

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMLERİNDE GENETİK ALGORİTMA İLE
KAYIPLARIN AZALTILMASI İÇİN REAKTİF GÜÇ YÖNETİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ervin GELGÜN

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Mühendisliği Programı

MAYIS 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMLERİNDE GENETİK ALGORİTMA İLE
KAYIPLARIN AZALTILMASI İÇİN REAKTİF GÜÇ YÖNETİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ervin GELGÜN
(504101042)**

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa BAĞRIYANIK

MAYIS 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 504101042 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Ervin GELGÜN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMLERİNDE GENETİK ALGORİTMA İLE KAYIPLARIN AZALTILMASI İÇİN REAKTİF GÜÇ YÖNETİMİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Mustafa BAĞRIYANIK**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Ömer GÜL**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd.Doç. Dr. Gürkan SOYKAN

Bahçeşehir Üniversitesi

Teslim Tarihi : **28 Nisan 2015**

Savunma Tarihi : **28 Mayıs 2015**

Aileme,

ÖNSÖZ

Elektrik enerjisine duyulan ihtiyacın gün geçtikçe artması birçok problemle yüzleşmemize neden olmaktadır. Yeni enerji kaynakları aranırken elimizdeki enerji kaynaklarının verimliliği konusunda maalesef yeterince çalışma yapılmadığı görülmektedir.

Özellikle ülkemizde yapılan yatırımların değerlendirilirken maalesef ki sadece sonuca bakmaktayız. O sonuca hangi yollarla ne kadar verimli şekilde gidildiği önemsenmemektedir. Bu çalışmada anlatılmaya çalışılan var iyileştirmenin sonunun olmadığı ve mümkün olduğunca verimliliklerin hayatın her alanında artırılmasının sağlanmasıdır.

Bu çalışmanın yapılmasında ve her zaman bana maddi ve manevi destek olan aileme ne kadar teşekkür etsem azdır. Bu noktaya gelmemde onlara çok şey borçluyum. Bunun yanında, tezimin her aşamasında bana destek olan, yönlendirmeleri ile beni doğruya götüren tez danışmanım Prof. Dr. Mustafa BAĞRIYANIK hocama teşekkürü bir borç bilirim.

Tezimin en zorlandığım bölümde OpenDSS programını ve Matlab kodlarını paylaşarak destek olan Araştırma Görevlisi Banu Öztürk hocama ve en önemlisi hayatımın her alanında beni destekleyen ve benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen nişanlım Gamze Neşeler'e ne kadar teşekkür etsem azdır.

Nisan 2015

Ervin Gelgün
(Elektrik Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
2. DAĞITIM SİSTEMLERİNDE REAKTİF GÜÇ YÖNETİMİ.....	7
2.1 Güç Çeşitleri.....	7
2.1.1 Aktif güç	7
2.1.2 Reaktif güç	8
2.1.3 Görünür güç	8
2.1.4 Güç üçgeni	9
2.2 Kayıplar ile Reaktif Güç Arasındaki İlişki.....	10
2.3 Reaktif Güç Yönetimi ve Uygulama Yöntemleri.....	12
2.3.1 Şönt elemanlar.....	13
2.3.2 Seri elemanlar	14
2.3.3 Esnek alternatif akım iletim sistemleri.....	14
2.3.3.1 Starik VAR kompanzatörü.....	15
3. KAPASİTE YERLEŞİMİNİN ÖNEMİ.....	17
4. GENETİK ALGORİTMALAR	27
4.1 Genel Bilgi	27
4.2 Genetik Algoritmanın Evreleri.....	28
4.2.1 Başlangıç popülasyonunun oluşturulması.....	30
4.2.2 Uygunluk fonksiyonunun oluşturulması.....	30
4.2.3 Uygunluk fonksiyonunun hesaplanması	32
4.2.4 Genetik algoritma operatörleri	33
4.2.4.1 Elitizm	33
4.2.4.2 Seçim.....	33
4.2.4.2.1 Rulet çemberi seçim yöntemi.....	33
4.2.4.2.2 Rank seçim yöntemi	34
4.2.4.2.3 Kararlı hal seçim yöntemi	34
4.2.4.2.4 Turnuva seçim yöntemi.....	35
4.2.4.3 Çaprazlama.....	35
4.2.4.3.1 Tek noktalı çaprazlama	35
4.2.4.3.2 İki noktalı çaprazlama	36
4.2.4.3.3 Çok noktalı çaprazlama.....	37
4.2.4.4 Mutasyon.....	37
4.3 Genetik Algoritmayı Sonlandırma	38
5. DAĞITIM SİSTEMLERİNDE GENETİK ALGORİTMAYA DAYALI OPTİMİZASYON YÖNTEMİ İLE KAYIP AZALTICI REAKTİF GÜÇ YÖNETİMİ.....	39
5.1 Genetik Algoritma ile Diğer Yöntemler Arasındaki Farklar.....	39
5.2 Genetik Algoritma ile Reaktif Güç Yönetimi	40

6. ÖRNEK SİSTEM İNCELEMESİ.....	43
6.1 OpenDSS	43
6.1.1 Uygunluk fonksiyonunun oluşturulması	43
6.1.2 Uygunluk fonksiyonunun oluşturulması	44
6.1.3 Uygunluk fonksiyonunun oluşturulması	44
6.2 Uygulama 1	47
6.3 Uygulama 2	49
6.4 Uygulama 3	52
6.5 Uygulama 4	54
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	59
KAYNAKLAR.....	61
ÖZGEÇMİŞ.....	65

KISALTMALAR

GA	: Genetik Algoritma
ANN	: Yapay Sinir Ağları
ES's	: Uzman Sistemler
SA	: Benzetilmiş Tavlama
FST	: Bulanık Küme Teorisi
FACTS	: Esnek Alternatif Akım Sistemleri
SVK	: Statik Var Kompanzatörü
DSS	: Dağıtım Sistemi Simulatörü

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Dağıtım hatlarındaki kayıplar.....	2
Çizelge 3.1 : 3 Fider - 16 baralı sitem verileri.....	18
Çizelge 4.1 : Değişkenlerin kodlanması ile bireyin elde edilmesi.....	30
Çizelge 6.1 : GA parametreleri.....	47
Çizelge 6.2 : 50 jenerasyon uygulama 1 için bara gerilimleri.....	49
Çizelge 6.3 : 50 jenerasyon uygulama 1 için en iyi kapasite güçleri ve baraları.....	49
Çizelge 6.4 : Uygulama 2 için yeni oluşturulan güç değerleri.....	50
Çizelge 6.5 : 50 jenerasyon uygulama 2 için bara gerilimleri.....	51
Çizelge 6.6 : 50 jenerasyon uygulama 2 için en iyi kapasite güçleri ve baraları.....	51
Çizelge 6.7 : Uygulama 3 için yeni oluşturulan güç değerleri.....	52
Çizelge 6.8 : 50 jenerasyon uygulama 3 için bara gerilimleri.....	53
Çizelge 6.9 : 50 jenerasyon uygulama 3 için en iyi kapasite güçleri ve baraları.....	53
Çizelge 6.10 : Uygulama 4 güç değerleri.....	54
Çizelge 6.11 : 50 jenerasyon uygulama 4 için bara gerilimleri.....	55
Çizelge 6.12 : Uygulama 4 için yeni hat bilgileri.....	56
Çizelge 6.13 : 50 jenerasyon değiştirilmiş uygulama 4 için bara.....	57
Çizelge 6.14 : 50 jenerasyon uygulama 4 için en iyi kapasite güçleri ve baraları.....	57

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Bir periyotluk sinüs dalgası.....	8
Şekil 2.2 : Endüktif devrede akım-gerilim ilişkisi.....	9
Şekil 2.3 : Endüktif devrede güç üçgeni.....	9
Şekil 2.4 : Kapasitif devrede akım-gerilim ilişkisi.....	9
Şekil 2.5 : Kapasitif devrede güç üçgeni.....	10
Şekil 2.6 : Hattın sonundan beslenen yük.....	10
Şekil 3.1 : Kentsel bölgelerde SF ₆ gazlı trafo merkezleri için kapasite yerleşimi.....	17
Şekil 3.2 : 3 Fider-16 baralı test sistemi.....	18
Şekil 3.3 : 1. Fider kapasitesiz bağlantısı.....	19
Şekil 3.4 : 1.Fider kapasitesiz yük akışı analiz sonucu.....	19
Şekil 3.5 : 2. Fider kapasitesiz bağlantısı.....	20
Şekil 3.6 : 2. Fider kapasitesiz yük akışı analiz sonucu.....	20
Şekil 3.7 : 3. Fider kapasitesiz bağlantısı.....	21
Şekil 3.8 : 3. Fider kapasitesiz yük akışı analiz sonucu.....	21
Şekil 3.9 : 1. Fider kapasiteli bağlantısı.....	22
Şekil 3.10 : 1. Fider kapasiteli yük akışı analiz sonucu.....	23
Şekil 3.11 : 2. Fider kapasiteli bağlantısı.....	23
Şekil 3.12 : Fider kapasiteli yük akışı analiz sonucu.....	24
Şekil 3.13 : 3. Fider kapasiteli bağlantısı.....	24
Şekil 3.14 : 3. Fider kapasiteli yük akışı analiz sonucu.....	25
Şekil 4.1 : Genetik algoritma akış diyagramı.....	29
Şekil 4.2 : İki ebeveynin (10 bit), rastgele seçilen (7. bit) tek noktalı caprazlama ...	36
Şekil 4.3 : İki ebeveynin (10 bit), rastgele seçilen (4.ve 8. bit) iki noktalı caprazlama.	36
Şekil 4.4 : Mutasyona uğratılmış kromozom (6.bit) öncesi ve sonrası.....	37
Şekil 5.1 : Genetik algoritma ile reaktif güç yönetimi akış diyagramı.....	42
Şekil 6.1 : DSS'in yapısı.....	46
Şekil 6.2 : 50 jenerasyon uygulama 1 için uygunluk değerleri.....	48
Şekil 6.3 : 50 jenerasyon uygulama 2 için uygunluk değerleri.....	50
Şekil 6.4 : 50 jenerasyon uygulama 3 için uygunluk değerleri.....	52
Şekil 6.5 : Uygulama 4 tek hat şeması.....	54
Şekil 6.6 : 50 jenerasyon uygulama 4 için uygunluk değerleri.....	55
Şekil 6.7 : 50 jenerasyon değiştirilmiş verilere göre uygulama 4 uygunluk değerleri	56

ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMLERİNDE GENETİK ALGORİTMA İLE KAYIPLARIN AZALTILMASI İÇİN REAKTİF GÜÇ YÖNETİMİ ÖZET

Bu tez çalışması, elektrik dağıtım sistemlerinin kayıplarının azaltılmasında reaktif güç yönetimi için genetik algoritma temeline dayanan ve hesaplanabilen bir çözüm bulunmasını amaçlamıştır. Son yıllarda elektrik sistemlerinin her alanda kullanılmaya başlanması ve yaygınlaşması ile elektrik enerjisine olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bu büyüyen ihtiyaç bizleri yeni enerji kaynakları bulmaya ve varolan enerji kaynaklarını daha verimli şekilde kullanmaya yöneltmektedir.

Günümüz teknolojisinde bile elektrik dağıtım sistemlerinde bertaraf edemediğimiz kayıplar mevcuttur. Bu kayıplar, sisteme bağlı olan yüklerin çalışması için ihtiyaç duyduğu ancak herhangi bir işe yaramayan reaktif gücün getirmiş olduğu kayıplardır. İşte bu kayıpların azaltılması için birçok yöntem geliştirilmiş ve bu yöntemleri dahada ileriye taşımak için çalışmalar devam etmektedir. Bu yöntemlerden bir tanesi olan reaktif güç yönetiminde kapasite yerleşimi bu tez çalışmasında ele alınmıştır.

Kapasite yerleşimi, kapasite yerleşiminin yapılacağı noktaların bulunması veya bu kapasitelerin güçlerinin bulunması olarak ifade edilebilir. Kapasite yerleşimi sistemdeli kayıpların azaltılmasında, gerilim kararlılığının sağlanmasında, daha güvenilir bir elektrik sistemine sahip olmamıza, sistemden çekilen akımların azalması sebebi ile yük dengelemelerinin daha kolay yapılmasına ve sistemdeki koruma ekipmanlarının gereğinden büyük seçilmesini önlemede bize faydalı olmaktadır.

Dağıtım sistemlerinin büyüklüğünün artması ile karmaşıklaşan kapasite yerleşimi problemlerinin çözümünde yapay zekaya dayalı optimizasyon yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada yapay zekaya dayalı optimizasyon yöntemlerinden genetik algoritma tercih edilmiştir. Genetik algoritma belirlenmiş olan kısıtlamaya uyarak, çözüm kümeleri oluşturmakta ve her çözüm kümesini birbiri ile karşılaştırarak en iyi olan yaşar mantığına göre karar vermektedir. Bir yandan en iyi çözümleri bir yukarı taşırken diğer yandan sonlandırma şartını kontrol etmekte ve bu şartlar sağlandığında algoritmayı sonlandırıp en iyi sonucu ortaya koymaktadır.

Üç fider 16 baradan oluşan test sistemi ilk olarak kapasitesiz sonrasında ise yayınlarda verilmiş olan kapasite değerlerine göre kapasiteli olarak incelenmiştir. Örnek verilen hatta yeniden yapılandırma sonrası sistemin almış olduğu yeni hal için genetik algoritmaya dayalı optimizasyon ile MATLAB R2011b ve Opendss programlarının yardımı ile çözülmüş ve kayıpların daha ne kadar azaltılabileceği ortaya koyulmuştur.

Anahtar Kelimeler –kapasite yerleşimi, genetik algoritma, reaktif güç yönetimi

REACTIVE POWER MANAGEMENT FOR LOSS REDUCTION IN ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEMS USING GENETIC ALGORITHM

SUMMARY

This study proposes an efficient and computationally feasible solution approach based on genetic algorithm to the distribution system reactive power management for loss reduction. In recent years, demand of electric energy gradually increase because of the enlargement and development of electrical power systems. As we know electrical energy can not be stored. Because of this it has to be transmitted and distributed to supplier.

Enlargements and developments of electrical power system guide us to find new energy sources and using energy sources that are already using nowadays more efficiently. Even in today's technology, we can not eliminate some losses and distortions in electrical distribution systems. These losses and distortions affect electrical energy quality. In electrical energy there are some kind of different losses. One cause of the losses is reactive power.

Although reactive power is known as useless power, reactive power is necessary for machines start-up and because of this there will be losses in electrical systems. Some researchers had been introduced some methods for reducing the losses in distribution systems and they are still working to improve these methods. Most known are capacitor allocation or VAR management and reconfiguration of the system. Capacitor allocation in reactive power management, one of those methods are discussed in this thesis.

Reactive power management can be explained to managing reactive needs of distribution system. This management can be done by finding the best capacitor placement and best capacitor sizing for loss reduction in distribution system. Furthermore this management has to provide quick response to power changes. Reactive power management helps us to have system more reliable, more stable and more quality. For reactive power management all systems have capacitor banks. Systems satisfy its reactive power needs from capacitor banks. Hereby system currents and voltage drop rate of the electrical lines will decrease. Along with this reduction, load balancing could be easier and system protection equipments could select more efficiently.

Capacitor allocation and sizing in reactive power management problems are getting more complex because of enlargement of the electrical distribution systems. These complex systems are very hard to solve with traditional mathematical methods. Because of this hardship, some new methods, which are based on artificial intelligence are appeared. Most known methods based on artificial intelligence are genetic algorithm, artificial neural network, expert system, simulating annealing and fuzzy logics systems etc.

Our test system, which is wellknown with its reconfiguration research by Civanlar and his colleague. In one chapter of our thesis, effects of capacitors at loss reduction are examined. Test system solved without capacitors by using POWERWORLD program and losses are calculated. Then the same system is solved and losses are calculated again. Results are compared with each other. According to result, benefits of capacitors are shown. We can understand VAR management importance with this comparison.

In this thesis, genetic algorithm that based on artificial intelligence is used for solving the problem. Fundamental of genetic algorithm is based on evolution theory, which is presented out by Darwin. According to this they best solutions live and worst solutions die. Genetic algorithm basically creates new solutions that calls generation in genetic algorithm. It has its own tools for creation new generation like selection, crossover, mutation, mating and elitizm. After creation of new generation, it compare new generation with initial generation. This comparison would be our best generation for solution. However, it is not enough to make just solution comparison. All systems have their own criteria. Important thing is while creating new generation, algorithm has to respect systems criteria. Genetic algorithm can work forever but it has to be stop at one point. The other important thing in genetic algorithm is termination conditions. Termination condition basically defines genetic algorithms worktime. If algorithm does not has a termination condition, it can work forever. However we are using genetic algorithm for finding quick solution. Therefore termination condition has to be choose according to our target. It should be generation number, time or fitness value boundary.

