirilmelidir. G_{\max} olduğunda mevcut en iyi birey çözümdür.

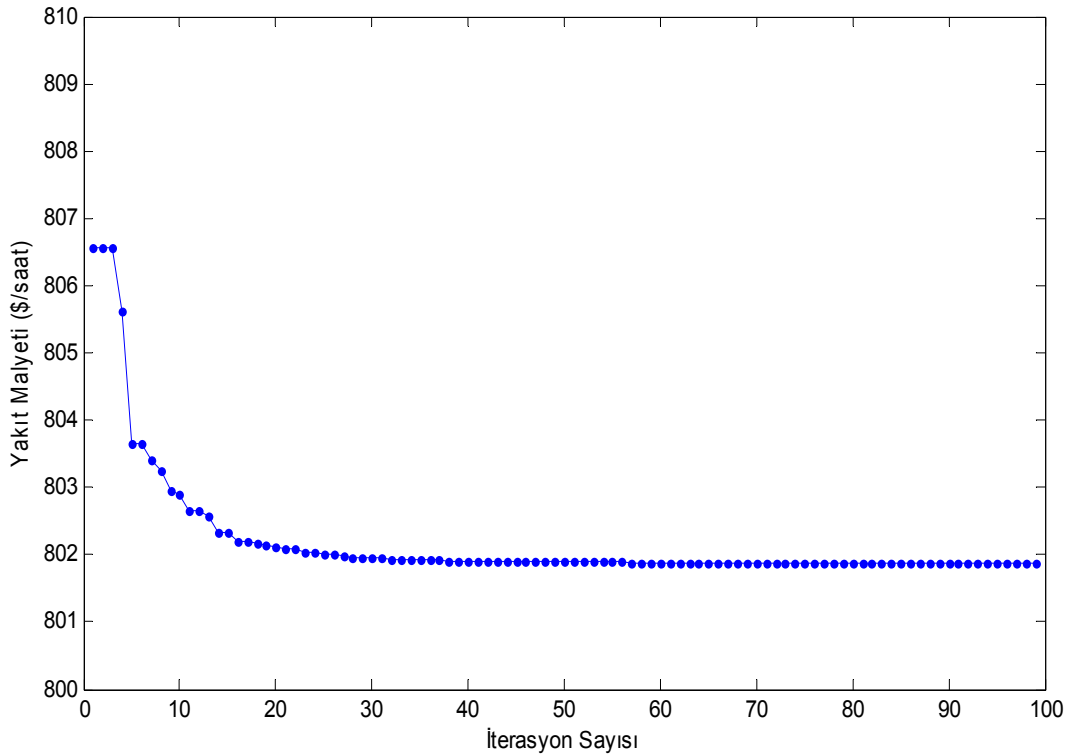
Popülasyondaki bireylerin her bir parametresi jeneratörün uygun çalışma aralığındaki değerler alırlar. Bu ilk üretim için bağımsız değişkenlerin ebeveyn vektörlerini oluşturur. Belirlenen limitler içinde üretildiği için eşitsizlik kısıtlamalarını da aynı zamanda sağlar. Her bir bireye karşılık gelen bağımlı değişkenleri $X^T=[P_{G1}, V_L, Q_G, S_1]$ bulmak için Newton-Raphson yöntemi ile yük akışı gerçekleştirilir. Bağımlı değişkenlere karşılık gelen bütün vektörleri elde ettikten sonra bağımlı değişkenlerle alakalı eşitsizlik kısıtlamalarını elde etmek için ceza fonksiyonunun kısıtlama elde etme metodu uygulanır.

Popülasyondaki her bireyin her bir bağımlı değişkenine karşılık gelen ceza fonksiyonu hesaplanır. Eğer alt veya üst limitleri aşarsa aradaki fark ceza değeri olarak kaydedilir. Bu bir sabitle çarpılarak esas hedef fonksiyon olan yakıt maliyeti cinsine dönüştürülür. Salınım barasının gücü, yük barasının gerilimi, yük akışı ve reaktif güç üretimi her popülasyon üyesinin uygunluğunu hesaplamak için göz önünde bulundurulur. Uygunluk yakıt maliyetini ve bağımlı değişkenlere karşılık gelen cezaları içerir. Bu cezaların uygunluğa dahil olması yakıt maliyetlerine ek olarak kontrol parametreleri işletme limitleri içerisinde olan belirli popülasyon üyelerinin daha uygun şekilde tahsis etme fırsatı verir.

4.4.3 IEEE-30 Baralı Sistemde DGA ile Optimum Yük Akışının Sağlanması

DGA Algoritması IEEE-30 baralı sisteme uygulanmıştır. Popülasyon aynı şekilde 20 olarak alınmıştır. F parametre değeri ölçeklendirme sabiti olup 0 ile 2.0 arasındaki değerler alabilmektedir. CR değeri ise 0 ile 1 arasındaki değerler alınarak algoritmalar oluşturulmuştur. Bu denemeler sonucunda minimum maliyet değerinin $F=0.6$, $CR=0.4$ olduğu koşullarda elde edildiği görülmüştür. Bu parametre değerleriyle

algoritma 30 defa koşturulup çıkan sonuçların ortalaması alınmıştır. Bu parametre değerleriyle yakıt maliyeti 801.828(\$/saat), ilettim hattı kaybı ise 9.3982 MW olarak bulunmuştur. Elde edilen maliyet fonksiyon değeri- iterasyon grafiği Şekil 4.5’de verilmiştir. İterasyon sonucunda her bir jeneratörün ürettiği aktif üç değeri Tablo 4.9’de, her bir baradaki gerilim değeri de Tablo 4.10’ da verilmiştir.



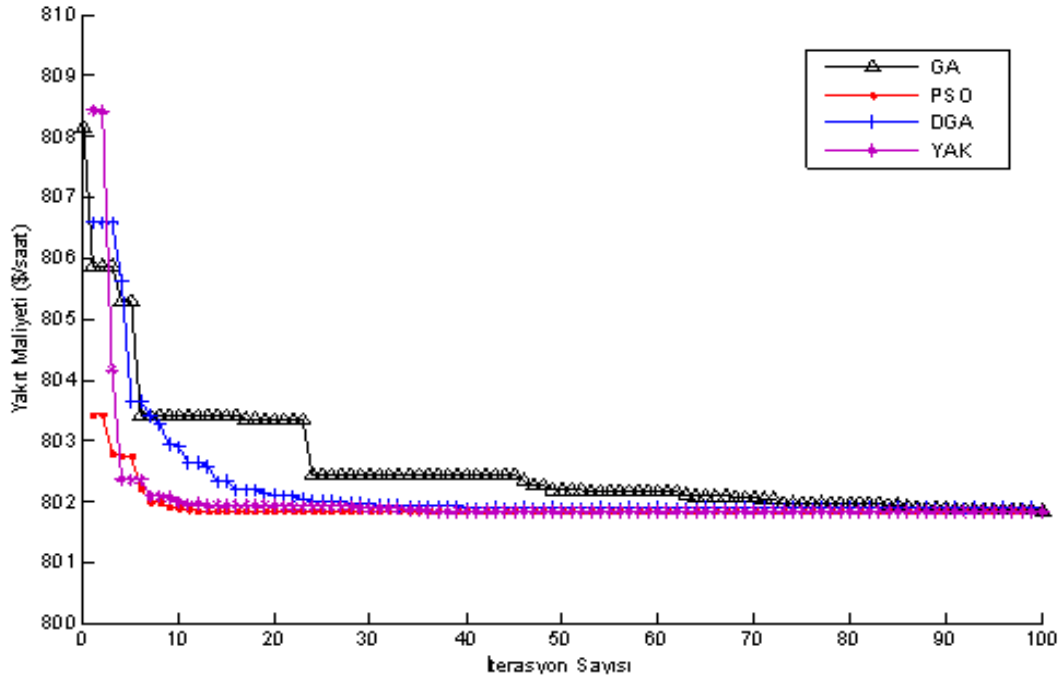
Şekil 4.9. DGA ile yakıt maliyetinin iterasyon sayısına göre değişim grafiği

Tablo 4.9 DGA uygulandıktan sonra jeneratörlerin sisteme verdikleri aktif güç değerleri

	G1	G2	G3	G4	G5	G6
MW	177.103	48.920	21.501	21.858	12.160	11.255

Tablo 4.10. DGA uygulandıktan sonra baralardaki gerilim değerleri

Bara no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
V(p.u.)	1.060	1.043	1.025	1.017	1.010	1.015	1.005	1.010	1.053	1.047	1.082	1.060	1.071	1.045	1.040
Bara no	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
V(p.u.)	1.047	1.042	1.034	1.028	1.032	1.034	1.035	1.030	1.024	1.020	1.003	1.012	1.007	0.995	1.033



Şekil 4.10 GA, PSO, DGA ve YAK algoritmaları uygulandıktan sonra oluşan iterasyon-yakıt maliyeti grafiklerinin karşılaştırılması

Şekil 4.10'da görüldüğü üzere en kötü iterasyon başlangıç değeri YAK algoritmasına aittir. Ama az sayıda iterasyon sonucunda kararlı hale oturmaktadır. PSO algoritması ise başlangıç değeri olarak, çözüme en yakın başlangıç değerini sağlamıştır. GA ortalama bir başlangıç değeriyle iterasyona başlamasına karşın en geç kararlı hale geçen algoritma olmuştur.

5. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Optimum Yük Akışınının öncelikli amacı sistem güvenliğini muhafaza ederek yük taleplerini minimum maliyetle karşılamaktır. Bir güç sisteminin maliyeti duruma göre değişse de genelde her bir jeneratörün üretmekte olduğu aktif güçle değişir. Sistem güvenliğinin muhafaza edilebilmesi için sistem kararlı haldeyken her bir cihazın istenilen işletme şartlarında çalışması gerekmektedir. Bu işletme şartları; jeneratör çıkışlarının minimum ve maksimum değerleri, iletim hatları ve transformatörlerdeki maksimum MVA akışı ve bara gerilimlerini belirlenen değerlerdir.