In this thesis, genetic algorithm implemented to capacitor sizing problem for finding best solution in short time. Our genetic algorithm generates solution sets using selection, crossover, elitizm and mutation tools and compare the solution sets with each other, while respecting the identified constraints, and finally decide according to best one lives logic. Our constaints are minimum and maximum capacitor sizes and voltage profile of the system in our algorithm. Algorithm gives value to capacitors while solving the algorithm according to minimum and maximum capacitor sizes that defined in algoritm. On the one hand while moving the best solution set to new generation and on the other hand algorithm checks the termination conditions for ending the algorithms. In our algorithm, termination solution is generation number. When terminating conditions are provided, algorithm takes the solution set for solution and shows that as solution.

In final chapter of thesis, same test system is solved with genetic algorithm for finding best capacitor sizing with OpenDSS and Matlab program. Solution compared with original test system's result and improvement on the result is given. Then some changes applied to our test systems. As second application, system's datas are increased % 25 and new datas are created. Genetic algorithm applied for finding capacitor sizing. Then this system is solved with POWERWORLD program with original capacitor sizes. Results are compared. Gain of capacitor sizing is shown. Then as third application, datas are decreased % 20 and and new datas are created. Genetic algorithm applied for finding capacitor sizing. Then this system is solved with POWERWORLD program with original capacitor sizes. Results are compared. These two application applied for testing response of the algorithm. One of the most important thing in reactive VAR management is response time of system and our proposed system gives us very quick response for solution. Result shows us capacitor sizing is decreases losses of distribution lines.

Then a new distribution system is created for testing the algorithm capacity as fourth application. In previous tests, there was 3 feeder and 16 bus, in new created system, we deleted two of three feeder for enlargement of the system. According to result of the new created systems solution, voltage profile was out of boundaries that we decided. Our proposal is adding a parallel line for main feeder lines and decrease the empedans of the systems. We applided four parallel line to four main feeder and decrease empedance of these lines to half of original. As last application, we solved this new system as proposal solution for enlargement systems and it decreased power losses more than expected.

Keywords – Capacitor allocation, genetic algorithm, reactive power management

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi keşfedildiğinden beri insanlık tarafından hayatın her alanında kullanılmıştır. Dünya genelinde nüfusun sürekli olarak artışı ve sanayileşmeye bağlı olarak elektrik enerjisine duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Elektrik enerjisine duyulan ihtiyacın artması öyle bir hal almıştır ki, günümüzde kişi başına tüketilen elektrik enerjisi miktarı gelişmiş ülkelerde, o ülkelerin gelişmişlik seviyesinin en büyük ölçütlerinden biri olarak kabul edilmektedir.

Elektrik enerjisinin en önemli özelliklerinden bir tanesi depolanamıyor olmasıdır. Elektrik enerjisi depolanamadığından dolayı, üretildiği an hemen kullanıcılara iletilmesi ve dağıtılması gerekmektedir.

Elektrik enerjisi son kullanıcıya ulaşana kadar üretim, iletim ve dağıtım süreçlerinden geçmektedir. Elektrik enerjisi bu süreçlerden geçerken, üretim, iletim ve dağıtım sistemleri içerisinde bozulma ve kayıplara uğrar. Bu bozulma ve kayıplar elektrik enerjisinin kalitesini etkilemektedir. Elektrik enerjisinin kalitesini belirleyen ölçütler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Gerilim ve gerilim frekansının sabitliği
- Sürekli enerji verebilme yeteneği
- Faz gerilim ve akımlarının dengeli olması
- Güç faktörünün 1'e yakın olması
- Harmoniklerin belirli sınırlar içerisinde kalması

Ancak elektrik enerjisinde günümüz teknolojisinde engelleyemediğimiz kalite problemleri ve kayıplar, üretilen enerjinin fazla uzağa iletilmeden harcanması ile azaltılmaya çalışılmaktadır.

Son yıllarda dünyanın karşı karşıya kaldığı enerji krizi, araştırmacıları bir yandan yeni enerji kaynaklarına yöneltirken diğer yandanda daha verimli sistemlerin tasarlanması ve kurulmuş olan enerji kaynaklarının en verimli şekilde kullanılması yönünde

araştırmacıların çalışmalarının yoğunlaşmasına neden olmuştur. Üretilen enerjinin ekonomik olması için santralden en son alıcıya kadar olan dağıtım hattında enerjinin en az kayıpla taşımının hesapları yapılmaktadır.

İşletmelerde bulunan elektrik motorları, transformatörler ve bobin gibi cihazlar, işe dönüşen aktif güçlerin yanında, mıknatıslanma akımlarından dolayı reaktif güç gereksinimi duyarlar. Ancak işe dönüşmeyen bu enerji, şebekeye ve dağıtım sistemlerine yüklenerek daha az aktif enerji taşınmasına ve kayıplara sebep olur. Dolayısıyla bu kayıplar yok edilebilirse, transformatör daha fazla alıcıyı daha yüksek verimlilikle besleyecek, ölçme ve koruma elemanları olması gerekenden daha büyük güçlere göre seçilmeyecek ve tesiste kullanılmakta olan kablo kesitlerinde azalma olacaktır.

[1]'de yapılan çalışmada dağıtım sistemlerindeki kayıplar incelenmiş ve sonuçlar izelge 1.1'de verilmiştir.

BÖLGE	GELİR YÜZDESİ (%)	KAYIPLARIN
İndirici Merkez	0.66	17.1
Ana Fiderler	0.74	19
Dağıtım Trafoları	2.14	55.1
İkincil Fiderler	0.13	3.4
Diğer	0.21	5.4

Çizelge 1.1: Dağıtım hatlarındaki kayıplar.

Çizelge 1.1'de görüldüğü gibi kayıpların %55.1'i dağıtım trafolarında olmakta ve bu oran da toplam gelirin %2.14'üne eşdeğerdedir. İkinci en büyük kayıplar ise ana fiderlerde meydana gelmektedir. Ana fiderlerde oluşan kayıplar toplam kayıpların %19'una, toplam gelirin ise %0.74'üne tekabül etmektedir. Bu kayıpların azaltılması için birçok teknik uygulanabilir. Bu teknikler [2]'de şu şekilde belirtilmiştir:

- Daha yüksek gerilim kullanma
- Dağıtım sistemlerinin yenilenmesi
- Yeniden yapılandırma
- Kapasite yerleşimi

Yukarıda önerilen yöntemlerden daha yüksek gerilim kullanımı ve dağıtım sistemlerinin yenilenmesi, hem maddi açıdan çok büyük yatırımlar gerektirirler hem de uygulanmak istense bile kısa süre içerisinde uygulanabilecek çözümler değildirler. Dağıtım sistemlerinin yeniden yapılandırılması yöntemi ise kayıpları önemli miktarda azaltıp arızalı noktanın şebekeden uzaklaştırılması ile enerji kalitesini artırma prensibine dayanmaktadır. Ancak sistemin herhangi bir olumsuzluğa hemen cevap verebilmesi için yeniden yapılandırmanın sürekli olarak yapılması gerekmektedir. Yeniden yapılandırmanın sürekli olarak yapılmasının sağlanması için dağıtım sistemlerinin içerisine otomasyon sistemleri adapte edilmeli ve dağıtım sistemleri uzaktan izleme-kontrol sistemleri yönetilmelidir.

Dağıtım sistemlerinde kapasite yerleşimi yöntemi ise belirli noktalara kapasite ilavesi ile en basit şekilde sistemden çekilen reaktif enerjiyi azaltarak kayıpların azaltılmasını sağlamaktır. Kapasite yerleşimi kayıpların azaltılması dışında güç faktörünün düzeltilmesi, güç akışının kontrolü ve sistemin istikrarının artırılmasını da sağlamaktadır. Kapasite yerleşimi probleminin çözümünde kullanılan metodları 4 kategoriye ayırabiliriz. Bu kategoriler;

1. Analitik
2. Sayısal Programlama
3. Sezgisel
4. Yapay Zekaya Dayalı metodlardır.

Kapasite yerleşimi ile ilgili ilk çalışmalarda analitik metod kullanılmıştır. Analitik metodlar gelişmiş bilgisayar kaynaklarının olmadığı veya bu kaynakların çok pahalı zamanlarda kullanılmıştır. Kapasite tasarruf fonksiyonuna dayalı bu metod anlaşılması ve uygulanması açısından çok kolaydır [3].

$$S = K_E \Delta E + K_P \Delta P - K_C C \quad (1.1)$$

(1.1)'de $K_E \Delta E$ ekonomik enerji, $K_P \Delta P$ azaltılan pik güç kayıpları ve $K_C C$ kapasite yerleşiminin maliyetidir. [4-10] arasında yapılan çalışmalar bu metoda dayalıdır ve kapasite yerleşim yerinin belirlenmesinde “üçün ikisi” diye adlandırılan kural kullanılmıştır. Bu kurala göre toplam fider uzunluğunun üçte iki uzunluğuna kapasite yerleşimi yapılmıştır.

Bilgisayar kaynağının daha kullanılabilir bir hal alması ile optimizasyon problemi çözümlerinde sayısal programlama metodu kullanılmaya başlanmıştır. Sayısal programlama karar değişkenlerinin amaç fonksiyonunu minimize veya maksimize etmede kullandığımız iteratif bir metoddur. Sayısal programlamada karar değişkenlerinin değerleri ayarlanan kısıtlamaları da sağlamalıdır. Kapasite yerleşiminde amaç fonksiyonu da olabilen tasarruf fonksiyonunun hedefi, kapasiteler için en iyi uygun yer, kapasite sayıları veya kapasite güçlerini belirlemenin yanında bara gerilimleri veya akımları gibi kısıtlamaların da optimizasyonunu sağlamaktır. Sayısal programlama metodlarında kullanılan kapasite yerleşim problemi aşağıdaki gibi gösterilebilir.

$$S = K_L \Delta L - K_C C \quad \Delta V \leq \Delta V_{MAKS} \quad (1.2)$$

(1.2)'de $K_L \Delta L$ maliyet tasarrufu ki bu enerji ve pik güç kaybındaki azalmalarını içerebilir, $K_C C$ kapasite yerleşim maliyeti, ΔV kapasite yerleşimi sonrası değişen gerilim ve ΔV_{MAKS} ise gerilim için müsaade edilen maksimum üst sınır değeridir. [11-14] arasında yapılan çalışmalarda bilgisayarların yaygınlaşması ile kapasite yerleşim problemlerinin aldığı karmaşıklık görülebilir. Günümüzde de yukarıdaki probleme dayalı çözümler uygulamakta olup daha fazla detaya dayalı çözümler yapılmaktadır. Analitik metoda göre daha kesin çözüm veren bu metod çözüm için daha fazla veriye ihtiyaç duymaktadır.

Sezgisel metodlar deneyim, yargı ve önseziyle dayalı pratik kurallara sahiptir. Sezgisel kurallar optimum çözüme yakın sonuçları hızlı ve pratik stratejiler ile üretir. İlk olarak [15]'te S.Civanlar, J.J Grainger, H.Yin ve S.S.H. Lee. tarafından dağıtım sistemlerinde kayıp azaltma için ortaya konulmuştur. Buradaki sezgisel metoda dayalı metodla [16]'da T. S. Abdel-Salam, A. Y. Chikhani, and R. Hackam. reaktif yük akımlarına dayalı yüksek kayıplar sayesinde sistemdeki en hassas nokta tespit edilmiştir. Daha sonra belirlenen bu noktalarda kayıpları minimuma çekebilecek uygun kapasite değerleri bulunarak kayıplar minimuma indirilir. Sezgisel metodlar analitik ve sayısal programlamaya göre anlaşılması ve uygulanması daha kolay bir metodlardır. Ancak çıkacak olan sonucun en uygun çözüm olacağı garantisizdir.

Günümüzde yapay zekanın popüler olması ile bir çok araştırmacı bunu dağıtım sistemlerinde uygulamıştır. Reaktif güç yönetimi problemlerinde de Genetik

Algoritmalar (GA), Benzetilmiş Tavlama (SA), Uzman Sistemler (ES's), Yapay Sinir Ağları (ANN) ve Bulanık Küme Teorisi (FST) uygulamaları mevcuttur.

Sundhararajan ve Pahwa dağıtım sistemlerinde genel kapasite yerleşim problemlerini genetik algoritma ile çözmüşlerdir. Genetik algoritma, benzetilmiş tavlama dan daha kısa sürede optimum sonuca yakın sonuçlar veren bir optimizasyon tekniğidir. Çalışmada sunulan amaç fonksiyonu sınırlı değildir. Ancak kısıtlama ilave edilseydi ceza fonksiyonunda içeriyor olmalıydı. Genetik algoritmanın kapasite yerleşimi için uygun adayların belirlenmesinde duyarlılık analizi kullanılmıştır. Her dalın en üstteki 2 veya 3 barası aday yerler olarak seçilmiştir. Metodun sağlamlığını kontrol etmek için 9 baralı ve 30 baralı olmak üzere 2 adet test sistemi kullanılmıştır.[17]

Karen Nan Miu genel kapasite yerleşimi problemlerinin çözümü için duyarlılık tabanlı buluşsal yöntemi izleyen genetik algoritma ortaya sunmuştur. Genetik algoritma duyarlılık tabanlı buluşsal yöntem için başlanıç tahminin ortaya çıkaran en iyi çözümü bulmada kullanılmaktadır. Amaç fonksiyonu yerleşim maliyeti, kapasite bankalarının değişimi ve gerçek güç kayıp maliyetlerini de kapsamaktadır. Problem sınırları ise yük akışı sınırları ve bara gerilimlerdeki operasyonel sınırlarıdır. Simulasyon sonuçları ortaya konulan hibrid algoritmanın genetik algoritma ve duyarlılık tabanlı buluşsal yöntemlerden tek başına daha kaliteli ve daha hızlı sonuç verdiğini ortaya koymuştur. [18]

Meysam Kalantari ve Ahad Kazemi ileri geri süpürme metoduna dayalı olarak genetik algoritma ile kapasite ve dağılmış generatörlerin yerleşiminin eniyilenmesi ortaya koymuşlardır. Amaç fonksiyonu gerilim kararlılığın sağlanması ve kayıpların en aza indirilmesidir. Kapasite gruplarının tek noktada olmasındansa dağıtılmasının daha faydalı olduğunu ortaya koymuşlardır. Simulasyonda kullanılan 28 baralı test sisteminde ortaya çıkan farklı sonuçlar karşılaştırılmış ve kazançlar ortaya konulmuştur.[19]

K. Ellithy, A. Al-Hinai ve A. Moosa sundukları çalışmada gerçek bir bölgenin verilerini kullanarak genetik algoritma yardımıyla kapasite güçlerinin ve yerlerinin eniyilenmesi yapmışlardır. Amaç fonksiyonu olarak dağıtım sistemlerindeki güç kayıplarının azaltılması, ağdaki pik yük kayıplarını azaltmak ve kapasite yerleşim maliyetlerini azaltmaktır. Bunları yaparken gerilim ve güç faktörünün olması gereken sınır aralığı mevcuttur. Çözümlemelerde ETAP yazılımından faydalanılmış ve geneti

algoritma amaç fonksiyonu uygulanmıştır. Muskat bölgesinin verilerine göre mevcuttaki kapasitelerin %60'ının gereksiz olduğu ve diğerlerinde değerlerinin hatalı olduğu ortaya çıkmıştır. Sistemde güç kayıplarının azaltılması yapılmasına ilave olarak mevcutta bulunanların ilerde iptalleri ile yatırım maliyetleride azaltılmıştır.[20]

Bu tez çalışmasında dağıtım sistemlerinde kullanılan kapasitelerin değerleri optimize edilerek kayıpların azaltılması amaçlanmıştır. 1. bölümde çalışma ile ilgili detay verilirken, 2. bölümde dağıtım sistemleride reaktif güç yönetimin faydaları ve reaktif güç hakkında temel kavramlar verilmektedir.

3. bölümde [15]'te Civanlar ve arkadaşlarının vermiş olduğu test sisteminde POWERWORLD yazılımı kullanılarak 16 baralı ve 3 fiderli sistem incelenmiş, incelenen bu sistem farklı senaryolarda kapasiteli ve kapasitesiz durum incelenerek sonuçlar yorumlanmıştır.