Dünya’da ve Türkiye’de enerji talebinin her geçen gün artması ve buna karşılık birincil enerji kaynaklarının günden güne tükenmesi en çok kullanılan enerji türü olan elektriğin daha verimli bir şekilde kullanılması gerekliliğini ortaya koymuştur. Elektrik üretiminden başlamak üzere iletim ve dağıtımında gerekli optimizasyon çalışmalarının yapılması zorunluluk haline gelmiştir. Elektrik sektöründe kayıpların büyük bir bölümü iletim ve dağıtım sırasında yaşanmaktadır. Kayıpların artması elektriğin maliyetini yükseltmekte ve bu da direkt olarak tüketiciye yansımaktadır. Dağıtım sisteminde kayıpları en aza indirmek ve elektriği minimum maliyetle tüketiciye ulaştırmak için bir çok mühendislik problemlerinin çözümünde kullanılan optimizasyon yöntemleri, optimum yük akışının ve ekonomik yük dağıtımının sağlanmasında da kullanılmıştır.

Bu çalışmada IEEE-30 baralı test sistemine sezgisel optimizasyon metotlarından olan Genetik Algoritma, Yapay Arı Kolonisi, Diferansiyel Gelişim Algoritması, Parçacık Sürü Optimizasyonu metotları uygulanmıştır. Kısıtlamalı maliyet fonksiyonuna ceza

fonksiyonu eklenerek bir yakıt maliyet fonksiyonu tanımlanmıştır. Bu algoritmaların hepsi de 100 iterasyonlu ve 20 popülasyon büyüklüğüyle kendilerine has parametreleri için farklı değerlerde seçilerek koşturulmuştur. Her bir algoritma 30 defa koşturulmuş ve elde edilen sonuçların ortalamaları alınmıştır.

Tablo 5.1’de görüldüğü üzere DGA ile yük akışı analizinde 9.3982 MW hat kaybı oluşmasına karşın 801.8280 (\$/saat) maliyet değeriyle en uygun çözümü yani en düşük maliyeti sağlayan algoritma olmuştur. GA kullanılarak elde edilen yük akışı 801.8473 (\$/saat) ile en yüksek maliyetli ve 23.50 saniye ile en uzun sürede koşturulan algoritma olmuştur. Bu algortmada hat kaybı 9.3572 MW elde edilmiştir. İterasyon–yakıt maliyeti grafiklerinde en yüksek başlangıç maliyeti YAK, en düşük başlangıç maliyeti DGA algoritmasında gözlenmiştir.

Tablo 5.1 IEEE-30 baralı sistemde GA, PSO, DGA ve YAK metotları ile optimizasyon sonuçlarının karşılaştırılması

Değişkenler	GA	PSO	DGA	YAK
P_{G1} (MW)	177.130	176.730	177.103	176.712
P_{G2} (MW)	48.844	48.830	48.920	48.829
P_{G3} (MW)	21.615	21.474	21.501	21.477
P_{G4} (MW)	21.329	21.648	21.858	21.638
P_{G5} (MW)	12.982	12.094	12.160	12.091
P_{G6} (MW)	10.891	12	11.255	12.028
Top. Üretilen Güç (MW)	292.791	292.776	292.797	292.775
Hat Kaybı (MW)	9.3572	9.3760	9.3982	9.3749
Yakıt Maliyeti(\$/saat)	801.8473	801.8436	801.8280	801.8448
Çevrim süresi (sn)	23.50	23.48	22.06	21.58

Yapay Arı Kolonisi Algoritmasının parametre sayısının az olması dolayısıyla kullanımı kolay bir algoritmadır. Düşük popülasyon büyüklüklerinde dahi büyük popülasyon büyüklüklerine yakın sonuçlar elde edilmektedir. Bunun sebebi ise Yapay Arı Kolonisi Algoritmasının çözüm uzayını parçalara ayırıp, parçalar şeklinde arama yapmasıdır. Bu yöntem hem global optimumda hem de lokal optimumda çalışmaktadır. Düşük popülasyon büyüklüğünde algortmayı koşturmak, daha düşük bir uzay alanını taradığı için algortmanın tamamlama süresini kısaltmaktadır.

Genetik algoritmalar oldukça geniş arama yüzeyinde arama yaptıklarından dolayı diğer algoritmalara göre biraz yavaş kalmaktadır. Bu çalışmada orta boyutlu bir güç sistemine

uygulandığında makul bir süre içerisinde makul bir çözüm üretmiştir. Ama büyük ölçekli ve matematiksel olarak ifade edilmesi zor olan güç sistemleri problemlerinin çözümünde etkili olduğu bilinmektedir. Genetik algoritma sadece hedef fonksiyon değerlerini kullanır ve lokal optimumda kalmazlar ve formüldeki değişikliklere kolay adapte olurlar. Hesaplama süresinin uzun olması metodun olumsuz yanıdır.

DGA, genetik algoritmalar gibi evrimsel tabanlı algoritmalarıdır. İkili tamsayı kodlamalarla çalışan standart genetik algoritmanın kodlama sorunu yaşadığı problemlerde kolayca araştırma yapabilirler. DGA' da GA gibi mutasyon çaprazlama gibi genetik operatörler kullanılsa da değişkenler gerçek değerleriyle ifade edilirler. Bu algortmada kromozomlar tek tek ele alınmakta diğer üç kromozom da kullanılarak yeni bir birey elde edilmektedir. Bu çalışmada $F=0.6$, $CR=0.4$ parametre değerleriyle en düşük maliyet değerini vermiştir. İterasyonun başlangıç değerine bağlı kalmadan global optimuma ulaşması, hızlı yakınsama yeteneği algoritmanın en önemli avantajlarıdır.

PSO, sürü zekasına sahip bir algortmadır. Bu çalışmada $w=0.5$, $c_1, c_2=1.6$ değerleriyle koşturulmuştur. Diğer algortmalara göre çözüme ulaşmakta yavaş kalmıştır. Optimum yük akışından ziyade reaktif kapasitör yerleşimi problemlerinde kullanılır.

Optimum yük akışı probleminin çözümünde klasik metotların bazı üstün tarafları olmasına rağmen, sezgisel optimizasyon metotlarına göre genelde yetersiz kalmaktadırlar. Birçok durumda geniş ölçekli gerçek güç sistemleri problemlerini çözmede sınırlı kapasitesinden dolayı formülün sadeleştirilmesi gerekmektedir. Bunlar, kısıtlamaları sağlamak yetersizdir ve genelde lokal optimuma takılırlar ve bir çevrimde bir tane optimum çözüm bulurlar. Yakınsama sağlanabiliyorsa çözüm optimumdur ama optimum çözüme yakınsama da yetersizdir. Çok değişkenli güç sistemlerinde sonuca ulaşmak için çok fazla işlem yoğunluğu oluşur ve bu da iterasyonun tamamlama süresini olumsuz etkiler. Bu yüzden klasik metotlar daha çok küçük boyutlu güç sistemleri problemlerinin çözümünde tercih edilirler.

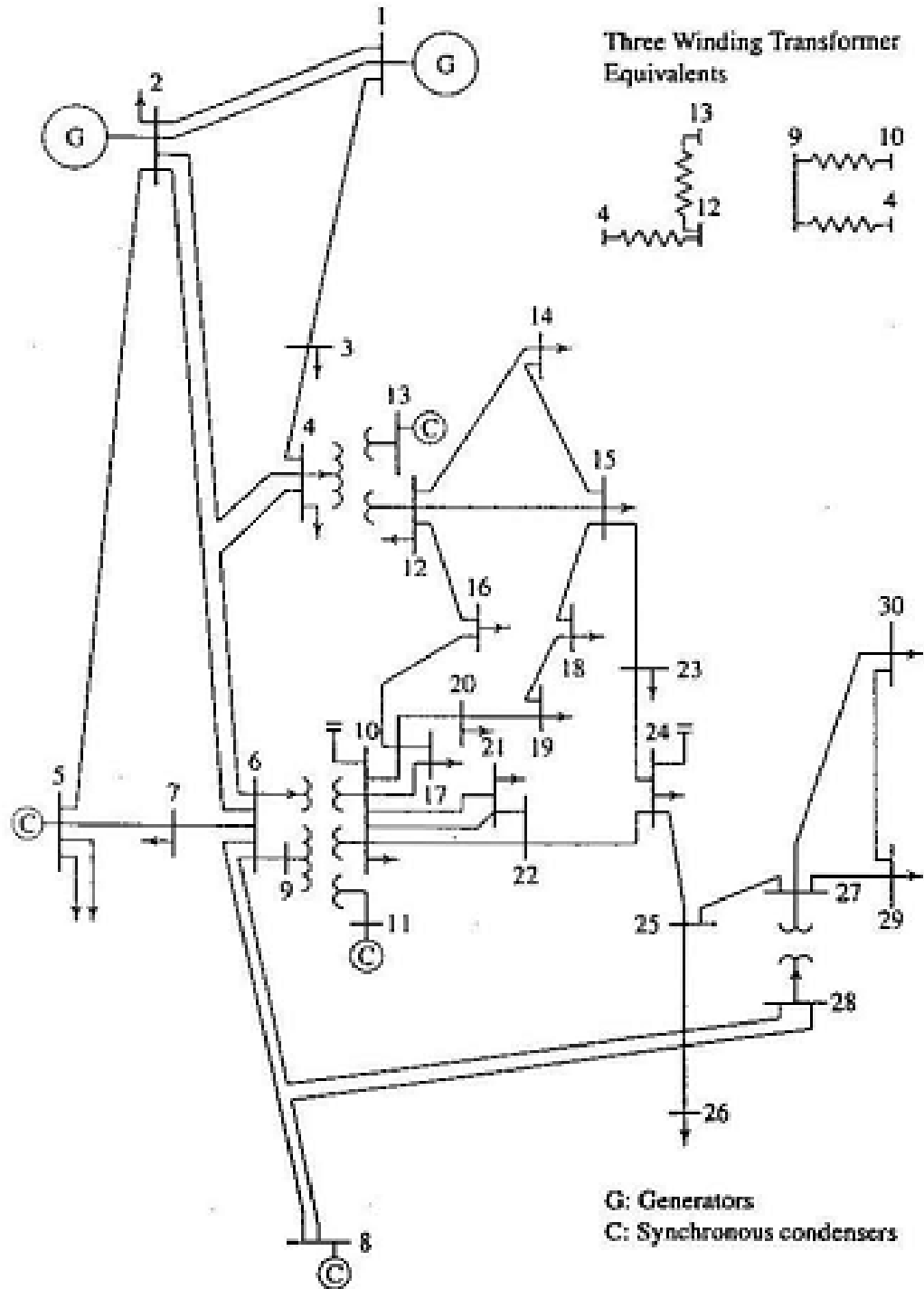
Sezgisel optimizasyon metotları, klasik metotlara göre kısıtlamaların sağlanmasında daha başarılıdır. Sezgisel metotlar bir çevrimde birden fazla optimum çözüm üretirler ve genelde lokal çözüme takılmadan optimum çözüme ulaşırlar.

Bir güç sisteminde optimum yük akışı sağlanmak istendiğinde kullanılacak sezgisel metot belirlenirken sistemin büyüklüğü göz önüne alınmalıdır. Büyük ölçekli güç sistemlerinin problem çözümünde evrimsel yöntemler yani burada bahsedilen GA ve DGA oldukça iyi sonuç vermektedir. Ama sistemin büyümesi demek arama uzayının büyük olması demektir. Bu sistemlerde evrimsel metotlarla iyi sonuç elde edebilmek için popülasyon sayısı geniş tutulmalıdır. Bu da direkt olarak çözüme ulaşma süresini artırmaktadır. Bu noktada Yapay Arı Kolonisi Algoritması hem geniş sistemlerde hem de daha düşük popülasyon büyüklüklerinde optimum ya da optimuma yakın sonuçlar vermektedir. Bu metotlardan hiç biri türev bilgisine ihtiyaç duymazlar.

Serbest piyasa koşullarında elektrik enerjisinin tüketiciye daha ucuz maliyetle ulaştırılması için çalışmalar devam etmektedir. Gelecekte de elektrik enerjisini en yüksek verimle tüketiciye ulaştırılması için güç sistemleri problemlerinde sezgisel optimizasyon metotlarından daha fazla yararlanılacağı düşünülmektedir.

EK-A

IEEE-30 BARALI TEST SİSTEMİ BİLGİLERİ



Şekil A.1- IEEE-30 baralı test sistemi

IEEE-30 baralı test sistemi bilgilerini içeren busdata, linedata ve gencost matrisleri

```

IEEE 30-BUS TEST SYSTEM
Bus Bus Voltage Angle ---Load--- Generator----- Injected
No code Mag. Degree MW Mvar MW Mvar Qmin Qmax Mvar
busdata=[1 1 1.06 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 0 0
2 2 1.043 0.0 21.70 12.7 40.0 0.0 -40 50 0
3 0 1.0 0.0 2.4 1.2 0.0 0.0 0 0 0
4 0 1.06 0.0 7.6 1.6 0.0 0.0 0 0 0
5 2 1.01 0.0 94.2 19.0 0.0 0.0 -40 40 0
6 0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 0 0
7 0 1.0 0.0 22.8 10.9 0.0 0.0 0 0 0
8 2 1.01 0.0 30.0 30.0 0.0 0.0 -10 60 0
9 0 1.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 0 0
10 0 1.0 0.0 5.8 2.0 0.0 0.0 -6 24 19
11 2 1.082 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 0 0
12 0 1.0 0 11.2 7.5 0 0 0 0 0
13 2 1.071 0 0 0.0 0 0 -6 24 0
14 0 1 0 6.2 1.6 0 0 0 0 0
15 0 1 0 8.2 2.5 0 0 0 0 0
16 0 1 0 3.5 1.8 0 0 0 0 0
17 0 1 0 9.0 5.8 0 0 0 0 0
18 0 1 0 3.2 0.9 0 0 0 0 0
19 0 1 0 9.5 3.4 0 0 0 0 0
20 0 1 0 2.2 0.7 0 0 0 0 0
21 0 1 0 17.5 11.2 0 0 0 0 0
22 0 1 0 0 0.0 0 0 0 0 0
23 0 1 0 3.2 1.6 0 0 0 0 0
24 0 1 0 8.7 6.7 0 0 0 0 4.3
25 0 1 0 0 0.0 0 0 0 0 0
26 0 1 0 3.5 2.3 0 0 0 0 0
27 0 1 0 0 0.0 0 0 0 0 0
28 0 1 0 0 0.0 0 0 0 0 0
29 0 1 0 2.4 0.9 0 0 0 0 0
30 0 1 0 10.6 1.9 0 0 0 0 0];

```

```

Line code
Bus bus R X 1/2 B = 1 for lines
nl nr p.u. p.u. p.u. > 1 or < 1 tr. tap at bus nl
linedata=[1 2 0.0192 0.0575 0.02640 1
1 3 0.0452 0.1852 0.02040 1
2 4 0.0570 0.1737 0.01840 1
3 4 0.0132 0.0379 0.00420 1
2 5 0.0472 0.1983 0.02090 1
2 6 0.0581 0.1763 0.01870 1
4 6 0.0119 0.0414 0.00450 1
5 7 0.0460 0.1160 0.01020 1
6 7 0.0267 0.0820 0.00850 1
6 8 0.0120 0.0420 0.00450 1
6 9 0.0 0.2080 0.0 0.978
6 10 0 .5560 0 0.969
9 11 0 .2080 0 1
9 10 0 .1100 0 1
4 12 0 .2560 0 0.932
12 13 0 .1400 0 1
12 14 .1231 .2559 0 1
12 15 .0662 .1304 0 1
12 16 .0945 .1987 0 1
14 15 .2210 .1997 0 1
16 17 .0824 .1923 0 1
15 18 .1073 .2185 0 1
18 19 .0639 .1292 0 1
19 20 .0340 .0680 0 1
10 20 .0936 .2090 0 1
10 17 .0324 .0845 0 1

```

10	21	.0348	.0749	0	1
10	22	.0727	.1499	0	1
21	22	.0116	.0236	0	1
15	23	.1000	.2020	0	1
22	24	.1150	.1790	0	1
23	24	.1320	.2700	0	1
24	25	.1885	.3292	0	1
25	26	.2544	.3800	0	1
25	27	.1093	.2087	0	1
28	27	0	.3960	0	0.968
27	29	.2198	.4153	0	1
27	30	.3202	.6027	0	1
29	30	.2399	.4533	0	1
8	28	.0636	.2000	0.0214	1
6	28	.0169	.0599	0.065	1];

```
gencost =[1    0.00375    2    0    50    200;
           2    0.0175    1.75    0    20    80;
           5    0.0625    1    0    15    50;
           8    0.0083    3.25    0    10    35;
           11   0.025    3    0    10    30;
           13   0.025    3    0    12    40];
```

EK-B

GÜÇ AKIŞ ANALİZİ SONUÇLARI

Tablo B.1. IEEE-30 baralı sisteme Gauss-Siedel Metodu uygulandıktan sonra baralar arasındaki güç akışı ve hat kayıpları

Gücün Çıktığı Bara	Gücün Girdiği Bara	Hattaki Güç Akışı			Hattaki Kayıp		TRAFO KADEME ORANLARI
		MW	MVAR	MVA	MW	MVAR	
1		260.950	-17.010	261.504			
	2	177.743	-22.140	179.117	5.461	10.517	
	3	83.197	5.125	83.354	2.807	7.079	
2		18.300	36.126	40.497			
	1	-172.282	32.657	175.350	5.461	10.517	
	4	45.702	2.720	45.783	1.106	-0.519	
	5	82.990	1.704	83.008	2.995	8.178	
3	6	61.905	-0.966	61.913	2.047	2.263	
		-2.400	-1.200	2.683			
	1	-80.390	1.954	80.414	2.807	7.079	
4	4	78.034	-3.087	78.095	0.771	1.345	
		-7.600	-1.600	7.767			
	2	-44.596	-3.239	44.713	1.106	-0.519	
	3	-77.263	4.432	77.390	0.771	1.345	
	6	70.132	-17.624	72.313	0.605	1.181	
5	12	44.131	14.627	46.492	0.000	4.686	
		-94.200	16.995	95.721			
	2	-79.995	6.474	80.256	2.995	8.178	
6	7	-14.210	10.467	17.649	0.151	-1.687	
		0.000	0.000	0.000			
	2	-59.858	3.229	59.945	2.047	2.263	
	4	-69.527	18.805	72.026	0.605	1.181	
	7	37.537	-1.915	37.586	0.368	-0.598	
	8	29.534	-3.712	29.766	0.103	-0.558	
	9	27.687	-7.318	28.638	0.000	1.593	0.978
10	15.828	0.656	15.842	-0.000	1.279	0.969	
7	28	18.840	-9.575	21.134	0.060	-13.085	
		-22.800	-10.900	25.272			
	5	14.361	-12.154	18.814	0.151	-1.687	
8	6	-37.170	1.317	37.193	0.368	-0.598	
		-30.000	0.759	30.010			