4. bölümde dağıtım sistemlerindeki reaktif güç yönetiminin optimizasyonunda tercih ettiğimiz yöntem olan genetik algoritmalar hakkında temel bilgiler, genetik algoritmaların avantajları, dezavantajları ve uygulamaları ile ilgili bilgiler aktarılmıştır.

5. bölümde dağıtım sistemlerindeki reaktif güç yönetiminde genetik algoritmanın uygulanması işlenmiş ve sistemde kullanılan algoritmalar verilmiştir.

6. bölümde ise daha önceki test sistemi çözümlenmiş yapılan en iyileme ortaya konulmuştur. Daha sonra VAR yönetimi test edilmiş ve 2 adet uygulama gerçekleştirilmiştir. Bunların ilkinde yük verileri %25 artırılmış, diğerinde ise %20 azaltılmıştır. İki durumda da orijinal kapasite değerleri ile ortaya çıkan kayıplar karşılaştırılmış ve önerilen çözümün hızı test edilmiştir. Daha sonraki uygulamada ise üç fiderden beslenen sistemden iki fider çıkartılarak tek fiderden 16 bara beslemesi yapılarak geniş bir sisteme verilecek olan cevaplar sorgulanmıştır. dağıtım sistemlerindeki reaktif güç yönetiminde genetik algoritmanın uygulanması işlenmiş ve sistemde kullanılan algoritmalar verilmiştir.

2.DAĞITIM SİSTEMLERİNDE REAKTİF GÜÇ YÖNETİMİ

2.1Güç Çeşitleri

Dünyamızda elektrik enerjisine duyulan ihtiyacın sürekli artması, enerji üretiminin her geçen gün pahalılaşması, taşınan enerjinin ucuz ve hakiki iş gören aktif enerji olmasını zorunlu kılmaktadır.

Bilindiği gibi şebekeye bağlı asenkron motorlar, senkron motorlar, bobinler, transformatörler, redresörler, endüksiyon fırınları, ark fırınları, kaynak makineleri, havai hatlar, balastlar gibi cihazlarının çalışabilmesi gereken manyetik alanların temini için bağlı oldukları şebekeden bir reaktif akım çekerler. [21]

2.1.1 Aktif Güç

Gücün sürekli değişik değerler aldığı durumlarda iş yapan ve faydalı olan gücün ortalama değerine alternatif akımda aktif güç denir. Alternatif akımda güç denildiğinde kastedilen aktif güçtür veya etkin güç olarak da bilinir. Birimi wattır [21].

$$P=U.I\cos \varphi \quad (2.1)$$

Aktif güç, U gerilim vektörü ile I Cos φ akım vektörünün çarpımına eşittir. Ancak unutulmamalıdır ki akım vektörü iki farklı değer alabilir. Bu değerlerden bir tanesi aktif gücü verirken bir tanesinde reaktif gücü vermektedir.

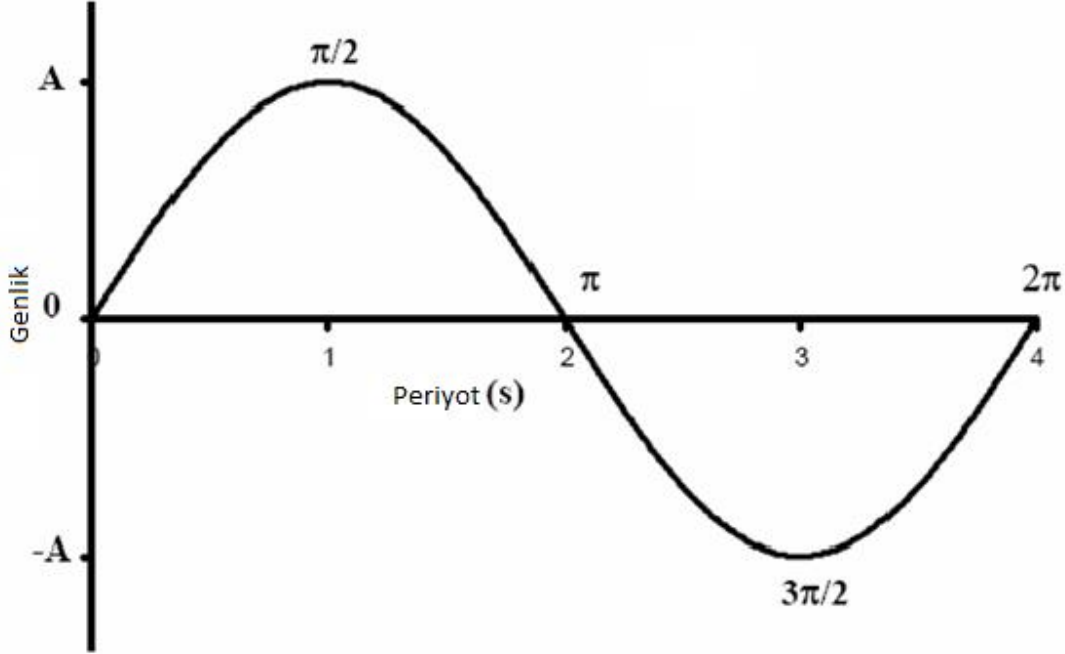
Omik devrelerde Cos $\varphi =1$ ' dir. Bunun sonucu olarak omik devrelerde aktif güç;

$$P=U.I \text{ ' dır.} \quad (2.2)$$

Endüktif ve kapasitif devrelerde Cos $\varphi = 0$ ' dır. Endüktif ve kapasitif devrelerde aktif güç P=0' dır.

2.1.2 Reaktif Güç

Reaktif güç elektrikte manyetik alanı oluşturan güç demektir. Ortalaması sıfır olduğundan faydalı bir iş yapmaz. Alıcı, çeyrek alternansta sistemden enerji alır ikinci çeyrek alternansta aldığı gücü şebekeye iade eder.



Şekil 2.1 : Bir periyotluk sinüs dalgası

0-1 arasındaki bölgede sistemden güç alınır.

1-2 arasındaki bölgeden alınan güç sisteme iade edilir.

$U \cdot I \sin \phi$ çarpımına reaktif güç denir. Q harfi ile gösterilir. Birimi VAR' dır. ϕ değerinin aldığı değerlere göre Q değeri negatif veya pozitif değerlerde olacak ve endüktif veya kapasitif olarak adlandırılacaktır.

2.1.3 Görünür Güç

Aktif gücü omik yükler, reaktif gücü de endüktif ve kapasitif yükler çekmektedir. Sistemde hem rezistans hem de reaktans varsa bu sistemde hem aktif hem de reaktif güç birlikte çekilir. Böyle sistemlerde güç, gerilim ile akım vektörlerinin çarpımına eşittir. Bu güce de görünür güç denir. S ile gösterilir.

$$S = U \cdot I \text{ (Volt * Amper)} \quad (2.3)$$

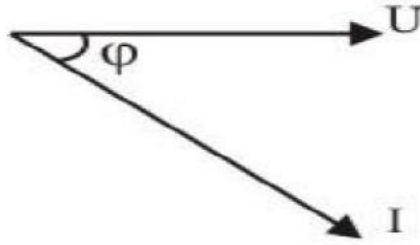
S = Görünür güç (VA)

U = Gerilim (Volt)

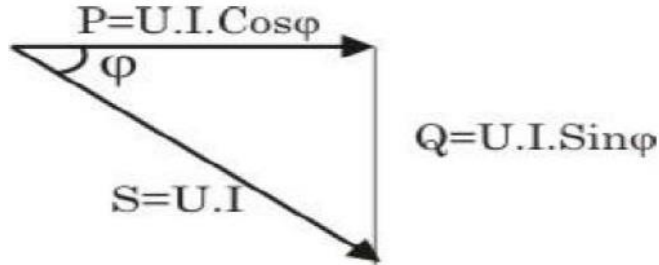
I = Akım (Amper)

2.1.4 Güç Üçgeni

Aktif, reaktif ve görünür güçler arasındaki geometrik bağıntıyı gösteren üçgene güç üçgeni denir. Bildiğimiz gibi endüktif sistemlerin uçlarına bir gerilim uygulandığında akım gerilimden geri fazda gelmektedir.

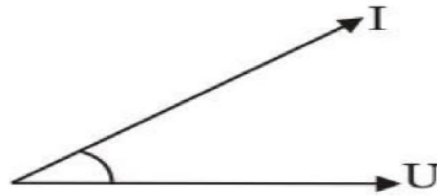


Şekil 2.2 : Endüktif devrede akım-gerilim ilişkisi

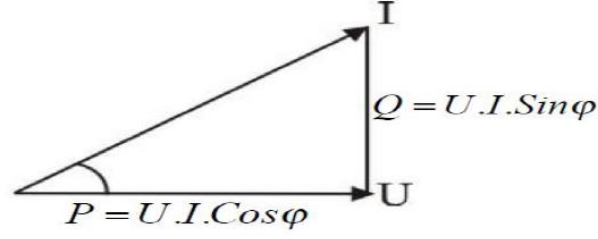


Şekil 2.3 : Endüktif devrede güç üçgeni

Kapasitif sistemlerin uçlarına bir gerilim uygulandığında ise akım gerilimden ileri fazda gelmektedir.



Şekil 2.4 : Kapasitif devrede akım-gerilim ilişkisi



Şekil 2.5 : Kapasitif devrede güç üçgeni

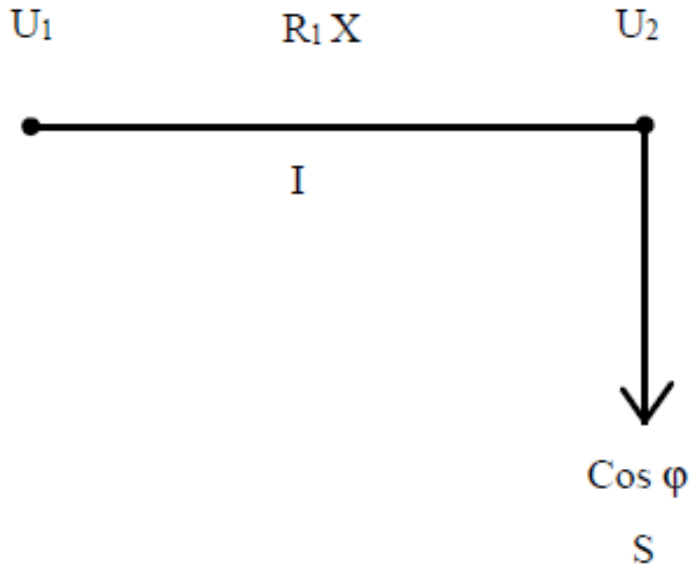
Üçgenden de anlaşılacağı üzere ;

$$S^2 = P^2 + Q^2 \text{ dir.} \quad (2.4)$$

Gerilim ile akım arasında kalan açısının cosinüsüne de güç faktörü denilmektedir. $\text{Cos } \varphi$ olarak gösterilmektedir.

2.2 Kayıplar ile Reaktif Güç Arasındaki İlişki

İletim ve dağıtım şebekelerinde güç faktörünün düzeltimi şebeke enerjisinin kalitesi ve yatırım maliyetleri açısından çok önemlidir. Orta gerilimde reaktif güç yönetimi şebeke enerji kalitesini, hat sonlarında ve trafo busbarlarındaki gerilim seviyelerindeki azalmaları önlemek ve iletim ve dağıtım hatlarındaki kayıpları azaltması, malzeme ve trafoların performansında artış sağlaması amacı ile yapılmaktadır.



Şekil 2.6 : Hattın sonundan beslenen yük

R : Hattın omik direnci,

X : Hattın reaktif direnci,

l : Hattın uzunluğu,

U1 : Hat basındaki faz-nötr gerilimi,

U2 : Hat sonundaki faz-nötr gerilimi,

S : Hattın sonunda çekilen görünür güç,

Cosφ : Güç faktörü olmak üzere;

Hattan çekilen P aktif gücün sabit kalması halinde;

Kapasite ilavesinden önce çekilen görünür güç;

$$S1 = \frac{P1}{\text{Cos}\varphi1} \quad (2.5)$$

Kapasite ilavesinden sonra çekilen görünür güç;

$$S2 = \frac{P1}{\text{Cos}\varphi2} \quad (2.6)$$

olur.

Buna göre ikisi arasındaki fark

$$\Delta S = S1 - S2 \quad (2.7)$$

Kapasite ilavesinden önceki değere oranı;

$$\% \Delta S = \frac{\Delta S}{S1} 100 = 100 \left(1 - \frac{\text{Cos}\varphi1}{\text{Cos}\varphi2}\right) \quad (2.8)$$

olarak elde edilir. Kompanzasyonun yapılması ile tesisin yükü %ΔS oranında azalır veya tesis aşırı zorlanmaksızın %ΔS oranında yüklenebilir.

Hat sonunda hattan çekilen görünür gücün sabit kalması halinde;

Kompanzasyondan önce çekilen aktif güç;

$$P1 = S1 \text{ Cos } \varphi1 \quad (2.9)$$

Kompanzasyondan sonra çekilen aktif güç;

$$P2 = S1 \text{ Cos } \varphi2 \quad (2.10)$$

olmak üzere aralarındaki fark

$$\Delta P = P_2 - P_1 \quad (2.11)$$

Bu değerin kompanzasyondan önceki değere oranı;

$$\% \Delta P = \frac{\Delta P}{P_1} 100 = 100 \left(\frac{\cos \phi_1}{\cos \phi_2} - 1 \right) \quad (2.12)$$

şeklindedir.

2.3. Reaktif Güç Yönetimi ve Uygulama Yöntemleri

Tüm güç sistemleri aktif ve reaktif gücün birleşimi olan görünür güç talep ederler. Görünür gücün aktif bileşeni uzak jeneratörler tarafından üretilirken reaktif gücü uzak jeneratör yerine lokal reaktif kaynakları tarafından üretilmelidir. Reaktif gücün uzak jeneratörlerden temin edilmesi gerilim düşümüne sebep olmakta, gerilim düşümü sebebi ile oluşan akım artışı ise kayıpları artırmaktadır. Bu sebeplerden dolayı tüketiciler reaktif güçlerini lokal olarak üretmelidirler[22].

Sistemlerdeki gerilim düşümünün akımları artırması sebebi ile gerilim reaktif güç yönetiminde en önemli kriterlerden bir tanesi haline gelmiştir. Reaktif güç optimizasyonu gerilim seviyesini uygun değerler arasında tutarken kayıpları azaltma amacıyla en uygun miktardaki reaktif gücün en uygun yere konulmasını sağlamaktadır[23].

Reaktif güç problemlerinin çözümünde dikkate alınacak kriterlere göre çözüm metodları seçilmelidir. Çok amaçlı optimizasyonlarda daha fazla bilgisayar kullanımı ve programlama ihtiyacı doğmaktadır. Optimizasyonda ne kadar çok kriter ve hedef belirlerseniz problemi çözüm süremiz o kadar çok artacaktır.

Serbest tüketicilerin şebekeden çektikleri endüktif reaktif güce karşı kapasitif güç vererek herhangi bir reaktif güç üretici ile dengelenmesine reaktif güç kompanzasyonu denmektedir. Reaktif güç kompanzasyonu ile tüketicinin güç faktörü düzeltilmektedir. Bilindiği gibi sistemden çekilebilecek reaktif gücün belirli sınırları geçmemesi gerekmektedir. Reaktif güç kompanzasyonu sayesinde tüketicilerin reaktif güç için ceza ödemesi de önlenmiş olur. Şebekeden çekilen reaktif akımın, tüketici tarafına kurulacak olan reaktif yük dengeleyicilerinin kullanılması ile şebekeden çekilmesi

engellenmekte, bu sayede hem şebeke açısından hem de tüketici açısından oldukça kazanç elde edilmektedir.

Dağıtım şebekesine bağlı kompanzasyonu yapılmamış olan bir yükte meydana gelen anlık reaktif güç değişimleri, şebekedeki gerilimin değişmesine yol açmaktadır. Gerilimdeki bu dalgalanma aynı baradan beslenen diğer tüketicileri ve diğer tüketicilerin yanı sıra arızaya sebep olan asıl tüketiciyi de olumsuz etkiler. Kompanzasyonun diğer bir amacı da bu gerilim değişimlerini minimuma indirmektir.

İdeal bir AA güç sisteminde gerilim ve frekans değerleri sabit, gerilim harmonikleri olmayan, güç faktörü ideal olan birdir. Özellikle bu parametreler, tüketicinin yükünün karakteristiğinden ve büyüklüğünden bağımsız olmalıdır[24].