	6	-29.431	3.154	29.599	0.103	-0.558	
	28	-0.570	-2.366	2.433	0.000	-4.368	
9		0.000	0.000	0.000			
	6	-27.687	8.911	29.086	0.000	1.593	
	11	0.003	-15.653	15.653	0.000	0.461	
	10	27.731	6.747	28.540	-0.000	0.811	
10		-5.800	17.000	17.962			
	6	-15.828	0.623	15.840	-0.000	1.279	
	9	-27.731	-5.936	28.359	-0.000	0.811	
	20	9.018	3.569	9.698	0.081	0.180	
	17	5.347	4.393	6.920	0.014	0.037	
	21	15.723	9.846	18.551	0.110	0.236	
	22	7.582	4.487	8.811	0.052	0.107	
11		0.000	16.113	16.113			
	9	-0.003	16.114	16.114	0.000	0.461	
12		-11.200	-7.500	13.479			
	4	-44.131	-9.941	45.237	0.000	4.686	
	13	-0.021	10.274	10.274	0.000	0.132	
	14	7.852	2.428	8.219	0.074	0.155	
	15	17.852	6.968	19.164	0.217	0.428	
	16	7.206	3.370	7.955	0.053	0.112	
13		0.000	10.406	10.406			
	12	0.021	10.406	10.406	0.000	0.132	
14		-6.200	-1.600	6.403			
	12	-7.778	-2.273	8.103	0.074	0.155	
	15	1.592	0.708	1.742	0.006	0.006	
15		-8.200	-2.500	8.573			
	12	-17.634	-6.540	18.808	0.217	0.428	
	14	-1.586	-0.702	1.734	0.006	0.006	
	18	6.009	1.741	6.256	0.039	0.079	
	23	5.004	2.963	5.815	0.031	0.063	
16		-3.500	-1.800	3.936			
	12	-7.152	-3.257	7.859	0.053	0.112	
	17	3.658	1.440	3.931	0.012	0.027	
17		-9.000	-5.800	10.707			
	16	-3.646	-1.413	3.910	0.012	0.027	
	10	-5.332	-4.355	6.885	0.014	0.037	
18		-3.200	-0.900	3.324			
	15	-5.970	-1.661	6.197	0.039	0.079	
	19	2.779	0.787	2.888	0.005	0.010	
19		-9.500	-3.400	0.090			
	18	-2.774	-0.777	2.881	0.005	0.010	

	20	-6.703	-2.675	7.217	0.017	0.034	
20		-2.200	-0.700	2.309			
	19	6.720	2.709	7.245	0.017	0.034	
	10	-8.937	-3.389	9.558	0.081	0.180	
21		-17.500	-11.200	20.777			
	10	-15.613	-9.609	18.333	0.110	0.236	
	22	-1.849	-1.627	2.463	0.001	0.001	
22		0.000	0.000	0.000			
	10	-7.531	-4.380	8.712	0.052	0.107	
	21	1.850	1.628	2.464	0.001	0.001	
	24	5.643	2.795	6.297	0.043	0.067	
23		-3.200	-1.600	3.578			
	15	-4.972	-2.900	5.756	0.031	0.063	
	24	1.771	1.282	2.186	0.006	0.012	
24		-8.700	-2.400	9.025			
	22	-5.601	-2.728	6.230	0.043	0.067	
	23	-1.765	-1.270	2.174	0.006	0.012	
	25	-1.322	1.604	2.079	0.008	0.014	
25		0.000	0.000	0.000			
	24	1.330	-1.590	2.073	0.008	0.014	
	26	3.520	2.372	4.244	0.044	0.066	
	27	-4.866	-0.786	4.929	0.026	0.049	
26		-3.500	-2.300	4.188			
	25	-3.476	-2.306	4.171	0.044	0.066	
27		0.000	0.000	0.000			
	25	4.892	0.835	4.963	0.026	0.049	
	28	-18.192	-4.152	8.660	-0.000	1.310	
	29	6.178	1.675	6.401	0.086	0.162	
	30	7.093	1.663	7.286	0.162	0.304	
28		0.000	0.000	0.000			
	27	18.192	5.463	18.994	-0.000	1.310	0.968
	8	0.570	-2.003	2.082	0.000	-4.368	
	6	-18.780	-3.510	19.106	0.060	-13.085	
29		-2.400	-0.900	2.563			
	27	-6.093	-1.513	6.278	0.086	0.162	
	30	3.716	0.601	3.764	0.034	0.063	
30		-10.600	-1.900	10.769			
	27	-6.932	-1.359	7.064	0.162	0.304	
	29	-3.683	-0.537	3.722	0.034	0.063	
TOPLAM KAYIP		17.594	2.233				

Tablo B.2. IEEE-30 baralı sisteme Newton-Raphson Metodu uygulandıktan sonra baralar arasındaki güç akışı ve hat kayıpları

Gücün Çıktığı Bara	Gücün Girdiği Bara	Hattaki Güç Akışı			Hattaki Kayıp		TRAFO KADEME ORANI
		MW	MVAR	MVA	MW	MVAR	
1		260.998	-17.021	261.553			
	2	177.778	-22.148	179.152	5.464	10.524	
	3	83.221	5.127	83.378	2.808	7.085	
2		18.300	36.122	40.493			
	1	-172.314	32.671	75.384	5.464	10.524	
	4	45.712	2.705	45.792	1.106	-0.517	
	5	82.990	1.703	83.008	2.995	8.178	
	6	61.912	-0.958	61.920	2.048	2.264	
3		-2.400	-1.200	2.683			
	1	-80.412	1.958	80.436	2.808	7.085	
	4	78.012	-3.158	78.076	0.771	1.344	
4		-7.600	-1.600	7.767			
	2	-44.605	-3.222	44.722	1.106	-0.517	
	3	-77.242	4.503	77.373	0.771	1.344	
	6	70.126	-17.526	72.282	0.604	1.179	
	12	44.121	14.646	46.489	0.000	4.685	0.932
5		-94.200	16.975	95.717			
	2	-79.995	6.475	80.257	2.995	8.178	
	7	-14.205	10.500	17.664	0.151	-1.687	
6		0.000	0.000	0.000			
	2	-59.864	3.222	59.951	2.048	2.264	
	4	-69.521	18.705	71.994	0.604	1.179	
	7	37.523	-1.885	37.570	0.367	-0.598	
	8	29.528	-3.754	29.766	0.103	-0.558	
	9	27.693	-7.322	28.644	0.000	1.594	0.978
	10	15.823	0.653	15.836	0.000	1.278	0.969
	28	18.819	-9.618	21.134	0.060	-13.086	
7		-22.800	-10.900	25.272			
	5	14.356	-12.187	18.831	0.151	-1.687	
	6	-37.156	1.287	37.178	0.367	-0.598	
8		-30.000	0.826	30.011			
	6	-29.425	3.196	29.598	0.103	-0.558	
	28	-0.575	-2.370	2.438	0.000	-4.368	

9		0.000	0.000	0.000			
	6	-27.693	8.916	29.093	0.000	1.594	
	11	0.000	-15.657	15.657	0.000	0.462	
	10	27.693	6.741	28.501	0.000	0.809	
10		-5.800	17.000	17.962			
	6	-15.823	0.626	15.835	0.000	1.278	
	9	-27.693	-5.932	28.321	0.000	0.809	
	20	9.027	3.560	9.704	0.081	0.180	
	17	5.372	4.414	6.953	0.014	0.037	
	21	15.733	9.842	18.558	0.110	0.237	
	22	7.583	4.490	8.813	0.052	0.107	
11		0.000	16.119	16.119			
	9	-0.000	16.119	16.119	0.000	0.462	
12		-11.200	-7.500	13.479			
	4	-44.121	-9.961	45.232	0.000	4.685	
	13	0.000	-10.291	10.29	0.000	0.133	
	14	7.856	2.442	8.227	0.075	0.155	
	15	17.857	6.947	19.161	0.217	0.428	
	16	7.208	3.363	7.954	0.053	0.112	
13		0.000	10.423	10.423			
	12	-0.000	10.424	10.424	0.000	0.133	
14		-6.200	-1.600	6.403			
	12	-7.782	-2.287	8.111	0.075	0.155	
	15	1.582	0.687	1.724	0.006	0.005	
15		-8.200	-2.500	8.573			
	12	-17.640	-6.519	18.806	0.217	0.428	
	14	-1.576	-0.681	1.717	0.006	0.005	
	18	6.014	1.744	6.262	0.039	0.080	
	23	5.001	2.956	5.810	0.031	0.063	
16		-3.500	-1.800	3.936			
	12	-7.154	-3.251	7.858	0.053	0.112	
	17	3.654	1.451	3.932	0.012	0.027	
17		-9.000	-5.800	10.707			
	16	-3.643	-1.424	3.911	0.012	0.027	
	10	-5.357	-4.376	6.918	0.014	0.037	
18		-3.200	-0.900	3.324	"		
	15	-5.975	-1.665	6.203	0.039	0.080	
	19	2.775	0.765	2.879	0.005	0.010	
19		-9.500	-3.400	10.090			
	18	-2.770	-0.755	2.871	0.005	0.010	

	20	-6.730	-2.645	7.231	0.017	0.034	
20		-2.200	-0.700	2.309			
	19	6.747	2.679	7.259	0.017	0.034	
	10	-8.947	-3.379	9.564	0.081	0.180	
21		-17.500	-11.200	20.777			
	10	-15.623	-9.606	18.340	0.110	0.237	
	22	-1.877	-1.594	2.462	0.001	0.001	
22		0.000	0.000	0.000			
	10	-7.531	-4.384	8.714	0.052	0.107	
	21	1.877	1.596	2.464	0.001	0.001	
	24	5.654	2.788	6.304	0.043	0.067	
23		-3.200	-1.600	3.578			
	15	-4.970	-2.893	5.751	0.031	0.063	
	24	1.770	1.293	2.192	0.006	0.012	
24		-8.700	-2.400	9.025			
	22	-5.611	-2.721	6.236	0.043	0.067	
	23	-1.764	-1.280	2.180	0.006	0.012	
	25	-1.325	1.602	2.079	0.008	0.014	
25		0.000	0.000	0.000			
	24	1.333	-1.588	2.073	0.008	0.014	
	26	3.545	2.366	4.262	0.045	0.066	
	27	-4.877	-0.778	4.939	0.026	0.049	
26		-3.500	-2.300	4.188			
	25	-3.500	-2.300	4.188	0.045	0.066	
27		0.000	0.000	0.000			
	25	4.903	0.827	4.972	0.026	0.049	
	28	-18.184	-4.157	18.653	0.000	1.309	
	29	6.189	1.668	6.410	0.086	0.162	
	30	7.091	1.661	7.283	0.161	0.304	
28		0.000	0.000	0.000			
	27	18.184	5.466	18.987	0.000	1.309	0.968
	8	0.575	-1.999	2.080	0.000	-4.368	
	6	-18.759	-3.467	19.077	0.060	-13.086	
29		-2.400	-0.900	2.563			
	27	-6.104	-1.506	6.286	0.086	0.162	
	30	3.704	0.606	3.753	0.033	0.063	
30		-10.600	-1.900	10.769			
	27	-6.930	-1.358	7.062	0.161	0.304	
	29	-3.670	-0.542	3.710	0.033	0.063	
TOPLAM KAYIP					17.599	22.244	

Tablo B.3. IEEE-30 baralı sisteme Fast Decoupled Metodu uygulandıktan sonra baralar arasındaki güç akışı ve hat kayıpları

Gücün Çıktığı Bara	Gücü Gird. Bara	Hattaki Güç Akışı			Hattaki Kayıp		TRAFO KADEME ORANI
		MW	MVAR	MVA	MW	MVAR	
1		260.998	-17.021	261.553			
	2	177.778	-22.148	179.152	5.464	10.524	
	3	83.221	5.127	83.379	2.808	7.085	
2		18.300	36.122	40.493			
	1	172.315	32.672	175.385	5.464	10.524	
	4	45.712	2.705	45.792	1.107	-0.517	
	5	82.990	1.703	83.008	2.995	8.178	
	6	61.912	-0.958	61.919	2.048	2.264	
3		-2.400	-1.200	2.683			
	1	-80.413	1.959	80.437	2.808	7.085	
	4	78.013	-3.159	78.077	0.771	1.344	
4		-7.600	-1.600	7.767			
	2	-44.606	-3.222	44.722	1.107	-0.517	
	3	-77.242	4.503	77.373	0.771	1.344	
	6	70.123	-17.525	72.280	0.604	1.179	
	12	44.124	14.646	46.491	0.000	4.685	0.932
5		-94.200	16.975	95.717			
	2	-79.995	6.475	80.257	2.995	8.178	
	7	-14.205	10.500	17.664	0.151	-1.687	
6		0.000	0.000	0.000			
	2	-59.864	3.222	59.951	2.048	2.264	
	4	-69.519	18.704	71.991	0.604	1.179	
	7	37.523	-1.885	37.571	0.367	-0.598	
	8	29.529	-3.755	29.766	0.103	-0.558	
	9	27.692	-7.322	28.644	0.000	1.594	0.978
	10	15.822	0.653	15.836	0.000	1.278	0.969
	28	18.818	-9.618	21.133	0.060	-13.086	
7		-22.800	-10.900	25.272			
	5	14.356	-12.187	18.831	0.151	-1.687	
	6	-37.156	1.287	37.178	0.367	-0.598	
8		-30.000	0.828	30.011			
	6	29.425	3.197	29.598	0.103	-0.558	
	28	-0.575	-2.369	2.438	0.000	-4.368	
9		0.000	0.000	0.000			
	6	27.692	8.916	29.092	0.000	1.594	
	11	0.000	-15.657	15.657	0.000	0.462	

	10	27.692	6.741	28.501	0.000	0.809	
10		-5.800	17.000	17.962			
	6	-15.822	0.625	15.835	0.000	1.278	
	9	-27.692	-5.933	28.320	0.000	0.809	
	20	9.023	3.563	9.701	0.081	0.180	
	17	5.373	4.413	6.953	0.014	0.037	
	21	15.732	9.843	18.558	0.110	0.237	
	22	7.583	4.491	8.813	0.052	0.107	
11		0.000	16.120	16.120			
	9	-0.000	16.119	16.119	0.000	0.462	
12		-11.200	-7.500	13.479			
	4	-44.124	-9.961	45.234	0.000	4.685	
	13	-0.000	-10.291	10.291	0.000	0.133	
	14	7.891	2.418	8.253	0.075	0.156	
	15	17.828	6.969	19.142	0.217	0.427	
	16	7.206	3.364	7.953	0.053	0.112	
13		0.000	10.421	10.421			
	12	0.000	10.423	10.423	0.000	0.133	
14		-6.200	-1.600	6.403			
	12	-7.816	-2.262	8.137	0.075	0.156	
	15	1.551	0.734	1.716	0.006	0.005	
15		-8.200	-2.500	8.573			
	12	-17.611	-6.541	18.787	0.217	0.427	
	14	-1.545	-0.729	1.709	0.006	0.005	
	18	6.020	1.740	6.266	0.039	0.080	
	23	5.005	2.954	5.812	0.031	0.063	
16		-3.500	-1.800	3.936			
	12	-7.152	-3.252	7.857	0.053	0.112	
	17	3.653	1.452	3.931	0.012	0.027	
17		-9.000	-5.800	10.707			
	16	-3.641	-1.424	3.910	0.012	0.027	
	10	-5.359	-4.376	6.918	0.014	0.037	
18		-3.200	-0.900	3.324			
	15	-5.981	-1.660	6.207	0.039	0.080	
	19	2.780	0.761	2.882	0.005	0.010	
19		-9.500	-3.400	10.090			
	18	-2.775	-0.751	2.875	0.005	0.010	
	20	-6.725	-2.649	7.228	0.017	0.034	
20		-2.200	-0.700	2.309			
	19	6.742	2.683	7.256	0.017	0.034	
	10	-8.943	-3.382	9.561	0.081	0.180	
21		-17.500	-11.200	20.777			

	10	-15.622	-9.606	18.340	0.110	0.237	
	22	-1.878	-1.593	2.463	0.001	0.001	
22		0.000	0.000	0.000			
	10	-7.531	-4.384	8.714	0.052	0.107	
	21	1.878	1.595	2.464	0.001	0.001	
	24	5.648	2.795	6.301	0.043	0.067	
23		-3.200	-1.600	3.578			
	15	-4.974	-2.890	5.753	0.031	0.063	
	24	1.773	1.291	2.193	0.006	0.012	
24		-8.700	-2.400	9.025			
	22	-5.605	-2.728	6.234	0.043	0.067	
	23	-1.767	-1.278	2.181	0.006	0.012	
	25	-1.322	1.600	2.075	0.008	0.014	
25		0.000	0.000	0.000			
	24	1.330	1.586	2.070	0.008	0.014	
	26	3.539	2.374	4.261	0.044	0.066	
	27	-4.875	-0.781	4.937	0.026	0.049	
26		-3.500	-2.300	4.188			
	25	-3.494	-2.307	4.187	0.044	0.066	
27		0.000	0.000	0.000			
	25	4.901	0.830	4.970	0.026	0.049	
	28	-18.183	-4.157	18.652	-0.000	1.309	
	29	6.189	1.668	6.410	0.086	0.162	
	30	7.091	1.662	7.283	0.161	0.304	
28		0.000	0.000	0.000			
	27	18.183	5.466	18.987	-0.000	1.309	0.968
	8	0.576	-1.999	2.080	0.000	-4.368	
	6	-18.758	-3.468	19.076	0.060	-13.086	
29		-2.400	-0.900	2.563			
	27	-6.103	-1.506	6.286	0.086	0.162	
	30	3.704	0.605	3.753	0.033	0.063	
30		-10.600	-1.900	10.769			
	27	-6.930	-1.358	7.062	0.161	0.304	
	29	-3.670	-0.542	3.710	0.033	0.063	
TOPLAM KAYIP					17.598	22.245	

EK-C

YÜK AKIŞININ SEZGİSEL OPTİMİZASYON METOTLARI İLE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ İÇİN KULLANILAN KODLAR

opf.m

```

% formation of Y bus
j=sqrt(-1);
nl = linedata(:,1); nr = linedata(:,2); R = linedata(:,3);
X = linedata(:,4); Bc = j*linedata(:,5); a = linedata(:, 6);
nbr=length(linedata(:,1)); nbus = max(max(nl), max(nr));
Z = R + j*X; y= ones(nbr,1)./Z; %branch admittance
for n = 1:nbr
if a(n) <= 0 a(n) = 1; else end
Ybus=zeros(nbus,nbus); % initialize Ybus to zero
% formation of the off diagonal elements
for k=1:nbr;
Ybus(nl(k),nr(k))=Ybus(nl(k),nr(k))-y(k)/a(k);
Ybus(nr(k),nl(k))=Ybus(nl(k),nr(k));
end
end
% formation of the diagonal elements
for n=1:nbus
for k=1:nbr
if nl(k)==n
Ybus(n,n) = Ybus(n,n)+y(k)/(a(k)^2) + Bc(k);
elseif nr(k)==n
Ybus(n,n) = Ybus(n,n)+y(k) +Bc(k);
else, end
end
end
nn1=length(gencost(:,1));
for ii=1:nn1-1
if x(ii)>1
x(ii)=1;
else
end
y1(ii)=gencost(ii+1,5)+x(ii)*(gencost(ii+1,6)-gencost(ii+1,5));
end

for i=1:nn1-1;
xx=gencost(i+1,1);
busdata(xx,7)=y1(i);
end

basemva = 100; accuracy = 0.002; maxiter =5;
ns=0; ng=0; Vm=0; delta=0; yload=0; deltad=0;
nbus = length(busdata(:,1));
for k=1:nbus
n=busdata(k,1);
kb(n)=busdata(k,2); Vm(n)=busdata(k,3); delta(n)=busdata(k,4);
Pd(n)=busdata(k,5); Qd(n)=busdata(k,6); Pg(n)=busdata(k,7); Qg(n) =
busdata(k,8);
Qmin(n)=busdata(k,9); Qmax(n)=busdata(k,10);
Qsh(n)=busdata(k,11);
if Vm(n) <= 0 Vm(n) = 1.0; V(n) = 1 + j*0;
else delta(n) = pi/180*delta(n);
V(n) = Vm(n)*(cos(delta(n)) + j*sin(delta(n)));
P(n)=(Pg(n)-Pd(n))/basemva;
Q(n)=(Qg(n)-Qd(n)+ Qsh(n))/basemva;