Elektrik dağıtım sistemlerinde enerji dağıtımının etkin bir şekilde gerçekleştirilmesinde iki farklı kompanzasyon çeşidi uygulanmaktadır. Bunlar seri ve şönt kompanzasyonlardır. Dağıtım sistemlerde kompanzasyon belirli amaçlar için yapılmaktadır. Bu amaçlar gerilimi nominal değere yakın tutmak, hattan çekilen akım değerini azaltarak şebekenin kayıplarını azaltmak ve kayıpların azaltılması sayesinde kararlılığa katkıda bulunmak bu amaçlardan en önemlileridir. Kompanzasyon sistemlerinin çoğu, kapasitelerle sağlanır ve endüktif yükü kompanze eder.

Ayrıca seri kapasiteler, dağıtım sistemi davranışının kontrolünde etkili bir eleman olan kullanılmaktadır. Seri kapasiteler, dağıtım hattının toplam reaktans değerini düşürürler ve bu da sistem kararlılığını geliştirir ve dağıtım hattı boyunca gerilim düşümünün kontrolüne yardım eder[25].

2.3.1 Şönt Elemanlar

Uzak mesafelere reaktif güç taşınması kayıpları artıracığı ve aktif akım kapasitelerini azaltacağı için tüketim bölgelerine yakın yerlerde kompanzasyon yapılmalıdır. Bunu yapabilmeyenin en basit ve en ucuz yolu bir şönt kompanzasyon sistemidir. Burada bir kapasite direkt olarak baraya veya bir transformatörün tersiyer sargısına bağlanabilir[26].

Şönt kapasite bankaları hatlara bağlanmaktan ziyade sürekli olarak baralarda bulunurlar. Dağıtım sistemlerinde şönt kompanzasyon yapımının birinci amacı yakın

yük bölgelerinde gerilimin kontrolü ve yük geriliminin kararlılığının sağlanması içindir.

Kısacası şönt elemanlar dağıtım hattı boyunca gerilim düşümünü ve kayıpları minimize etmek icinde kullanılır [25].

2.3.2 Seri Elemanlar

Seri kompanzasyonun yapılmasının nedeni, uzak mesafelere taşınan gücün iletilmesini sağlayan dağıtım hattının empedansını azaltmaktır. Azalan hat empedansı gerilim düşümünün sınırlanmasını, gerilim düşümünün sınırlandırılması ise aktif ve reaktif güç kayıplarını azaltmasını sağlamaktadır. Ayrıca seri kapasitelerin gerilim kararlılığını geliştirmek yönünde etkisi vardır. Seri kapasitörler kullanılarak yapılan kompanzasyonla uzun dağıtım hatlarının birleştirilmesi ve geçici hal kararlılığının iyileştirilmesi sağlanmaktadır. Günümüzde kısa hatlarda da seri kapasiteler kullanılmaktadır. Bu kapasitelerin kullanılması ile beraber gerilim kararlılığı da iyileştirmektedir.

Mekanik anahtarlama şönt ve seri elemanlar güç sistemlerinde meydana gelen değişimlere hızlı ve etkili bir biçimde cevap verememektedirler. Yük barasına yeterli reaktif gücün verilemeyişi, gerilim düşümünün ana nedeni olduğundan hızlı ve tam olarak yapılacak bir reaktif güç kompanzasyonu sistemdeki gerilim düşümünü engellemiş olacaktır. Son yıllarda dağıtım hatlarının kompanzasyonu güç elektroniğinde meydana gelen gelişmeler sayesinde oldukça ileri boyutlara varmıştır. Bunun neticesinde FACTS (esnek alternatif akım iletim sistemleri) adı verilen cihazlar geliştirilmiş ve günümüzde hala bu konuda yoğun çalışmalar devam etmektedir [25].

2.3.3. Esnek alternatif akım iletim sistemleri

Esnek alternatif akım iletim sistemleri (FACTS) 1980'lerin sonunda EPRI (Elektriksel Güç Araştırma Enstitüsü) tarafından ortaya konulmuştur.

FACTS teknolojisi temel düşünce olarak mekanik kontrolörlerin yerini daha güvenli ve hızlı olan güç elektroniği elemanlarının alması ve bu sayede sistem kapasitenin daha fazla optimize edilmesi üzerinedir. FACTS kontrolörleri uygun olarak ayarlandığında dağıtım sistemlerinin kararlı çalışma limitlerini artırırlar. FACTS cihazlarının amacı

sistemdeki güç transfer kapasitelerinin artırılması ve iletim rotaları üzerindeki güç akışı kontrolünü sağlamaktır. Şebekenin elektroniğe dayalı olarak kontrol edilmesine başlanmasıyla beraber güç üretimini sağlayan kısımların tasarımı, yapımı, iletim ve dağıtımdaki elemanlarda değişimler görülmektedir. Bu değişimlerin etkisiyle beraber, enerjinin iletilmesinde enerji akışının yüksek hızlarda kontrol edilebilmesi mümkün hale gelmiştir.

FACTS teknolojisini, geleneksel tristör tabanlı kontrolörler ve gelişmiş konvertörlü kontrolörler olarak iki şekilde ayırabiliriz. Tristör tabanlı cihazlar mekanik çalışan geleneksel cihazlar benzemelerine rağmen bu cihazlara kıyasla son derece hızlı çalışırlar. Gelişmiş konvertörlü kontrolörler senkron gerilim kaynağı prensibine göre çalışan anahtarlamalı konvertörlerdir [27]. Gelişmiş FACTS cihazları tristörlü FACTS cihazlarına göre daha üstün performans karakteristiğine sahiptirler.

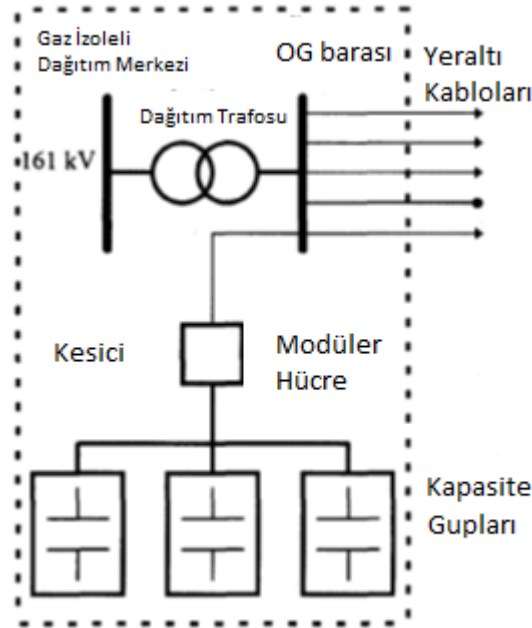
2.3.3.1. Statik VAr Kompanzatörü

Statik VAr kompanzatörleri (SVK), elektriksel güç sisteminin parametrelerini kontrol edebilecek şekilde ayarlanabilir, istenilen kapasitif veya endüktif değerleri sağlayabilmek için paralel bağlı statik VAr üreticisi veya tüketicisidir. SVK, güç sistemi dalgalanmalarını etkili bir şekilde dengeleyebilir ve güç sistemlerinin kararlılığını geliştirebilir. İdeal bir SVK aktif ve reaktif güç kaybı olmayan, gerilimi referans gerilime eşit ve değişmeyen ayrıca çok hızlı cevap verebilen bir kontrolör olarak tanımlanmaktadır[28]. Bu tanımlamaya uyabilmesi için dahada geliştirilmiş ve ilk uygulanan FACTS cihazı olmuştur. Özellikle hızlı değişen yüklerin bulunduğu ark ocağı, haddehaneler gibi tesislerde SVK sistemleri günümüzde oldukça yaygın bir biçimde kullanılmaktadır [29]. SVK dinamik sistem kararlılığı olan veya geçici durumları çok fazla olan iletim ve dağıtım hattının geçici durum kararlılığını iyileştirir[30].

3.KAPASİTE YERLEŞİMİNİN ÖNEMİ

Elektrik sistemi boyunca reaktif enerji iletimi ve dağıtımını önemlidir. Bu yüzden, reaktif enerji, elektrik şebekesinin belirli noktalarında kompanse edilmelidir. Bir bölgede dağıtım seviyesinde reaktif güç kompanzasyonu sistemi kurulumu için gerekli olan uygun yer ve kapasitör sayısını belirlemede o bölgenin elektrik kurumunun genellikle 2 şekilde yapılır.

Birincisi kentsel bölgelerde, elektrik yükleri gaz izoleli dağıtım merkezlerinden beslenen yer altı kablolarına bağladığı yerde, tüm kapasitif reaktif güç modüler dizaynı metal muhafazalı kapasitör bankları ile sağlanmıştır[31].



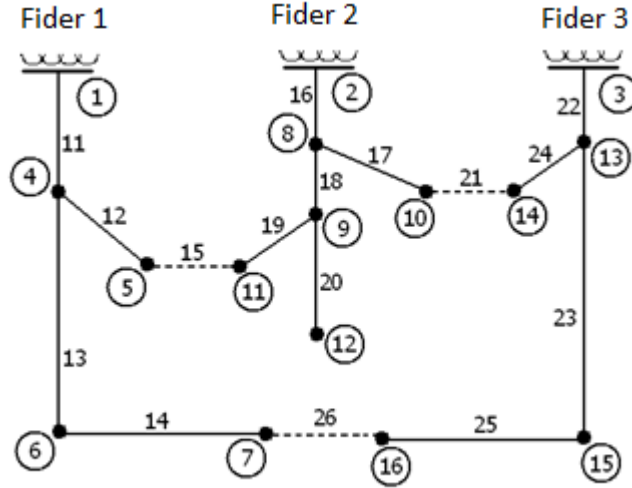
Şekil 3.1 : Kentsel bölgelerde SF₆ gazlı trafo merkezleri için kapasite yerleşimi

İkincisi kırsal bölgelerde, elektrik yüklerinin havai hat fiderlerine bağlandığı yerlere monte edilir.

Kapasite yerleşiminin yapılacağı nokta ve değerleri kayıpların azaltılması, gerilim kararlılığının sağlanması, daha güvenilir sisteme sahip olmak, sistemden daha az akım

çekileceğinden dolayı yük dengelemelerinin daha kolay yapılabileceği ve daha az akım çekildiğinden dolayı koruma ekipmanlarının daha uygun kullanılmasını sağlayacaktır.

[15]'te Civanlar ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada verilen değerler üzerinden sistem kapasiteli ve kapasitesiz olarak incelenmiş aşağıda ve sistem sonuçları vermiştir.



Şekil 3.2 : 3 Fider-16 baralı test sistemi

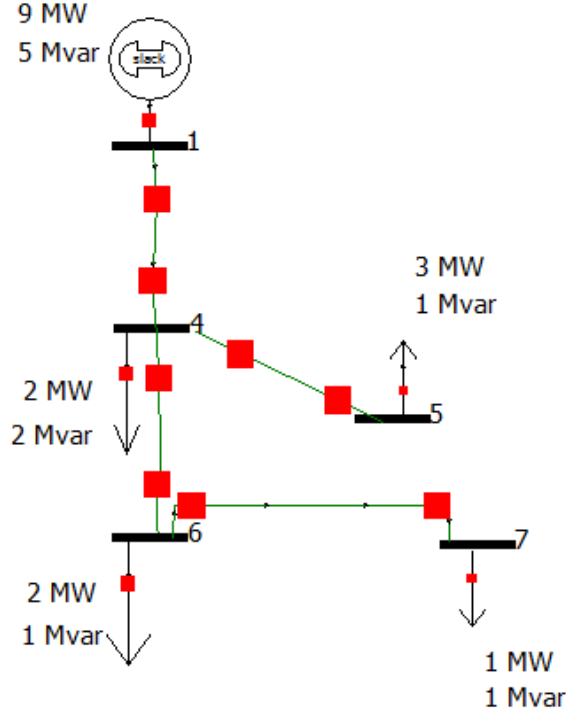
Sisteme ait veriler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Baradan	Direnç	Reaktans	Hat Sonu	Hat Sonu	Hat Sonu
1-4	0.075	0.1	2.0	1.6	
4-5	0.08	0.11	3.0	1.5	1.1
4-6	0.09	0.18	2.0	0.8	1.2
6-7	0.04	0.04	1.5	1.2	
2-8	0.11	0.11	4.0	2.7	
8-9	0.08	0.11	5.0	3.0	1.2
8-10	0.11	0.11	1.0	0.9	
9-11	0.11	0.11	0.6	0.1	0.6
9-12	0.08	0.11	4.5	2.0	3.7
3-13	0.11	0.11	1.0	0.9	
13-14	0.09	0.12	1.0	0.7	1.8
13-15	0.08	0.11	1.0	0.9	
15-16	0.04	0.04	2.1	1.0	1.8
5-11	0.04	0.04			
10-14	0.04	0.04			
7-16	0.09	0.12			

Çizelge 3.1. : 3 Fider-16 baralı sistem verileri

Yukarıda verileri ve bağlantısı verilmiş olan sistemdeki hat sonu kapasitelerin bağlı olduğu ve bağlı olmadığı durumlar temel durum için Newton-Raphson metodu ile yük akışı yapabilen POWER WORLD paket programı kullanılarak incelenmiş ve sonuçlar aşağıda gösterilmiştir.

Bu incelemeye göre kapasitelerin bağlı olmadığı durumda;



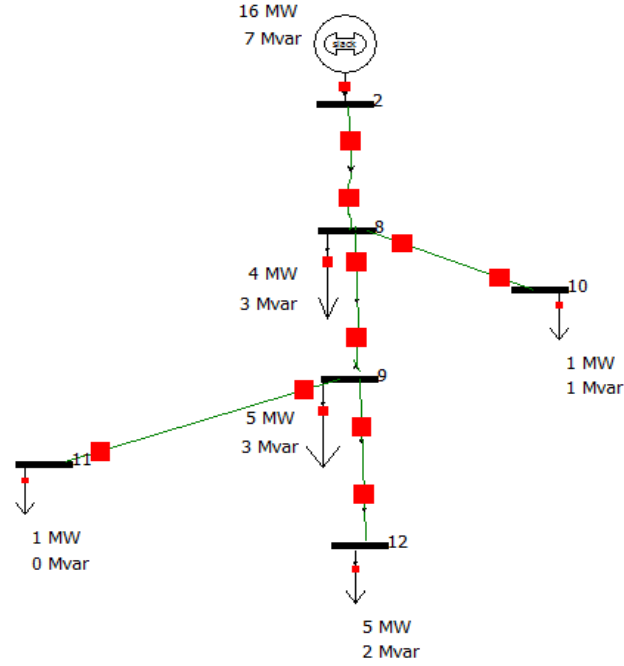
Şekil 3.3 : 1. Fider kapasitesiz bağlantısı

Bus Flows													
BUS	1	1	23,0	MW	Mvar	MVA	%	GIC	Amps	1,0000	0,00	1	1
GENERATOR	1			8,60	5,25R	10,1			0,0				
TO	4	4	1	8,60	5,25	10,1	0	0,0					
BUS	4	4	23,0	MW	Mvar	MVA	%	GIC	Amps	0,9883	-0,27	1	1
LOAD	1			2,00	1,60	2,6							
TO	1	1	1	-8,52	-5,14	10,0	0	0,0					
TO	5	5	1	3,01	1,51	3,4	0	0,0					
TO	6	6	1	3,51	2,03	4,1	0	0,0					
BUS	5	5	23,0	MW	Mvar	MVA	%	GIC	Amps	0,9842	-0,39	1	1
LOAD	1			3,00	1,50	3,4							
TO	4	4	1	-3,00	-1,50	3,4	0	0,0					
BUS	6	6	23,0	MW	Mvar	MVA	%	GIC	Amps	0,9814	-0,54	1	1
LOAD	1			2,00	0,80	2,2							
TO	4	4	1	-3,50	-2,00	4,0	0	0,0					
TO	7	7	1	1,50	1,20	1,9	0	0,0					
BUS	7	7	23,0	MW	Mvar	MVA	%	GIC	Amps	0,9803	-0,54	1	1
LOAD	1			1,50	1,20	1,9							
TO	6	6	1	-1,50	-1,20	1,9	0	0,0					

Şekil 3.4 : 1. Fider kapasitesiz yük akışı analiz sonucu

Şekil 3.3 ve 3.4'te 1. fiderin bağlantısı ve yük akış analizi sonuçları verilmiştir. Bu duruma göre;