```

```

        S(n) = P(n) + j*Q(n);
    end
end
for k=1:nbus
if kb(k) == 1, ns = ns+1; else, end
if kb(k) == 2 ng = ng+1; else, end
ngs(k) = ng;
nss(k) = ns;
end
Ym=abs(Ybus); t = angle(Ybus);
m=2*nbus-ng-2*ns;
maxerror = 1; converge=1;
iter = 0;
% Start of iterations
clear A DC J DX
while maxerror >= accuracy & iter <= maxiter % Test for max. power mismatch
for i=1:m
for k=1:m
    A(i,k)=0;           %Initializing Jacobian matrix
end, end
iter = iter+1;
for n=1:nbus
nn=n-nss(n);
lm=nbus+n-ngs(n)-nss(n)-ns;
J11=0; J22=0; J33=0; J44=0;
    for i=1:nbr
        if nl(i) == n | nr(i) == n
            if nl(i) == n, l = nr(i); end
            if nr(i) == n, l = nl(i); end
            J11=J11+ Vm(n)*Vm(l)*Ym(n,l)*sin(t(n,l)- delta(n) + delta(l));
            J33=J33+ Vm(n)*Vm(l)*Ym(n,l)*cos(t(n,l)- delta(n) + delta(l));
            if kb(n)~=1
                J22=J22+ Vm(l)*Ym(n,l)*cos(t(n,l)- delta(n) + delta(l));
                J44=J44+ Vm(l)*Ym(n,l)*sin(t(n,l)- delta(n) + delta(l));
            else, end
            if kb(n) ~= 1 & kb(l) ~=1
                lk = nbus+l-ngs(l)-nss(l)-ns;
                ll = l -nss(l);
                % off diagonalelements of J1
                A(nn, ll) =-Vm(n)*Vm(l)*Ym(n,l)*sin(t(n,l)- delta(n) + delta(l));
                if kb(l) == 0 % off diagonal elements of J2
                    A(nn, lk) =Vm(n)*Ym(n,l)*cos(t(n,l)- delta(n) + delta(l));end
                if kb(n) == 0 % off diagonal elements of J3
                    A(lm, ll) =-Vm(n)*Vm(l)*Ym(n,l)*cos(t(n,l)- delta(n)+delta(l));
end
                    if kb(n) == 0 & kb(l) == 0 % off diagonal elements of J4
                        A(lm, lk) =-Vm(n)*Ym(n,l)*sin(t(n,l)- delta(n) + delta(l));end
                else end
            else , end
        end
        Pk = Vm(n)^2*Ym(n,n)*cos(t(n,n))+J33;
        Qk = -Vm(n)^2*Ym(n,n)*sin(t(n,n))-J11;
        if kb(n) == 1 P(n)=Pk; Q(n) = Qk; end
    if kb(n) == 2 Q(n)=Qk;
        if Qmax(n) ~= 0
            Qgc = Q(n)*basemva + Qd(n) - Qsh(n);
            if iter <= 7
                if iter > 2
                    if Qgc < Qmin(n),
                        Vm(n) = Vm(n) + 0.01;
                    elseif Qgc > Qmax(n),
                        Vm(n) = Vm(n) - 0.01;end
                    else, end
                else,end
            else,end
        end
    if kb(n) ~= 1

```

```

        A(nn,nn) = J11;
        DC(nn) = P(n)-Pk;
    end
    if kb(n) == 0
        A(nn,lm) = 2*Vm(n)*Ym(n,n)*cos(t(n,n))+J22;
        A(lm,nn) = J33;
        A(lm,lm) = -2*Vm(n)*Ym(n,n)*sin(t(n,n))-J44;
        DC(lm) = Q(n)-Qk;
    end
end
DX=A\DC';
for n=1:nbus
    nn=n-nss(n);
    lm=nbus+n-ngs(n)-nss(n)-ns;
    if kb(n) ~= 1
        delta(n) = delta(n)+DX(nn); end
    if kb(n) == 0
        Vm(n)=Vm(n)+DX(lm); end
end
maxerror=max(abs(DC));
end
V = Vm.*cos(delta)+j*Vm.*sin(delta);
deltad=180/pi*delta;
i=sqrt(-1);
k=0;
for n = 1:nbus
    if kb(n) == 1
        k=k+1;
        S(n) = P(n)+j*Q(n);
        Pg(n) = P(n)*basemva + Pd(n);
        Qg(n) = Q(n)*basemva + Qd(n) - Qsh(n);
        Pgg(k)=Pg(n);
        Qgg(k)=Qg(n);
    elseif kb(n) ==2
        k=k+1;
        S(n)=P(n)+j*Q(n);
        Qg(n) = Q(n)*basemva + Qd(n) - Qsh(n);
        Pgg(k)=Pg(n);
        Qgg(k)=Qg(n);
    end
yload(n) = (Pd(n) - j*Qd(n)+j*Qsh(n))/(basemva*Vm(n)^2);
end
busdata(:,3)=Vm'; busdata(:,4)=deltad';
Pgt = sum(Pg); Qgt = sum(Qg); Pdt = sum(Pd); Qdt = sum(Qd); Qsht = sum(Qsh);
if Pgg(1)>gencost(1,6);
    Pgg(1)=gencost(1,6);
else
end
% Pdt=283.4;
TL=basemva*sum(P);
Pgg=abs(Pgg);
lam=100*abs(sum(Pgg)-TL-Pdt);
P1=Pgg;
a1=gencost(:,2);
b1=gencost(:,3);
c1=gencost(:,4);
F1=(Pgg.*Pgg)*a1+Pgg*b1+sum(c1)+lam;
vv=abs(V);

```

GA ile OYA Çözümünde Kullanılan Kodlar:

Genopf.m

```

global busdata linedata gencost
options = gaoptimset;

```

```

options = gaoptimset('PopulationSize',
20,'Display','iter','Generations',100,'StallGenLimit',100,'TimeLimit',
300,'StallTimeLimit', 300,'PlotFcns', {@gaplotbestf});
[x ff]=ga(@opf,6,options);
[F Pgg vv TL]=opf(x)

```

YAK ile OYA Çözümünde Kullanılan Kodlar

runABC.m

```

clear all
close all
clc

clear;
clc;

/* Control Parameters of ABC algorithm*/
NP=20; /* The number of colony size (employed bees+onlooker bees)*/
FoodNumber=NP/2; /*The number of food sources equals the half of the colony
size*/
limit=100; /*A food source which could not be improved through "limit" trials
is abandoned by its employed bee*/
maxCycle=100; /*The number of cycles for foraging {a stopping criteria}*/

/* Problem specific variables*/
objfun='cost'; %cost function to be optimized
D=6; /*The number of parameters of the problem to be optimized*/
ub=ones(1,D)*1; /*lower bounds of the parameters. */
lb=ones(1,D)*0.001; /*upper bound of the parameters.*/

runtime=1; /*Algorithm can be run many times in order to see its robustness*/

%Foods [FoodNumber][D]; /*Foods is the population of food sources. Each row of
Foods matrix is a vector holding D parameters to be optimized. The number of
rows of Foods matrix equals to the FoodNumber*/
%ObjVal[FoodNumber]; /*f is a vector holding objective function values
associated with food sources */
%Fitness[FoodNumber]; /*fitness is a vector holding fitness (quality) values
associated with food sources*/
%trial[FoodNumber]; /*trial is a vector holding trial numbers through which
solutions can not be improved*/
%prob[FoodNumber]; /*prob is a vector holding probabilities of food sources
(solutions) to be chosen*/
%solution [D]; /*New solution (neighbour) produced by
 $v_{ij}=x_{ij}+\phi_{ij}*(x_{kj}-x_{ij})$  j is a randomly chosen parameter and k
is a randomlu chosen solution different from i*/
%ObjValSol; /*Objective function value of new solution*/
%FitnessSol; /*Fitness value of new solution*/
%neighbour, param2change; /*param2change corresponds to j, neighbour
corresponds to k in equation  $v_{ij}=x_{ij}+\phi_{ij}*(x_{kj}-x_{ij})$ */
%GlobalMin; /*Optimum solution obtained by ABC algorithm*/
%GlobalParams[D]; /*Parameters of the optimum solution*/
%GlobalMins[runtime]; /*GlobalMins holds the GlobalMin of each run in multiple
runs*/

GlobalMins=zeros(1,runtime);

```

```

for r=1:runtime

% /*All food sources are initialized */
% /*Variables are initialized in the range [lb,ub]. If each parameter has
different range, use arrays lb[j], ub[j] instead of lb and ub */

Range = repmat((ub-lb),[FoodNumber 1]);
Lower = repmat(lb, [FoodNumber 1]);
Foods = rand(FoodNumber,D) .* Range + Lower;

ObjVal=feval(objfun,Foods);
Fitness=calculateFitness(ObjVal);

%reset trial counters
trial=zeros(1,FoodNumber);

%/*The best food source is memorized*/
BestInd=find(ObjVal==min(ObjVal));
BestInd=BestInd(end);
GlobalMin=ObjVal(BestInd);
GlobalParams=Foods(BestInd,:);

iter=1;
while ((iter <= maxCycle)),

%%%%%%%%%% EMPLOYED BEE PHASE %%%%%%%%%%%
    for i=1:(FoodNumber)

        %/*The parameter to be changed is determined randomly*/
        Param2Change=fix(rand*D)+1;

        %/*A randomly chosen solution is used in producing a mutant solution
of the solution i*/
        neighbour=fix(rand*(FoodNumber))+1;

        %/*Randomly selected solution must be different from the solution i*/
        while(neighbour==i)
            neighbour=fix(rand*(FoodNumber))+1;
        end;

        sol=Foods(i,:);
        % /*v_{ij}=x_{ij}+\phi_{ij}*(x_{kj}-x_{ij}) */
        sol(Param2Change)=Foods(i,Param2Change)+(Foods(i,Param2Change)-
Foods(neighbour,Param2Change))*(rand-0.5)*2;

        % /*if generated parameter value is out of boundaries, it is shifted
onto the boundaries*/
        ind=find(sol<lb);
        sol(ind)=lb(ind);
        ind=find(sol>ub);
        sol(ind)=ub(ind);

        %evaluate new solution
        ObjValSol=feval(objfun,sol);

        FitnessSol=calculateFitness(ObjValSol);
        % /*a greedy selection is applied between the current solution i and
its mutant*/
        if (FitnessSol>Fitness(i)) %/*If the mutant solution is better than the
current solution i, replace the solution with the mutant and reset the trial
counter of solution i*/
            Foods(i,:)=sol;
            Fitness(i)=FitnessSol;
            ObjVal(i)=ObjValSol;
            trial(i)=0;
        else

```

```

        trial(i)=trial(i)+1; /*if the solution i can not be improved,
increase its trial counter*/
        end;

    end;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% CalculateProbabilities
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
/* A food source is chosen with the probability which is proportional to its
quality*/
/*Different schemes can be used to calculate the probability values*/
/*For example prob(i)=fitness(i)/sum(fitness)*/
/*or in a way used in the metot below prob(i)=a*fitness(i)/max(fitness)+b*/
/*probability values are calculated by using fitness values and normalized by
dividing maximum fitness value*/

prob=(0.9.*Fitness./max(Fitness))+0.1;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% ONLOOKER BEE PHASE
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

i=1;
t=0;
while(t<FoodNumber)
    if(rand<prob(i))
        t=t+1;
        /*The parameter to be changed is determined randomly*/
        Param2Change=fix(rand*D)+1;

        /*A randomly chosen solution is used in producing a mutant solution
of the solution i*/
        neighbour=fix(rand*(FoodNumber))+1;

        /*Randomly selected solution must be different from the solution i*/
        while(neighbour==i)
            neighbour=fix(rand*(FoodNumber))+1;
        end;

        sol=Foods(i,:);
        % /*v_{ij}=x_{ij}+\phi_{ij}*(x_{kj}-x_{ij}) */
        sol(Param2Change)=Foods(i,Param2Change)+(Foods(i,Param2Change)-
Foods(neighbour,Param2Change))*(rand-0.5)*2;

        % /*if generated parameter value is out of boundaries, it is shifted
onto the boundaries*/
        ind=find(sol<lb);
        sol(ind)=lb(ind);
        ind=find(sol>ub);
        sol(ind)=ub(ind);

        %evaluate new solution
        ObjValSol=feval(objfun,sol);
        FitnessSol=calculateFitness(ObjValSol);

        % /*a greedy selection is applied between the current solution i and
its mutant*/
        if (FitnessSol>Fitness(i)) /*If the mutant solution is better than the
current solution i, replace the solution with the mutant and reset the trial
counter of solution i*/
            Foods(i,:)=sol;
            Fitness(i)=FitnessSol;
            ObjVal(i)=ObjValSol;
            trial(i)=0;
        else
            trial(i)=trial(i)+1; /*if the solution i can not be improved,
increase its trial counter*/
        end;
    end;
end;

```

```

        end;
    end;

    i=i+1;
    if (i==(FoodNumber)+1)
        i=1;
    end;
end;

%/*The best food source is memorized*/
    ind=find(ObjVal==min(ObjVal));
    ind=ind(end);
    if (ObjVal(ind)<GlobalMin)
        GlobalMin=ObjVal(ind);
        GlobalParams=Foods(ind,:);
    end;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% SCOUT BEE PHASE
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%/*determine the food sources whose trial counter exceeds the "limit" value.
%In Basic ABC, only one scout is allowed to occur in each cycle*/

ind=find(trial==max(trial));
ind=ind(end);
if (trial(ind)>limit)
    Bas(ind)=0;
    sol=(ub-lb).*rand(1,D)+lb;
    ObjValSol=feval(objfun,sol);
    FitnessSol=calculateFitness(ObjValSol);
    Foods(ind,:)=sol;
    Fitness(ind)=FitnessSol;
    ObjVal(ind)=ObjValSol;
end;

fprintf('Iter=%d ObjVal=%g\n',iter,GlobalMin);

deger(r,iter)=GlobalMin;
iter=iter+1;
save deger deger

end % End of ABC

GlobalMins(r)=GlobalMin;
end; %end of runs

[F Pgg vv TL]=opf(GlobalParams)

save all

plot(mean(deger))

```

calculatefitness.m

```

function fFitness=calculateFitness(fObjV)
fFitness=zeros(size(fObjV));
ind=find(fObjV>=0);
fFitness(ind)=1./(fObjV(ind)+1);
ind=find(fObjV<0);
fFitness(ind)=1+abs(fObjV(ind));

```

cost.m

```
function ObjVal=cost (Colony)
[Nind Dim]=size(Colony);
for i=1:Nind
    [F Pgg vv TL]=opf1(Colony(i,:));
    ObjVal(i)=F;
end;
```

PSO ile OYA Çözümünde Kullanılan Kodlar

run1.m

```
close all;
clear all;
clc;
warning off

F=0.6;
CR=0.4;

RandStream.setDefaultStream(RandStream('mt19937ar','seed',sum(100*clock)));

% VTR      "Value To Reach" (stop when ofunc < VTR)
VTR = -1.00000000000000000001;
% D      number of parameters of the objective function
D = 6;
SS1=0; %parametre aralığı
SS2=1;
XVmin=repmat(SS1,1,D);
XVmax=repmat(SS2,1,D);
% y      problem data vector (remains fixed during optimization)
y=[];
% NP      number of population members
NP = 20;
% itermax  maximum number of iterations (generations)
itermax = 101;

strategy = 8;
refresh = 1;
[iter,x,f,nf] =
devec3('opf1',VTR,D,XVmin,XVmax,y,NP,itermax,F,CR,strategy,refresh);

m=sprintf('DE: %g\n',f);
fprintf(m);
[F Pgg vv TL]=bak(x)
```

PSO_run.m

```
clear all
close all
clc
warning off

epoch_degeri=100;
ps_degeri=20;

c_degerleri=[1.6];
Iw_degerleri=[0.5]
```



```

    xrng=[0,1];
    yrng=[0,1];
    minmax=0;
    mvden = 2;
    ps     = ps_degeri;
    modl   = 0

    if minmax==1

        errgoal=NaN;
    else
        errgoal=NaN;
    end
    minx = xrng(1);
    maxx = xrng(2);
    miny = yrng(1);
    maxy = yrng(2);

    dims=6
    varrange=[];
    mv=[];
    for i=1:dims
        varrange=[varrange;minx maxx];
        mv=[mv; (varrange(i,2)-varrange(i,1))/mvden];
    end

    ac     = [c_degerleri,c_degerleri];% acceleration
constants, only used for modl=0
    Iwt    = [Iw_degerleri,Iw_degerleri]; % inertia
weights, only used for modl=0
    shw    = 1; % how often to update display
    epoch  = epoch_degeri; % max iterations
    wt_end = 250; % iterations it takes to go from
Iwt(1) to Iwt(2), only for modl=0
    errgrad = 0; % lowest error gradient tolerance
    errgraditer=900; % max # of epochs without error
change >= errgrad

    PSOseed = 0; % if=1 then can input particle
starting positions, if= 0 then all random
    % starting particle positions (first 20 at zero,
just for an example)

    PSOseedValue = repmat([0],ps-10,1);

    psoparams=...
    [shw epoch ps ac(1) ac(2) Iwt(1) Iwt(2) ...
    wt_end errgrad errgraditer errgoal modl PSOseed];
    pso_out=pso_Trelea('opf1', dims,...
    mv, varrange, minmax, psoparams);
hold on

hold off

%
    GBest=eniyisonuc(pso_out);

x=pso_out(1:6,1)'
bak(x)
[F Pgg vv TL]=opf(x)

```

KAYNAKLAR

1. Garg, M., 2008, GA Based Optimal Power Flow Solutions, Thapar University, Electrical & Instrumentation Department, Patiala
2. Gupta A, 2008, EP Based Optimal Power Flow Solutions, Thapar University, Electrical & Instrumentation Department, Patiala
3. Carpentier J., 1985, Optimal power flow, uses, methods and development, Planning and operation of electrical energy system Proc. of IFAC Symposium, Brazil, pp. 11-21.
4. Alsaç O. et al., 1990, "Further developments in LP-based optimal power flow," **IEEE Trans. Power Systems, vol. 5, no. 3, pp. 697-711**.
5. Lobato et al., 2001, An LP-based optimal power flow for transmission losses and generator reactive margins minimization, Proc. of IEEE Porto Power Tech conference, Portugal,
6. Chung T.S. et al., 1997, A recursive LP-based approach for optimal capacitor allocation with cost-benefit consideration, **Electric Power Syst. Research, vol. 39, pp. 129-136**
7. Olofsson M. Et al., 1995 Linear programming based optimal power flow using second order sensitivities, **IEEE Transactions on Power Systems. Vol. 10, No. 3**
8. Lima M. Et al, 2003, Phase shifter placement in large-scale systems via mixed integer linear programming, **IEEE Trans. Power Syst, vol. 18, no. 3, pp. 1029-1034**
9. Chen S.D et al., 1997, A new algorithm based on the Newton-Raphson approach for real-time emission dispatch, **Electric Power Syst. Research, vol. 40, pp. 137-141**
10. Momoh J.A., 1989, A generalized quadratic-based model for optimal power flow, Systems, Man and Cybernetics, 1989. Conference Proceedings., IEEE International Conference on, pp. 261-267.
11. Grudin N., 1998, Reactive power optimization using successive quadratic programming method, **IEEE Trans. Power Syst., vol. 13, no. 4, pp. 1219-1225**