1. Fider kaybı = $8,6 - (2+3+2+1,5) = 0,1$ MW olarak hesaplanmıştır.



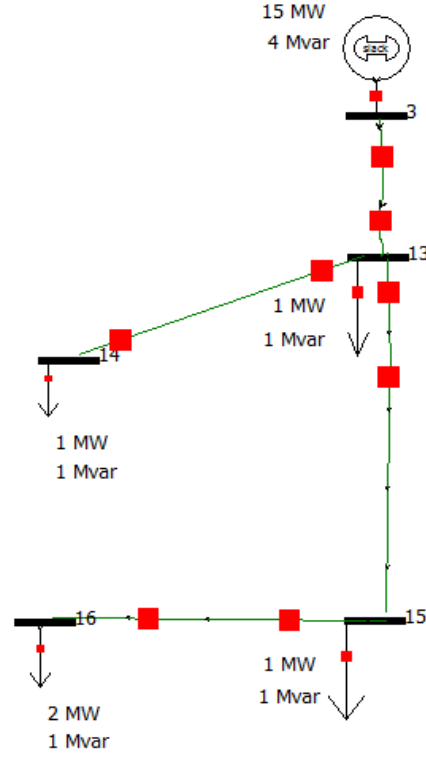
Şekil 3.5 : 2. Fider kapasitesiz bağlantısı

Bus Flows										
BUS	2	2	23,0	MW	Mvar	MVA	% GIC Amps	1,0000	0,00	1 1
GENERATOR	1		15,60		7,45R	17,3	0,0			
TO	8	8	1	15,60	7,45	17,3	0	0,0		
BUS	8	8	23,0	MW	Mvar	MVA	% GIC Amps	0,9747	-0,53	1 1
LOAD	1		4,00		2,70	4,8				
TO	2	2	1	-15,27	-7,13	16,9	0	0,0		
TO	9	9	1	10,23	3,52	10,8	0	0,0		
TO	10	10	1	1,00	0,92	1,4	0	0,0		
BUS	9	9	23,0	MW	Mvar	MVA	% GIC Amps	0,9623	-1,04	1 1
LOAD	1		5,00		3,00	5,8				
SWITCHED SHUNT	1		0,00		1,67	1,7				
TO	8	8	1	-10,14	-3,38	10,7	0	0,0		
TO	11	11	1	0,60	0,10	0,6	0	0,0		
TO	12	12	1	4,52	1,98	4,9	0	0,0		
BUS	10	10	23,0	MW	Mvar	MVA	% GIC Amps	0,9725	-0,53	1 1
LOAD	1		1,00		0,90	1,3				
TO	8	8	1	-1,00	-0,92	1,4	0	0,0		
BUS	11	11	23,0	MW	Mvar	MVA	% GIC Amps	0,9615	-1,08	1 1
LOAD	1		0,60		0,10	0,6				
TO	9	9	1	-0,60	-0,10	0,6	0	0,0		
BUS	12	12	23,0	MW	Mvar	MVA	% GIC Amps	0,9563	-1,25	1 1
LOAD	1		4,50		2,00	4,9				
TO	9	9	1	-4,50	-1,95	4,9	0	0,0		

Şekil 3.6 : 2. Fider kapasitesiz yük akışı analiz sonucu

Şekil 3.5 ve 3.6’da 2. fiderin bağlantısı ve yük akış analizi sonuçları verilmiştir. Bu duruma göre;

2. Fider kaybı = $15,6 - (4 + 5 + 1 + 0,6 + 4,5) = 0,5$ MW olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.7 : 3. Fider kapasitesiz bağlantısı

										Bus Flows		
BUS	3	3	23,0	MW	Mvar	MVA	%	GIC Amps	1,0000	0,00	1	1
GENERATOR	1		5,16		3,56R	6,3		0,0				
TO	13	13	1	5,16	3,56	6,3	0	0,0				
BUS	13	13	23,0	MW	Mvar	MVA	%	GIC Amps	0,9904	-0,10	1	1
LOAD	1		1,00		0,90	1,3						
TO	3	3	1	-5,11	-3,52	6,2	0	0,0				
TO	14	14	1	1,00	0,70	1,2	0	0,0				
TO	15	15	1	3,11	1,92	3,7	0	0,0				
BUS	14	14	23,0	MW	Mvar	MVA	%	GIC Amps	0,9886	-0,13	1	1
LOAD	1		1,00		0,70	1,2						
TO	13	13	1	-1,00	-0,70	1,2	0	0,0				
BUS	15	15	23,0	MW	Mvar	MVA	%	GIC Amps	0,9858	-0,21	1	1
LOAD	1		1,00		0,90	1,3						
TO	13	13	1	-3,10	-1,90	3,6	0	0,0				
TO	16	16	1	2,10	1,00	2,3	0	0,0				
BUS	16	16	23,0	MW	Mvar	MVA	%	GIC Amps	0,9845	-0,24	1	1
LOAD	1		2,10		1,00	2,3						
TO	15	15	1	-2,10	-1,00	2,3	0	0,0				

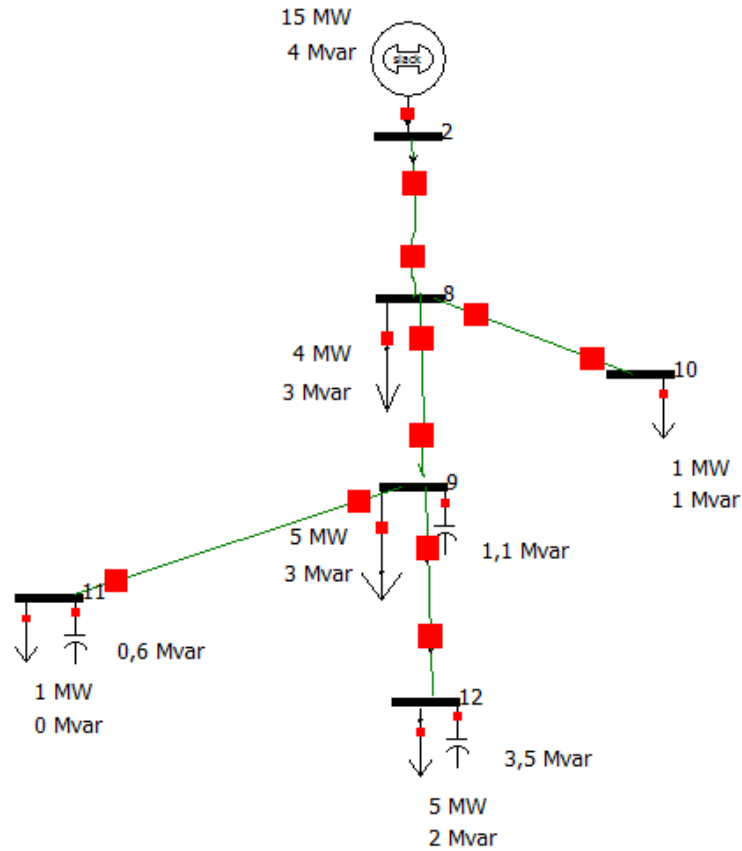
Şekil 3.8 : 3. Fider kapasitesiz yük akışı analiz sonucu

BUS	1 1	23,0	MW	Mvar	MVA	% GIC Amps	1,0000	0,00	1 1
GENERATOR	1		8,58	2,98R	9,1		0,0		
TO	4 4	1	8,58	2,98	9,1	0	0,0		
BUS	4 4	23,0	MW	Mvar	MVA	% GIC Amps	0,9906	-0,37	1 1
LOAD 1			2,00	1,60	2,6				
TO	1 1	1	-8,51	-2,90	9,0	0	0,0		
TO	5 5	1	3,00	0,44	3,0	0	0,0		
TO	6 6	1	3,51	0,86	3,6	0	0,0		
BUS	5 5	23,0	MW	Mvar	MVA	% GIC Amps	0,9877	-0,54	1 1
LOAD 1			3,00	1,50	3,4				
SWITCHED SHUNT 1			0,00	1,07	1,1				
TO	4 4	1	-3,00	-0,43	3,0	0	0,0		
BUS	6 6	23,0	MW	Mvar	MVA	% GIC Amps	0,9859	-0,69	1 1
LOAD 1			2,00	0,80	2,2				
SWITCHED SHUNT 1			0,00	1,17	1,2				
TO	4 4	1	-3,50	-0,83	3,6	0	0,0		
TO	7 7	1	1,50	1,20	1,9	0	0,0		
BUS	7 7	23,0	MW	Mvar	MVA	% GIC Amps	0,9848	-0,70	1 1
LOAD 1			1,50	1,20	1,9				
TO	6 6	1	-1,50	-1,20	1,9	0	0,0		

Şekil 3.10 : 1. Fider kapasiteli yük akışı analiz sonucu

Şekil 3.9 ve 3.10'da 1. fiderin bağlantısı ve yük akışı analizi sonuçları verilmiştir. Bu duruma göre;

1. Fider kaybı = $8,58 - (2 + 3 + 2 + 1,5) = 0,08 \text{ MW}$ olarak hesaplanmıştır.



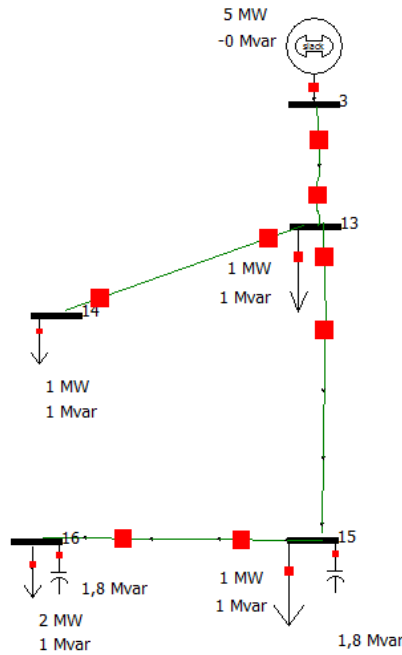
Şekil 3.11 : 2. Fider kapasiteli bağlantısı

BUS	2 2	23,0	MW	Mvar	MVA	% GIC Amps	1,0000	0,00	1 1
GENERATOR 1		15,51		0,86R	15,5		0,0		
TO	8 8	1	15,51	0,86	15,5	0	0,0		
BUS	8 8	23,0	MW	Mvar	MVA	% GIC Amps	0,9821	-0,94	1 1
LOAD 1		4,00		2,70	4,8				
TO	2 2	1	-15,25	-0,60	15,3	0	0,0		
TO	9 9	1	10,24	-3,00	10,7	0	0,0		
TO	10 10	1	1,00	0,90	1,3	0	0,0		
BUS	9 9	23,0	MW	Mvar	MVA	% GIC Amps	0,9752	-1,79	1 1
LOAD 1		5,00		3,00	5,8				
SWITCHED SHUNT 1		0,00		3,71	3,7				
TO	8 8	1	-10,13	3,13	10,6	0	0,0		
TO	11 11	1	0,60	-1,22	1,4	0	0,0		
TO	12 12	1	4,52	-1,20	4,7	0	0,0		
BUS	10 10	23,0	MW	Mvar	MVA	% GIC Amps	0,9800	-0,95	1 1
LOAD 1		1,00		0,90	1,3				
TO	8 8	1	-1,00	-0,90	1,3	0	0,0		
BUS	11 11	23,0	MW	Mvar	MVA	% GIC Amps	0,9760	-1,89	1 1
LOAD 1		0,60		0,10	0,6				
SWITCHED SHUNT 1		0,00		1,32	1,3				
TO	9 9	1	-0,60	1,22	1,4	0	0,0		
BUS	12 12	23,0	MW	Mvar	MVA	% GIC Amps	0,9714	-2,17	1 1
LOAD 1		4,50		2,00	4,9				
SWITCHED SHUNT 1		0,00		3,23	3,2				
TO	9 9	1	-4,50	1,23	4,7	0	0,0		

Şekil 3.12 : 2. Fider kapasiteli yük akışı analiz sonucu

Şekil 3.11 ve 3.12’de 2. fiderin bağlantısı ve yük akış analizi sonuçları verilmiştir. Bu duruma göre;

2. Fider kaybı = $15,51 - (4 + 5 + 1 + 0,6 + 4,5) = 0,41 \text{ MW}$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.13 : 3. Fider kapasiteli bağlantısı

Bus Flows											
BUS	3	3	23,0	MW	Mvar	MVA	% GIC	Amps	1,0000	-0,33	1 1
GENERATOR	1		5,14		-0,00R	5,1		0,0			
TO	13	13	1	5,14	-0,00	5,1	0	0,0			
BUS	13	13	23,0	MW	Mvar	MVA	% GIC	Amps	0,9944	-0,66	1 1
LOAD	1		1,00	0,90		1,3					
TO	3	3	1	-5,11	0,03	5,1	0	0,0			
TO	14	14	1	1,00	-1,08	1,5	0	0,0			
TO	15	15	1	3,11	0,15	3,1	0	0,0			
BUS	14	14	23,0	MW	Mvar	MVA	% GIC	Amps	0,9948	-0,78	1 1
LOAD	1		1,00	0,70		1,2					
SWITCHED SHUNT	1		0,00	1,78		1,8					
TO	13	13	1	-1,00	1,08	1,5	0	0,0			
BUS	15	15	23,0	MW	Mvar	MVA	% GIC	Amps	0,9917	-0,85	1 1
LOAD	1		1,00	0,90		1,3					
TO	13	13	1	-3,10	-0,14	3,1	0	0,0			
TO	16	16	1	2,10	-0,76	2,2	0	0,0			
BUS	16	16	23,0	MW	Mvar	MVA	% GIC	Amps	0,9906	-0,98	1 1
LOAD	1		2,10	1,00		2,3					
SWITCHED SHUNT	1		0,00	1,77		1,8					
TO	15	15	1	-2,10	0,77	2,2	0	0,0			

Şekil 3.14 : 3. Fider kapasiteli yük akışı analiz sonucu

Şekil 3.13 ve 3.14’de 2. fiderin bağlantısı ve yük akış analizi sonuçları verilmiştir. Bu duruma göre;

3. fider kaybı = $5,14 - (1 + 1 + 1 + 2,1) = 0,04 \text{ MW}$ olarak hesaplanmıştır.

Sisteme ait toplam kayıpların toplamı aşağıda verilmiştir.

$$P_t (\text{Toplam Kayıp}) = 0,8 + 0,41 + 0,04 = 0,53 \text{ MW} \text{ olmuştur.} \quad (3.2)$$

Sonuçları incelediğimizde dağıtım hatlarında kayıpların azaltılması için kapasite yerleşiminin önemi ortaya çıkmaktadır. İlk durumda $0,66 \text{ MW}$ olan kayıplar $0,53 \text{ MW}$ seviyelerine gerilemiş, yüzdesel olarak ise yaklaşık %25 hat kayıpları azaltılmıştır.

Burada belirtilen kapasite değerleri sezgisel yaklaşıma göre belirlenen ve çalışmanın orijinali olan kapasite değerleridir. Tezimizin örnek çalışmasında kayıpları daha da azaltabilmek için genetik algoritmaya dayalı optimizasyon yöntemi ile belirlenmiş olan noktalara konulması gereken kapasite değerleri belirlenecek ve kayıpların ne kadar daha azaltılabileceği gözlemlenecektir.

4.GENETİK ALGORİTMALAR

4.1 Genel Bilgi

Genetik algoritma 1859 yılında Darwin'in ortaya attığı en iyi olan bireyin hayatta kalacağı temeline dayanmaktadır. Doğal evrimin çalışmasının temelinde, doğadaki canlıların sürekli olarak değişen çevreye uyum sağlama özelliğinin olduğu görülmüştür. Doğada hayatta kalabilmek için gereken temel kaynakların kullanımı hedefi ile bu rekabette diğer canlılardan daha uygun özelliklere sahip olan bireyler hayatta kalabilmektedir. Güçlü olmayan bireyler ise gelecek nesillerde temsil edilememektedir.

İlk kez 1975 yılında Mishigan Üniversitesi'nden Prof. John Holland tarafından ortaya konulmuştur. Bu yöntemin yaygın olarak kullanılmaya başlanması ise İllinois Üniversitesi'nden Prof. David Goldberg sayesinde olmuştur[32]. John Holland'ın öğrencisi olan David Goldberg'in "Gaz Borularının GA ile Optimizasyonu" konulu doktora tezi, kendisine "National Science Foundation" Genç Araştırmacı ödülünü kazandırmış olmasının yanında genetik algoritmaların yalnızca teorik olmadığını, farklı alanlardaki çeşitli problemlerin çözümünde de yaygın bir şekilde uygulanabileceğini göstermiştir.[33].