12. Lin X., 2003, Reactive power optimization with voltage stability consideration in power market systems, **IEEE proc.-Gener. Transm. Distrib.**, vol. 150, no. 3, pp. 305-310.
13. Momoh J. A. et al., 2001, Multi-area power systems economic dispatch using nonlinear convex network flow programming”, **Electric Power Syst. Research**, vol. 59, pp. 13-20,
14. Pudjianto D. et al, 2002, Allocation of VAR support using LP and NLP based optimal power flows, **IEEE proc.-Gener. Transm. Distrib.**, vol. 149, no. 4, pp. 377-383
15. Torres G.L. and Quintana H., 2002, A jacobian smoothing nonlinear complementarity method for solving nonlinear optimal power flows, Proc. Of 14th PSCC, Sevilla, Session 41, paper 1, , pp.1-7.
16. Granville S., 1994, Optimal reactive dispatch through interior point methods, **IEEE Trans. Power Syst.**, vol. 9, no. 1, pp. 136-146.
17. Vankayala V.S.S. and Rao. N.D., 1993, Artificial Neural Networks and their applications to power systems - a bibliographical survey, **Electric Power Systems Research**, 28(1):67-79
18. Chowdhury B. H., 1992, Towards the concept of integrated security: optimal dispatch under static and dynamic security constraints, **Electric Power Syst. Research**, vol.25, pp. 213-225
19. Miranda V. and Saraiva J. T.,1992, Fuzzy modeling of power system optimal load flow, **IEEE Trans. Power Syst.**, vol. 7, no. 2, pp.843-849
20. Padhy N.V., 2004, Congestion management under deregulated fuzzy environment, IEEE International Conference on Electric Utility Deregulation, Restructuring and Power Technologies, Hong Kong, pp. 133-139.
21. Walters D.C., and Sheble G.B., 1992, Genetic algorithm solution of economic dispatch with valve point loading, 92SM 414-3, IEEE/PES
22. Bouktir T. et al., 2004, A Genetic Algorithm for solving the optimal power flow problem”, **Leonardo Journal of Sciences**, Issue 4, pp. 44-58
23. Chen P.H. and Chang H. C., 1995, Large scale economic dispatch by genetic algorithm, **IEEE Trans. Power Syst.**, vol. 10, no. 4, pp. 1919-1926
24. Chung T.S. and Li Y.Z., 2001, A hybrid GA approach for OPF with consideration of FACTS devices”, **IEEE Power Engineering Review**, pp. 47-50

25. Bakirtzis A.G., 2002, Optimal power flow by enhanced Genetic Algorithm, **IEEE Transaction on Power Systems, vol. 17, no. 2**
26. Chowdhury B. H. et al., 1993, An expert system as a system operator's aid in real-time solution of the optimal power flow, **Electric Power Syst. Research, vol. 26, pp. 21-30**
27. Mori H. and Goto Y., 2000, A parallel tabu search based method for determining optimal allocation of FACTS in power systems, 0-7803-6338-8/00, **IEEE, pp. 1077-1082**
28. Somasundaram P. et al., 2004, Evolutionary programming based security constrained optimal power flow, **Electric Power Syst. Research, 72, pp. 137-145**
29. Ongsaku W. and Jirapong P., 2005, "Optimal allocation of FACTS devices to enhance total transfer capability using evolutionary programming", IEEE Int. Symposium on Circuits and Systems, ISCAS, vol. 5, pp. 4175-4178
30. Jayabarathi T. et al., 2005, "Evolutionary programming techniques for different kinds of economic dispatch problems", **Electric Power Syst. Research, 73, pp.169-176**
31. Vlachogiannis J. G., 2005, Ant colony system-based algorithm for constrained load flow problem, **IEEE Transaction on Power System, vol 20, no 3**
32. Attous D.B. and Yacine L. ,2009, Particle swarm optimization based optimal power flow for units with non- smooth fuel cost functions , Electrical and Electronics Engineering, ELECO International Conference,Bursa
33. Karaboga, D.,Basturk B., 2007, A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: artificial bee colony (ABC)algorithm', J Glob Optim 39:459–471
34. Hemamalini, S., Simon, P.S., 2010, Economic/Emission load dispatch using Artificial Bee Colony algorithm, Proc. of Int. Conf. on Control, Communication and Power Engineering, India
35. Ozturk, A., Cobanli, S.,Erdogmus, P., Tosun,S., 2010, Reactive power optimization with artificial bee colony algorithm, **Scientific Research and Essays Vol. 5 (19), pp. 2848-2857**
36. Saadat H., 1999, Power System Analysis, Schaum's Outline Series in Electronics & Electrical Engineering, New York

37. Dogan A., Alçı M., 2011, Verimi Artırmak için Güç Sistemlerinde Kullanılan Optimizasyon Metotları ve Uygulama Alanları , EVK 2011, Kocaeli
38. Akay B., 2009, Nümerik Optimizasyon Problemlerinde Yapay Arı Kolonisi (Artificial Bee Colony) Algoritmasının Performans Analizi, Doktora Tezi, Kayseri
39. Yalçınöz, T., Yavuzer, T. and Altun, H., 2002, Tabu araştırması uygulanarak ekonomik yük dağıtım problemi için çözüm, Eleco'2002 Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, pp.30-34, Bursa
40. Tamer, S., Karakuzu, C., 2006, Parçacık Sürüsü Optimizasyon Algoritması ve Benzetim Örnekleri, ELECO 2006 Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Sempozyumu, Elektronik Bildirileri Kitabı, 302-306, Bursa.
41. Karakaş A., 2007, Büyük ölçekli güç sistemlerinde optimum işletim için üretim planlamasına yeni bir yaklaşım, Doktora Tezi, İstanbul
42. Price, K.; Storn, R.M.; Lampinen, J.A. ,2005, Differential Evolution: A Practical Approach to Global Optimization, Springer. ISBN 978-3-540-20950-8.
43. Keskinürk T., 2006, Diferansiyel gelişim algoritması, YA/EM 2006 – Yöneylem Araştırması / Endüstri Mühendisliği – XXVI. Ulusal Kongresi
44. Karaboğa, D., 2004, Yapay Zeka Optimizasyonu Algoritmaları, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul
45. Bolat B. vd., 2004, Mühendislik uygulamalarında genetik algoritmalar ve operatörlerin işlevleri, **Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi**, Yıldız Teknik Üniversitesi
46. Mosaad M.I., 2010, On-line optimal power flow using evolutionary programming techniques, **Thammasat Int. J. Sc. Tech., Vol. 15, No. 1**
47. Abido M. A., 2000, Optimal power flow using particle swarm optimization, **Electrical Power and Energy Systems 24(2002) 563-571**
48. Abou El Ela A. A. et al., 2009, Optimal power flow using differential evolution algorithm, **Electr Eng (2009) 91:69–78 DOI 10.1007/s00202-009-0116-z**
49. Vaisakh K. and Srinivas L.R., 2008, Differential evolution approach for optimal power flow solution, **Journal of Theoretical and Applied Information Technology**

50. Sumpavakup C. et al., 2010, A solution to the optimal power flow using artificial bee colony alorithm, 2010 International Conference on Power System Technology
51. Pandya K.S. and Joshi S. K.,2008, A survey of optimal power flow methods, **Journal of Theoretical and Applied Information Technology Vol.4, N0:5**
52. Saadat H., 1999, Power System Analysis, Schaum's Outline Series in Electronics & Electrical Engineering, New York
53. Murty P.S.R.,2008 Operation and Control in Power Systems, B.S. Publiction, Hyderabad
54. Dogan A., Alçı M., 2011, Optimum Güç Akışının Yapay Arı Kolonisi ile Sağlanması, Fırat Üniv. 5-6 Ekim 2011 Elektrik-elektronik Bilgisayar Semp. (gönderilmiştir)

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Ahmet DOĞAN

Uyruğu: Türkiye (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 30 Ekim 1986, Kayseri

Medeni Durumu: Bekâr

Tel: +90 352 437 49 01-32279

email: ahmetdogan@erciyes.edu.tr

Yazışma Adresi: Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi 38039 Talas/KAYSERİ

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Yıldız Teknik Üni./Elektrik Müh.	2009
Lise	N.M. Küçükçalık A.L.	2004

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2011- Halen	EÜ Mühendislik Fakültesi	Araştırma Görevlisi
2009–2011	Anıt Mühendislik	Elektrik Mühendisi

YABANCI DİL

İngilizce, İtalyanca

YAYINLAR

- Dogan A., Alçı M., 2011, Verimi Artırmak için Güç Sistemlerinde Kullanılan Optimizasyon Metotları ve Uygulama Alanları , EVK 2011, Kocaeli
- Dogan A., Alçı M., 2011, Optimum Güç Akışının Yapay Arı Kolonisi ile Sağlanması, Fırat Üniv. 5-6 Ekim 2011 Elektrik-elektronik Bilgisayar Semp. (gönderilmiştir)