1992 yılında John Koza genetik algoritmayı yardımıyla çeşitli görevleri yerine getiren programlar geliştirdi ve bu metoda genetik programlama adını verdi. Evrim teorisi ile kabul edilen en iyinin yaşaması ve zayıf olanın elenmesi kuralına bağlı olarak, algoritma sürekli eniylenen çözümler üretir. Zayıf olan çözümler ise elenir. Genetik algoritma rastgele oluşturulan ve birçok çözüm takımının içinde bulunduğu, popülasyon adı verilen gen havuzu ile çalışmaya başlar. Her bir değişkene bir kromozom adı verilir. Kromozomlar genlerin kombinasyonudur ve fonksiyon değişkenlerinin tamamını bünyesinde bulunduran bireyleri oluştururlar. Fonksiyonun tüm değişkenlerinin yan yana sıralanması bireyi oluşturur. Birey ise popülasyonun bir satırıdır. Değişkenler ise değişik şekillerde kodlanabilirler. En yaygın olanı ikilik sayı sistemi olarak bilinen binary sayı sistemi ile kodlanmasıdır. Bu sistemde kromozomlar

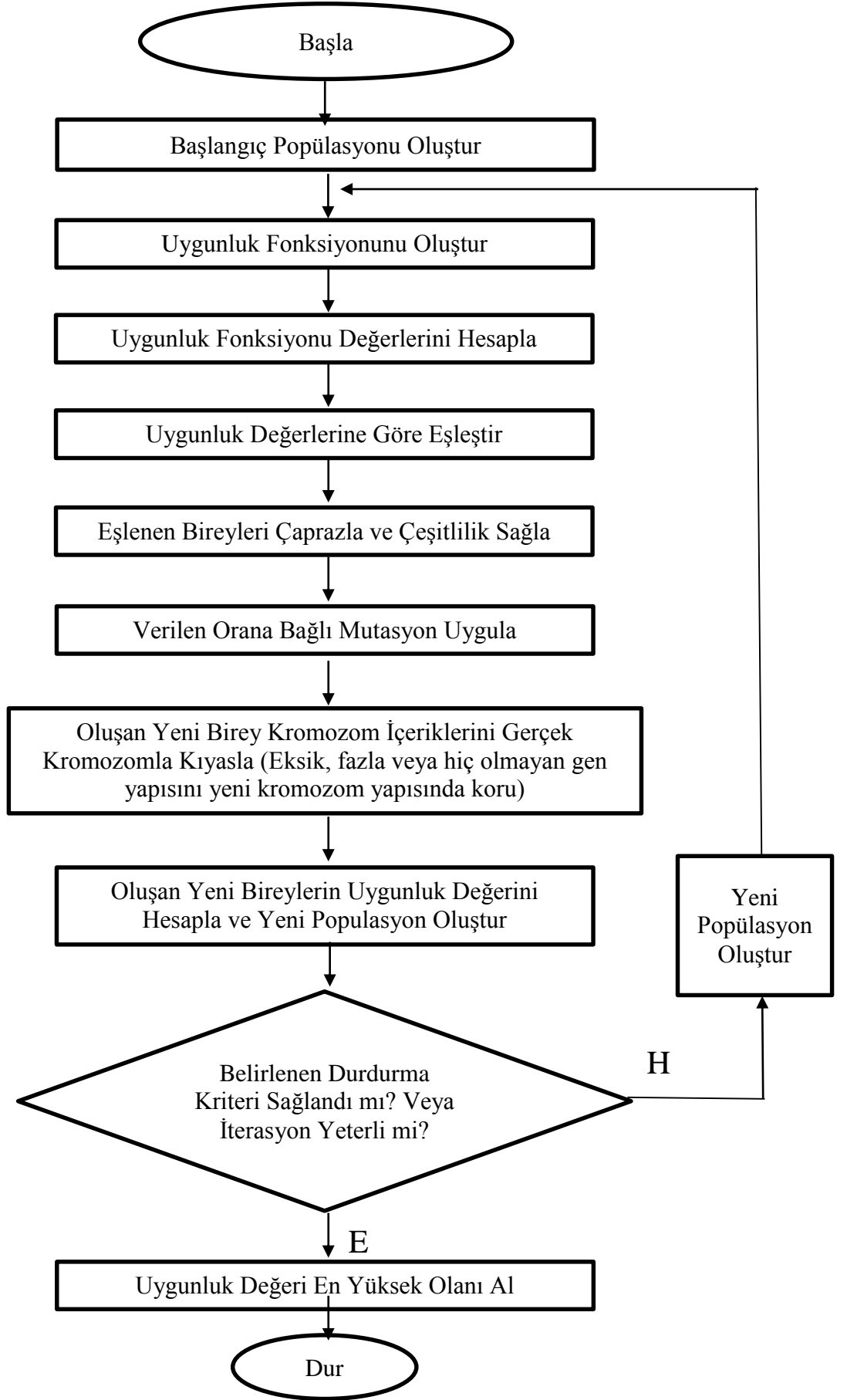
0 ve 1 genlerinin kombinasyonlarından oluşurlar. Popülasyonun her bir bireyi için uygunluk fonksiyonu değerleri hesaplanır. Kromozomlardan başarılı olanlar, yani uygunluk fonksiyonu değerleri aranan kriterlere yakın olanlar bir seçim yöntemi ile seçilirler. Aranan kriterlerden çok uzak olanlar ise elenirler. Neslin devamı bir sonraki jenerasyondaki başarılı bireyler arasında gerçekleşir. Başarılı bireyler ebeveyn olarak kabul edilir ve aralarında üreme meydana getirilir. Bu olaya genetik algoritmada çaprazlama denir.

Çaprazlama ebeveynlerin bazı genlerini yeni bireyler oluştururken bu bireylerin üzerine kopyalaması işlemidir. Çaprazlamaya üreme de denilebilmektedir. Çaprazlama sonucunda yeni bireyler elde edilir. Yeni bireylerin ebeveynlerinin kopyası olması olasılığını önlemek için bu bireyler mutasyona uğrattılır. Mutasyon ile rastgele bazı genler değişikliğe uğrar, örneğin 0 ise 1 veya 1 ise 0 olurlar. Mutasyon bir çeşit değişikliğe uğratma aracıdır. Algoritmada mutasyon oranını program yazarı tarafından belirlenebilmektedir.

Sonuçta başarılı bireylerin genleri alt nesillere aktarılır iken, zayıf olan bireylerin genleri ise zamanla yok olur. Yeni nesillerin oluşmasıyla gen havuzunun kalitesi giderek artar. Başlangıçta ilk havuz içinde bir çok başarısız birey bulunmasına rağmen jenerasyon ilerledikçe havuzdaki başarısız bireyler havuzda kalamaz ve havuzun çoğunluğunu başarılı bireyler oluşturur. En sonunda tüm bireyler aranan ideal bireye dönüşür. Tüm bireylerin aranan ideal bireye dönüşmesi durumunda optimizasyon sonuçlanmış olur [34]. Genetik algoritma optimizasyonlarında programın sonlandırma şartı; jenerasyon sayısı, programın çalışma süresi veya belirli bir sürede sürekli aynı sonuçların elde edilmesi olarak belirlenebilir. Eğerki sonlandırma şartları belirlenmiş ise algoritma sonsuza kadar çalışacaktır.

4.2 Genetik Algoritmanın Evreleri

Genetik algoritmaların genel çalışma mantığı genetik algoritma araçlarının sıralamaları değişmekle beraber yaklaşık olarak aşağıdaki akış diyagramında gösterilmiştir. Yukarıdaki akışın ardından genetik algoritmaya ait genetik algoritmanın araçları daha detaylı olarak anlatılacaktır.



Şekil 4.1 : Genetik Algoritma Akış Diyagramı

4.2.1 Başlangıç Popülasyonunun Oluşturulması

Başlangıç popülasyonu, çözüme başlanırken rastgele oluşturulmuş ve içerisinde problemin değişkenlerinin kodlarını barındıran bir gen havuzudur. Genlerin alacağı değerler kullanılan yöntemle ilgili olarak değişik şekillerde olabilirler. En yaygın olarak genlerin kodlanması için ikili sayı sistemi elemanları olan 0 ve 1 rakamları kullanılır [34].

Başlangıç popülasyonunun oluşturulmasında binary sistemi kullanılması durumunda değişkenlerin alacağı değerler 0 ve 1'ler olarak bir popülasyon elde edilmiş olur. Bu popülasyonun büyüklüğü, değişim aralığında öngörülen eleman sayısına, uygunluk fonksiyonunun değişken sayısına ve değişkenlerin değişim aralığına ve bağlıdır. Gen havuzunun her bir satırına popülasyon adımı denir. Bir popülasyon adımı birey olarak da ifade edilebilir. Bir popülasyon adımı değişkenlerin genler ile kodlanması sonucu meydana gelen kromozomlardan oluşur. Değişkenlerin kodlanmaları ile bireyin oluşmasına örnek Çizelge 4.1'de verilmektedir.

Değişkenler	
X ₁	X ₂
111010100111	00110010100
Birey	
11101010011100110010100	

Çizelge 4.1: Değişkenlerin kodlanması ile bireyin elde edilmesi

Geleneksel optimizasyon yöntemlerinde ilk olarak bir başlangıç noktası belirlenmesi ile başlanır. Bu noktanın tahminindeki başarı sonuca ulaşmadaki zorlukları değiştirecektir. Genetik algorithma çözüme popülasyon sayısı kadar çözüm başlangıcı ile başlanır. Bu çözümler sonlandırma kriterlerini sağlamıyorlarsa yeni jenerasyonda yeni çözüm arayışları başlar. Her jenerasyonda popülasyon sayısı kadar çözüm elde edilir[35].

4.2.2 Uygunluk Fonksiyonunun Oluşturulması

Genetik algorithma uygunluk fonksiyonu; amaç fonksiyonu ve ceza fonksiyonunun toplamı ya da farkıdır. Uygunluk fonksiyonu maksimizasyon problemlerinde amaç fonksiyonu ve ceza fonksiyonunun farkı olarak alınırken, minimizasyon

problemlerinde amaç fonksiyonu ve ceza fonksiyonunun toplamı olarak alınır. Eğer problemde kısıtlayıcı bir sebep yoksa amaç fonksiyonu uygunluk fonksiyonu olarak da ifade edilebilir. Amaç fonksiyonuna bir K katsayısı eklenir bu sayı fonksiyonun negatif değer almasına engel olacak şekilde yeterince büyük seçilen sayıdır. Optimizasyon sona erdiğinde bu eklenen sayı sonuçtan çıkartılarak gerçek sonuç bulunabilir.

Kısıtsız bir problemde uygunluk fonksiyonu,

$$UF = K + AF(X1,X2 ,....) \quad (4.1)$$

olarak ifade edilir. Bu denklemde

AF(X1,X2 ,....) : Optimizasyonu yapılacak amaç fonksiyonu

X1,X2 ,.... : Fonksiyonun değişkenleri

UF : uygunluk fonksiyonu

K : uygunluk fonksiyonunun negatif olmamasını sağlayacak sabit sayı

Genetik algoritma kısıtsız bir optimizasyon yöntemi olarak çalışır. Bunun için kısıtlı optimizasyon problemi, kısıtların ihlal edilmesi durumunda amaç fonksiyonu, ceza fonksiyonu ile cezalandırılıp kısıtsız optimizasyon durumuna getirilir. Böylece amaç fonksiyonu değerleri belirli sınırlar içinde tutulmuş olur [36,37].

Optimizasyon probleminde eğer kısıtlayıcı denklem veya denklemler bulunuyorsa bu durumda en yaygın olarak ceza fonksiyonu yöntemi kullanılır. Bu yöntemde kısıt fonksiyonları her biri birer ceza katsayıları ile çarpıldıktan sonra toplanarak optimizasyonu yapılmak istenen fonksiyona artı veya eksi yönde etki yaptırılırlar. Denklem 3.2'de görüldüğü gibi ceza fonksiyonunun işareti, fonksiyonun en büyük değeri aranıyor ise negatif, en küçük değeri aranıyor ise pozitifdir [38].

Bu durumdaki bir uygunluk fonksiyonu,

$$UF = K + AF(X1,X2 ,....) \pm P \quad (4.2)$$

olarak ifade edilir. Bu denklemde belirtilen ceza fonksiyonunun açık ifadesi,

$$P = \sum_{i=1}^n r_i * KFi(X1,X2 ,....)^2 \quad (4.3)$$

olarak yazılır.

Bu denklemde,

P : Ceza Fonksiyonu

$KFi(X_1, X_2, \dots)$: i ' ninci kısıt fonksiyonu

r_i : i ' ninci kısıt fonksiyonu ceza katsayısı

ifadelerini sembolize etmektedirler [37].

4.2.3 Uygunluk Fonksiyonunun Hesaplanması

Fonksiyonun değişkenlerini ifade eden popülasyonun satırlarına birey denilir. Bilgisayar yardımı ile bireyleri oluşturan değişkenlerin kodları onluk sayı sistemine dönüştürülerek, uygunluk fonksiyonu denkleminde yerine yazılarak uygunluk fonksiyonu değeri hesaplanır. Bu hesaplama popülasyondaki tüm bireyler için popülasyon sayısı kadar yapılır. Genetik algoritmanın sona ermesi sonlandırma kriterlerine bağlıdır. Bu kriterler, çalışma süresi, jenerasyon sayısı veya uygunluk fonksiyonu değerlerinin tüm popülasyonda aynı çıkmaya başlaması durumu olabilir. Sonlandırma şartı sağlanıyorsa bu durumda genetik algoritma çalışmasına son verir. Başlangıçta uygunluk fonksiyonu değerlerinin birbirlerine çok yakın olma ihtimali çok düşüktür. Bu yüzden başlangıç popülasyonundaki genlerden hesaplanan uygunluk fonksiyonu değerleri çok farklı olacaktır. Bu durumda uygunluk fonksiyonu değerleri içinde istenilene yakın olanlar popülasyon adımları seçilerek başarılı bireyler arasından yeni bir nesil oluşturmak istenecektir.

Yeni nesil oluşturulurken çaprazlama, mutasyon gibi operatörler kullanılacaktır. Sonuçta yeni bir popülasyon oluşturulacak ve uygunluk fonksiyonu değerleri yeniden hesaplanacaktır. Sonlandırma şartları sağlanıncaya kadar bu döngü tekrar edilecektir. Neticede fonksiyonun en büyük veya en küçük değeri bulunacaktır. Uygunluk fonksiyonunun alacağı değerler popülasyonun büyüklüğüne de bağlıdır. Popülasyon çok küçük ise çok çabuk amaca ulaşılabilecek fakat bulunan değerin doğruluğu daima tartışma konusu olacaktır. Gen havuzu çok büyük ise sonuca ulaşmak çok zaman alacak fakat doğruluğu artacaktır.

4.2.4 Genetik Algoritma Operatörleri

4.2.4.1 Elitizm

Genetik algoritmada her bir kromozom için uygunluk değeri hesaplanarak sistem maksimize edilmektedir. Bu hesaplamadaki en yüksek değere sahip olan popülasyon hiç değişime uğramadan yeni popülasyona aktarılmaktadır. İşte bu aktarma işime elitizm denir. Yeni oluşturulan popülasyonun içine ilk elemanı veya elemanları olarak kopyalanırlar. Böylece en iyi uyumluluğa sahip olan birey veya bireyler sonraki jenerasyonda yaşamını sürdürebilmeleri garanti edilmiş olur[39].

4.2.4.2 Seçim

Seçim fonksiyonu ile yeni popülasyon oluşturulurken hangi bireylerin eşleşme için kullanıcağının karar verilmesini sağlar. Seçim operatörü, yapay bir seleksiyondur. Seçim yöntemi, algoritmanın başarısı açısından önemlidir bir araçtır. Ebeveynler, uygunluk değerlerine göre eşleşmek üzere seçilirler. Bunun için kullanılan yöntemler aşağıdaki gibidir:

- Rulet Çemberi Seçim Yöntemi
- Rank Seçim Yöntemi
- Kararlı Hâl Seçim Yöntemi
- Turnuva Seçim Yöntemi

Seçim yönteminde en çok kullanılan yöntem rulet çemberi yöntemidir. Mevcut popülasyondaki en uygun kromozomlar rulet çemberi üzerine yerleştirilir, rulet çemberi popülasyondaki dizi sayısı kadar döndürülerek çaprazlanacak bireyler elde edilir.

4.2.4.2.1 Rulet Çemberi Seçim Yöntemi

Seçim yöntemleri içinde en basit ve en kolay uygulanabilir nitelikteki yöntem, rulet çemberi yöntemidir. Rulet-çemberi yöntemi durağan bir yöntemdir ve şu tekniği içermektedir:

Tüm bireyler bir çizgi üzerinde birbirine bitişik bölümler şeklinde dizilirler. Bununla birlikte her bir bireye ilişkin bölümün uzunluğu, onun uygunluk değeri kadar olur. Rast

gele sayı üretilir ve rast gele sayı hangi bölüm içine denk gelirse, o bölümün ait olduğu birey seçilir.

Eşlenecek popülasyon sayısına kadar işlem devam ettirilir. Bu teknik, üzerinde bölümleri olan rulet çemberine benzediği için bu şekilde adlandırılmıştır. Bu teknikte, ebeveynler uygunluk değerlerine göre seçilirler. Kromozomlar ne kadar iyiye, seçilme şansları o kadar yüksektir ve bir kromozomun birden fazla seçilme şansı vardır[40]. Ancak değeri düşük olan kromozomlarında kendi oranlarında seçim şansı vardır. Bu sebeple bu yöntemde hiçbir kromozom kaybolmaz sadece şansı düşük olduğu için seçilemezler.

4.2.4.2.2 Rank Seçim Yöntemi

Rulet çemberi seçim yöntemi eğer uygunluklar çok fazla değişiyorsa bazı sorunlara yol açacaktır. Örneğin en iyi kromozom uygunluğu, tüm rulet tekerleğinin %90'ı ise diğer kromozomların seçilme şansları çok az olacaktır. Rank seçimi ise ilk olarak popülasyonları sıralar ve sonrasında her kromozom, uygunluğu bu sıralamadan sonra alır. En kötüsü 1 uygunluğunu alacak, ikinci en kötü 2 ve en iyisi N uygunluk değerini alacaktır. N de popülasyondaki kromozom sayısıdır. Bu yöntemde her kromozomun seçilme hakkı olacaktır. Ancak bu yöntemde tüm kromozomlar eşit haklarda olduğundan bu yöntem daha yavaş çalışır, çünkü en iyi kromozomlar diğerlerinden fazla değişiklik göstermez.

4.2.4.2.3 Kararlı Hal Seçim Yöntemi

Kararlı hal seçim yöntemi, “Yerine Geçme Yöntemleri” olarak da bilinmektedir. Bu seçimin ana hedefi, kromozomların çoğunun bir sonraki nesilde hayatta kalmak zorunda olmasıdır.

Kararlı hal seçim yönteminin çalışması şu şekildedir. Yeni çocuklar oluşturmak için her nesilde iyi uygunluk değerine sahip birkaç kromozom seçilir. Sonrasında düşük uygunluk değerine sahip bazı kromozomlar atılır ve yeni çocuk onun yerine yerleştirilir. Popülasyonun geri kalan kısmı yeni nesilde hayattadır.

Kısacası bu yöntemde alt popülasyon oluşturulduktan sonra uygunluk fonksiyonu değerleri hesaplanır ve en kötü kromozomlar yerlerini başlangıç popülasyonundaki en iyi kromozomlara bırakır [41].

4.2.4.2.4 Turnuva Seçim Yöntemi

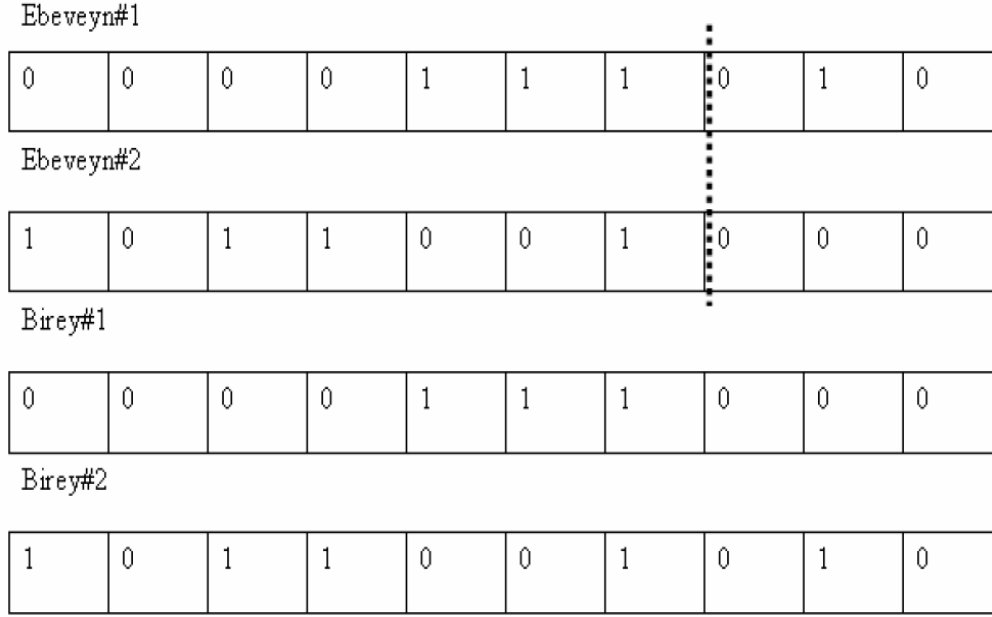
Turnuva seçim yönteminde popülasyon içinden karışık olarak oluşturulan gruplardan, uygunluk fonksiyonu değeri en iyi olan bireyler bir sonraki popülasyonu oluşturmak amacı ile seçilirler. Gruptan seçilmeyen bireyler başka bir gruba dahil olarak seçilme şansı ararlar. Böylelikle popülasyondaki tüm bireylere seçilme şansı verilmiş olur. Kural dahilinde belirli sayıda birey grupları popülasyon içerisinden karışık olarak seçilerek uygunluk fonksiyonu değerine bakılır. Büyük olan birey ebeveyn 1 olarak belirlenir. Küçük olanlar ise popülasyon içine geri gönderilir. Bu işleme gerekli sayıda ebeveyn çiftleri tamamlanana kadar devam edilir. Bu yöntemde herhangi bir bireyin seçim süreci sırasında kaybolma olasılığı yoktur. Popülasyon içindeki elit bireylerin dışında kalan tüm bireyler uygunluk fonksiyonu değerlerine göre yapılan turnuvalar neticesinde eşleşirler. Bu eşler çaprazlama ve mutasyon ile yeni popülasyonun bireylerini meydana getirirler.[42]

4.2.4.3 Çaprazlama

Çaprazlama yöntemi ebeveynlerinin özelliklerini taşıyan bireyleri oluşturmak için uygulanan bir yöntemdir. Ebeveynlerin bazı genleri yeni bireylere kopyalanır. Genetik algoritmada çaprazlama oranı çaprazlamanın hangi sıklıkla yapılacağını gösterir. Çaprazlama oranı %0 ise çaprazlama işlemi olmaz ve yeni bireyler ebeveynlerinin kopyası olur. Bu durumda genetik algoritmanın en iyileme yapması başarısızlıkla sonuçlanır. Çaprazlama oranı % 100 ise yeni nesil tamamıyla çaprazlama sonucu elde edilir. Yeni nesil ebeveynlerinden farklı bir nesildir. Çaprazlamada amaç gen havuzundaki bireylerden genlerini değiştirip değişik bireyler elde ederek daha iyi bireylerin oluşmasına olanak sağlamaktır. Literatürde birçok çaprazlama çeşidi bulunmakla beraber bunlar içerisinde en sık kullanılan üç çeşit çaprazlama yöntemi aşağıda verilmiştir.

4.2.4.3.1 Tek noktalı çaprazlama

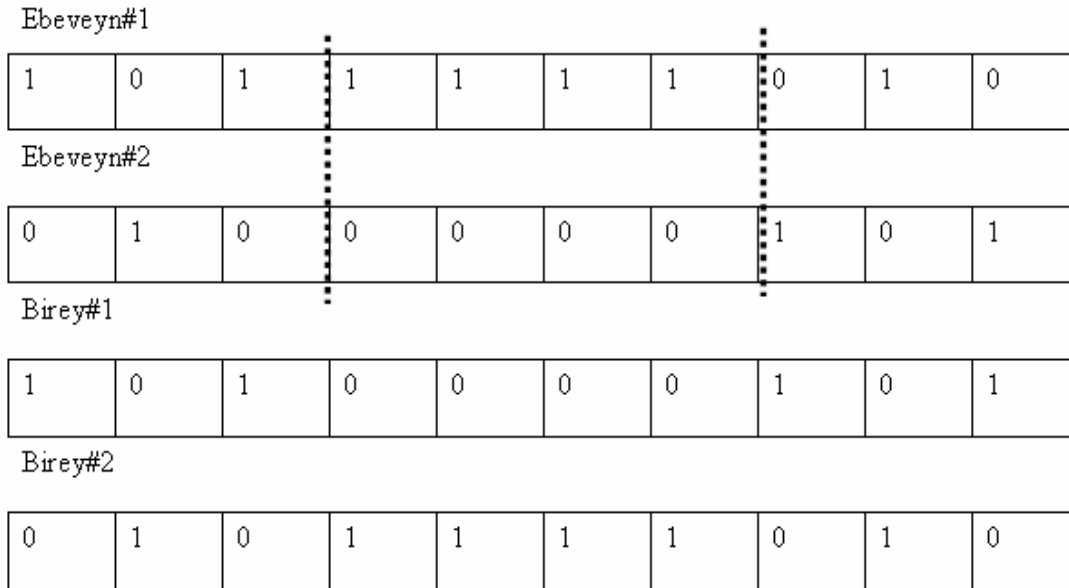
Tek çaprazlama işlemi, x uzunluğundaki iki zincirin belirli bir noktasından ikiye bölünmesiyle birlikte birincil ve ikincil parçaların yer değiştirmesiyle yapılır. Çaprazlama noktası 1 ile $x-1$ arasındaki bir noktadan rastgele olarak seçilir. Eşlesen iki dizide, bu çaprazlama noktasından sonraki bölümler yer değiştirerek yeni iki dizi elde edilir [32].



Şekil 4.2 : İki ebeveynin (10 bit), rastgele seçilen (7. bit) tek noktalı çaprazlama

4.2.4.3.2 İki noktalı çaprazlama

İki noktalı çaprazlama operatörünü tek noktalı çaprazlama operatöründen ayıran nokta “1” ile “x-1” arasında çaprazlama için iki farklı nokta seçilmesidir. Yeni kromozomlar çaprazlama sonrasında eşlesen dizilerin bu noktalar arasındaki bölgelerinin yer değiştirmesi ile elde edilir [43].



Şekil 4.3 : İki ebeveynin (10 bit), rastgele seçilen (4.ve 8. bit) iki noktalı çaprazlama

4.2.4.3.3 Çok noktalı çarpazlama

Çok noktalı çarpazlama yöntemi, iki noktalı çarpazlamannın gelişmiş bir halidir. Belirlenmiş olan ikiden fazla noktadaki bitler çarpazlanarak gen takası işlemi yapılır ve yeni bireyler oluşturulur.

4.2.4.4 Mutasyon

Mutasyon ile popülasyon içerisinde bulunan kromozomun içerisindeki birkaç değerini çok küçük oranlar ile değiştirilip yeni kromozomların elde edilmesini sağlar.[32]. Mutasyon, kaybolan genetik malzemenin yeniden elde edilmesini sağlayan bir operatördür. Örneğin, kromozomlardaki tüm birey değerlerinin “0” olduğu durumlarda, ne kadar yeni jenerasyonlarda oluşturulsa diğer operatörlerde kullanılsa, yeni bireylerin hiç birisinde “1” değeri yakalanamaz. Nüfusta çeşitlilik yaratabilmek, çarpazlama sonucunda kaybolabilen iyi nitelikleri geri kazanabilmek ve en iyiye ulaşabilmek için bireylerdeki kodlar belli bir ihtimal ile mutasyona uğratılmaktadır. Mutasyonun bazı durumlarda yararsız, hatta bozucu değişimler yaratabilme olasılığı bulunmaktadır. Yüksek mutasyon oranı GA döngüsünde rastgele aramaya sebebiyet verdiğinden popülasyonda yapılan aramalarda mutasyon olasılığının düşük olması tercih edilir.

Çarpazlama ile nispeten iyi olduğu gösterilen dizilerin birleşmeleri sağlanır. Seçme ve çarpazlama beraber yeni çözümler arasa bile hızlı yakınsamaya neden olurlar. Faydalı genetik gerecin yokolma riski nedeni ile mutasyon gerekli bir operatördür. Farklı mutasyon fonksiyonları bulunmaktadır.

Yapılan çalışmalar mutasyonun oranının, kromozom uzunluğu ve probleme ait çözüm uzayı ile birebir orantılı olduğunu ispatlamıştır [44]. Birçok durumda düşük nüfus sayılarında sistemin performansını çarpazlama olasılığından daha çok mutasyon olasılığı belirlemektedir. Örneğin; ikili bir kodlamanın kullanıldığı bir dizide mutasyon operatörü ile rastgele seçilen eleman değeri “1” ise “0” ; veya “0” ise “1” olarak değiştirilerek yeni bir dizi elde edilir.

1	1	1	0	0	0	1	0	0
1	1	1	0	0	1	1	0	0

Şekil 4.4 : Mutasyona uğratılmış kromozom (6.bit) öncesi ve sonrası

4.3 Genetik Algoritmanın Sonlandırma Şartları

Genetik algorithmada her jenerasyon için hesaplanan uygunluk fonksiyonu değerlerine göre, genetik algoritma operatörlerinin kullanımı ile yeni bir popülasyon elde edilir. Bunun anlamı her jenerasyonda popülasyonun birey sayısı kadar çözüm elde edilmesidir.

Algoritmanın sonsuza dek çalışmaması, en uygun sonuçtan uzaklaşmaması, en uygun sonuca en yakın zamanda ve en uygun sürede varması veya daha uygun bir sonuç bulunması için oluşturulan koşullara sonlandırma koşulları adı verilir. Genetik algorithmaya ait olan parametreler kullanılarak sonlandırma koşulları uygulanır. Yaygın kullanılan sonlandırma koşulları:

Jenerasyon sayısı; önceden belirlenmiş adım sayısı sonunda genetik algoritma durdurulur. Yeni nesil oluşturma işlemi bir adım anlamına gelmektedir. Standart bir optimizasyon için 100 adım uygun bir değerdir.

•Sre limiti; optimizasyon için süre belirlemek tabiki mümkün değildir. Ancak birçok parametrenin optimizasyonu yapıldığında ya da srenin genel kodlamada önem arzettiği durumlarda süre limiti koşulu konulabilir. Algoritma belirlenen süre aşıldığında durdurulur.

Uygunluk değeri limiti; algoritma çalışma esnasında önceden belirlenmiş uygunluk değeri limitini, yine önceden belirlenmiş olan koşula göre aşarsa veya yine önceden belirlenmiş olan bu limitin altına düşerse algoritma sonlandırılır.

Uygunluk süre limiti; algoritma çalışma esnasında önceden belirlenmiş uygunluk süresi limitini, yine önceden belirlenmiş olan koşula göre aşarsa veya yine önceden belirlenmiş olan bu limitin altına düşerse arama sonlandırılır.

5. DAĞITIM SİSTEMLERİNDE GENETİK ALGORİTMAYA DAYALI OPTİMİZASYON YÖNTEMİ İLE KAYIP AZALTICI REAKTİF GÜÇ YÖNETİMİ

Günümüzde çözülmesi zor ya da olanaksız olan çok sayıda problem vardır. Bu problemlerin çözülmesinde geliştirilmiş bir matematiksel fonksiyon olmadığı gibi olası çözümlerin hesaplanması ve en iyi çözümün seçilmesi de çok zaman almaktadır. Olası tüm çözümlerin değil de salt bazı seçilmiş çözümlerin denenmesi yöntemiyle, beklenen optimum sonucun elde edilmesini sağlayacak algoritmalar araştırılmış ve pek çok yöntem geliştirilmiştir. Tezimizde bu problemlerin çözülmesi amacıyla genetik algoritma kullanılmıştır.

5.1 Genetik Algoritma ile Diğer Geleneksel Yöntemler Arasındaki Farklar

Generik algoritmalar arama işlemine tek bir noktadan değil, noktalar kümesinden başlar. Bu noktalar kümesi, problemin bütün olası çözümlerini temsil eden uzayı oluşturur ve “yerel en iyi” çözümde sıkışıp kalmazlar. Genetik algoritma tek yerden değil, bir grup çözüm içinden arama yapar. Birçok en iyileme probleminde; örneğin tepe tırmanma algoritmasında, tanım aralığı içindeki tek noktadan hareketle bazı geçiş kurallarına göre inceleme noktaları bulunur. Bu çok sayıda tepe noktası olan araştırma uzayı için risklidir, çünkü yerel en iyide takılır. Genetik algoritma, çok sayıda noktalardan oluşan dizi nüfusu ile çalıştığından aynı anda birçok tepe noktasına geçilebilir. Böylece noktadan noktaya geçme yöntemindeki yanlış tepe noktası bulunma ihtimali azalır.

Problemlerin çözümünü parametrelerin değerleriyle değil, kodlarıyla arar. Parametreler kodlanabildiği sürece çözüm üretilebilir. Bu sebeple genetik algoritma ne yaptığı konusunda bilgi içermez, fakat nasıl yaptığını bilir.

Türev yerine uygunluk fonksiyonunun değerini kullanır. Bu değer kullanılması ayrıca yardımcı bir bilginin kullanılmasını gerektirmez. Diğer yardımcı bilgileri değil

sadece amaç işlev bilgisini kullanır. Kompleks matematik hesaplamaları yerine sadece giriş çıkış bilgilerine ihtiyaç duyar. Çoğu metodun, doğru bir biçimde çalışması için yardımcı bir takım bilgilere ihtiyaçları vardır. Genetik algoritma hiçbir yardımcı bilgiye ihtiyaç duymaz. Verimli bir araştırma yapmak için lazım olan, her bir kromozomun değerlendirileceği bir uygunluk fonksiyonudur. Optimizasyon yapılması sırasında problemle ilgili özel bilgilerin kullanılmaması, sadece uygunluk fonksiyonu bilgilerinin kullanılması genetik algoritma performansını yükseltmede son derece etkilidir.

Diğer birçok en iyileme metodlarından farklı olarak, olasılığa dayalı geçiş kuralları kullanır. Sonuçta araştırma uzayının hangi bölgesine doğru yöneleceğine karar vermek için rastgele seçim kullanılır. Bu avantajından dolayı kompleks problemlerin optimizasyonu için tercih edilebilir bir yöntemdir. Özellikle doğrusal olmayan sistemlerde ve matematiksel olarak modellenmesi karmaşık olan problemlerde etkindirler. Oluşturulan başlangıç nüfusu girdiği genetik algoritma döngüsü sonucunda en uygun çözümü rahatça bulabilir.

Sonuç olarak genetik algoritma geleneksel arama yöntemlerinde olduğu gibi iyi bir sonucu ele alıp onu geliştirmek için çok çabalamaz. Tam tersi çok fazla sonucu aynı anda ele alır ve her bir sonuçta çok daha az çalışır. Genetik algoritma klasik yöntemlerin uzun zamanda bulabileceği çözümü yeterli doğrulukla çok kısa zaman diliminde bulabilir. Optimal değeri bulmayı kesin olarak güvence etmez, fakat uzun nesiller sonucunda en uygun değere yakın çözümler bulunmasını sağlar[33].

5.2 Genetik Algoritma ile Reaktif Güç Yönetimi

Genetik algoritma, yaygınlaşması ve kullanılmaya başlanması ile reaktif güç yönetimi kullanılarak kayıp azaltma problemlerinin çözümünde önemli bir optimizasyon yöntemi haline gelmiştir. Reaktif güç yönetimi problemlerinden kapasite yerleşimi, kapasite konulacak en iyi yerlerin bulunmasını, konulacak kapasitelerin sayısını ve bu kapasitelerin güç değerlerinin belirlenmesini içermektedir.

Güç kaybı fonksiyonu genetik algoritma problemlerinde uygunluk fonksiyonu olarak formüle edilebilir.

$$P = P_L + K \sum (V - V_{lim})^2 \quad (5.1)$$

P_L yük akışından elde edilen gerçek kayıp değeri

V baradaki gerilim değeri

V_{lim} minimum ve maksimum olarak belirlenen gerilim kısıtımız

Burada kısıtları olan optimizasyon problemi olarak formüle edilmiştir. Var olan kısıtımız gerilim seviyesidir. Eğerki kısıt değerimiz belirlenenin dışına çıkacak olursa güç kaybı fonksiyonun artışına sebep olacaktır. Dağıtım hatlarında kapasite ilavesi yapılan barada gerilim tepe değerlerinin artacağı bilindiğinden problemin optimize edilmesi esnasında gerilim kısıtlarının kullanılması zorunluluk halini almıştır. Güç kaybı azalımının sonucunu minimize eden maliyet fonksiyonu (tasarruf fonksiyonu) aşağıdaki gibidir.

$$Maliyet = K_p \Delta P_l T - \sum_{i=1}^n K_c C_i \quad (5.2)$$

K_p kilowatt-saat maliyeti

ΔP_l kilowatt olarak sistemden azaltılan toplam güç kaybı

K_c kilovar mliyeti

C_i i'ci baradadaki kapasitif gücün şönt kapasite değeri

T saat olarak süre

Maliyet fonksiyonundaki ilk terim güç kaybındaki azaltma sayesinde oluşan maliyetteki tasarruf iken ikinci terim toplam kapasite maliyetidir. Optimum kapasite yerleşiminin yapısı kayıpları azaltmaktadır ancak artan kapasite sayılarında maliyeti artacağı bilinmelidir. Yapılacak yatırım esnasında bu maliyetlerde göz önüne alınmalı ve ona göre yatırım yapılmalıdır.

Genetik algoritmayı kapasite yerleşimine uygularsak;

İlk olarak rastgele çözüm dizelerinden oluşan başlangıç pozisyonu belirlenir. Örneğin; dağıtım sistemindeki baralara rastgele yerleştirilen ve değerleri kriterlere bağlı olarak rastgele seçilen kapasiteler başlangıç pozisyonu olarak belirlenebilir. Her dizi her baraya bağlanan kapasite miktarına göre ikili kodlamaya göre belirlenir.

Sonrasında ilk oluşan popülasyonda çalışma altında belirlenen değerler genetik döngü içerisindeki çaprazlama ve mutasyon operatörleri tarafından yeni popülasyon oluşturulmasında kullanılır ve yeni popülasyon oluşturulur. Konulabilecek kapasite

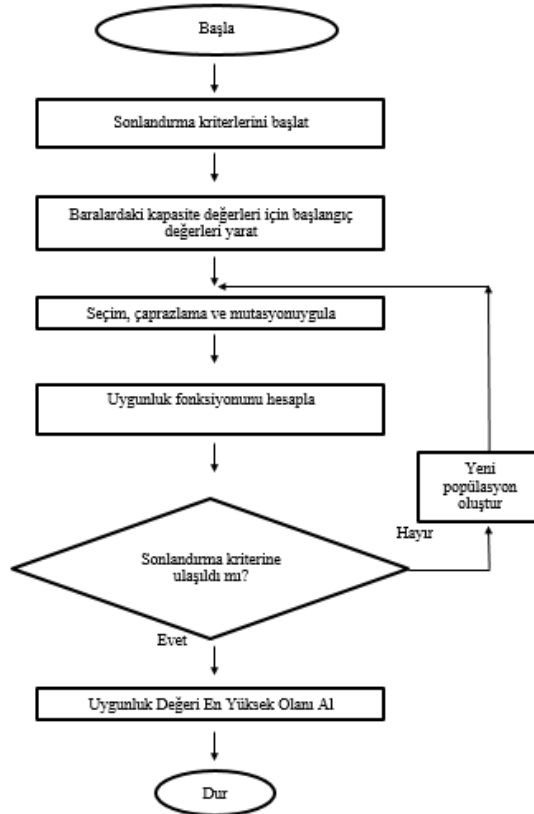
değerleri farklı olduğundan, kapasite değerinde alınacak sıfır değeri baradan kapasitednin kaldırılması veya o kapasitede kapasite olmadığını göstermektedir.

Sonrasında her yeni popülasyon çözülür ve amaç fonksiyonu değeri (güç kaybı) tahmin edilir. Devreye giren seçim prosedürü ile hangi çözümün daha iyi olduğuna karar verilir.

Kaybın daha az olduğu çözüm yani daha iyi sonuç veren çözüm yeni popülasyona katılırken, daha kötü sonuç veren çözüm elimine edilir ve bir daha popülasyonun içerisine alınmaz. Bireyler daralan popülasyonun yeniden doldurulmasıyla uygunluk fonksiyonunda daha iyi sıralamaya giderler. Ancak şu da unutulmamalıdır ki belirlenen kısıtlamalar uygunluk faktöründe çok önemli yer tutmaktadır ve kısıtlamalara uymayan sonuçlarda sistemden çıkarılmaktadır.

Sonlandırma kriterlerine ulaşına kadar bu algoritma devam edecek olup sonlandırma kriterlinin neler olabileceği 4. bölümde anlatılmıştır.

Yukarıda bahsedilen genetik algoritmanın akış diyagramı aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 5.1 : Genetik algoritma ile reaktif güç yönetimi akış diyagramı

6. ÖRNEK SİSTEM İNCELENMESİ

Bu bölümde, önceki bölümlerde bahsedilen bir elektrik dağıtım şebekesi üzerinde yapılmış olan yük akışı incelenecek, kapasite değerlerinin eniyilenmesi ile eski hal arasındaki fark karşılaştırılacaktır. Daha sonra yük değerlerinin %25 artırılmış ve %20 azaltılmış durumları için program koşturulacaktır. En son olarak ise sistemden 2 adet fider kaldırılıp tek fider üzerinden tüm attın radyallığı sağlanarak tek fiderden 16 bara beslendiği durum incelenecektir.

Generik algoritma ile çözüm noktasında MATLAB R2011b ve OpenDSS programları kullanılmıştır. Matlab üzerinden çalıştırdığımız program , “dss” formatından dataları hazırlanmış olan sistemi OpenDSS programı üzerinden çalıştırmakta ve Matlab üzerinden aldığı kapasite bilgilerine göre yük akışını tamamlamaktadır. Programda belirlenmiş olan jenerasyon sayısı kadar bu döğü devam eder ve kaybın en az olduğu noktadaki kapasite bilgilerini Matlab ekranına aktarmaktadır.

Tüm program analizlerinde Intel Core[™] i7-3632QM CPU @ 2.20GHz işlemcili, 6GB ram ve 2GB ekran kartına sahip dizüstü bilgisayar kullanılmıştır.

6.1 OpenDSS

6.1.1 OpenDSS’in Tanımı

Open DSS, “The Open Distribution System Simulator” ün kısaltılmış halidir. OpenDSS elektrik dağıtım sistemlerinde kullanılan kapsamlı bir elektrik simülasyon aracıdır. Açık kaynak kod kullanılarak oluşturulan OpenDSS tek başına çalışabileceği gibi çeşitli platformlardan COM sunucusunu DLL üzerinden sürebilecek şekilde uygulanmıştır. Open DSS kullanıcılarına program yazmada ve çözümlerini izlemede yardımcı olabilecek yazıya dayalı bir ara yüze sahiptir. [45]

6.1.2 OpenDSS'in Tarihi ve Amacı

Open DSS programının geliştirilmesi Nisan 1997'de Electrotek Concepts' te başladı. O tarihte program dağıtım sistemi simulatörünün kısaltılması olan DSS olarak adlandırılıyordu. Roger Dugan yazılıma ilk başlayan kişi iken Tom McDermott tarafından kısa bir süre sonra desteklenmeye başladı. Bu iki geliştirmeci DSS üzerine çalışmaya 2001 senesinde Tom McDermott Electrotech firmasından ayrılana kadar devam etti. McDermott'un Electrotech'ten ayrılmasından sonra Roger çalışmaya ve programı geliştirmeye devam etti. OpenDSS projesi aracılığı ile McDermott tekrar geliştirme ekibinin bir parçası oldu. DDS 2004 yılında EPRI Solutions firmasının dikkatini çekti ve DSS 2007 yılında EPRI ile birleşti. 2008'de ise akıllı şebekeler alanında çalışan diğer geliştiricilerle ortak çalışabilmek için yazılımı açık kaynak lisanslı olarak piyasaya sürdü. [46]

6.1.3 OpenDSS'in Kullanım Alanları

OpenDSS programının dağıtım sistemleri, planlaması ve analizi, kullanılan tüm rms kararlı yazılımlarını desteklemektedir. Buna ek olarak OpenDSS analizlerin yeni çeşitlerini yapan, gelecekte ihtiyaç duyulacak akıllı şebekelere dikte edilmiş programları da desteklemektedir. İlk zamanlarda OpenDSS programının özelliklerinin çoğu dağıtılmış üretim kaynakları analizlerinin ihtiyaçlarını karşılamak üzere yapılmıştı. Daha sonra diğer özellikleri güç dağıtımında verimli enerji analizlerini, akıllı şebeke uygulamalarını ve harmonik analizleri de desteklemeye başladı. DSS programı gelecekte oluşabilecek ihtiyaçları da karşılayabilmesi amacıyla sürekli genişleyebilir şekilde tasarlanmıştır.

DSS programı ile aşağıdaki uygulamalar gibi birçok uygulama gerçekleştirilebilir.

- Dağıtım planlama ve analizi
- Genel çok fazlı AC devre analizi
- Dağıtılmış enterkonnekte üretimlerinin analizi
- Yıllık yük üretimi ve analizi
- Risk bazlı dağıtım planlama çalışmaları
- Olasılıklı planlama çalışmaları
- Güneş paneli sistem simülasyonu

- Rüzgar paneli sistem simülasyonu
- Nükleer santral istasyonu yardımcı trafo modellemeleri
- Dağıtım otomasyonu kontrol değerlendirmesi
- Koruma sistemleri simülasyonu
- Depolama modellemeleri
- Olağandışı trafo trafo konfigürasyon analizi
- Harmonik ve harmonik bozulma analizi

Open DSS programı kendi içerisinde bazı çözüm modları bulundurur. Bu modlar kullanıcıların belirli projelerdeki ihtiyaçlarına göre geliştirilerek eklenmiştir.

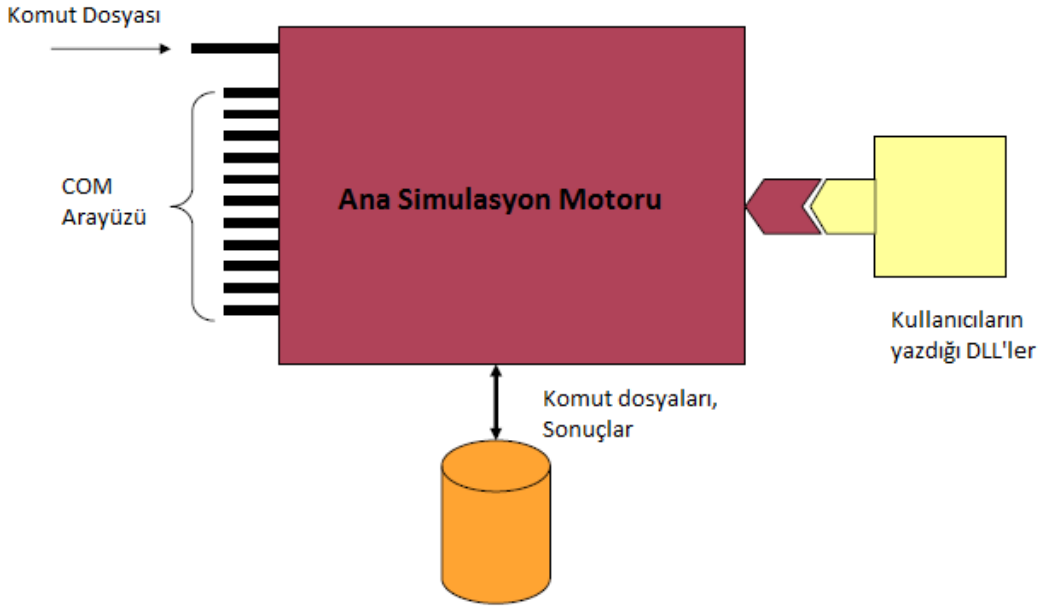
Bu çözüm modlarına aşağıdaki gibi örnekler verilebilir.

- Anlık yük akışı
- Günlük yük akışı
- Yıllık Güç Akışı
- Harmonikler
- Dinamikler
- Arıza Çalışması

Bu modlar spesifik projelerin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla geliştiriciler tarafından programa entegre edilmiştir. Ancak program kullanıcıların beklediği her şeye cevap verecek şekilde tasarlanmamıştı. Bu nedenle Component Object Model (COM) arayüzü bilgi sahibi kullanıcıların yeni çalışmalarında programın özelliklerini kullanabilmeleri için DLL sunucusu üzerinde hayata geçirilmiştir.

Kullanıcılar COM arayüzü sayesinde dizayn yapabilir, özel müşteri çözümlerini ve harici program özelliklerini kullanabilir ve model dataların tanımları da dahil olmak üzere simülatör işlevlerini gerçekleştirebilir. Böylece DSS elektrik devresinin herhangi bir sabit metnine ya da tamamen bağımsız bir veri tabanına uygulanabilir. Örneğin; DSS, MS Office araçlarından VBA'ya ya da herhangi bir 3. parti analiz programından COM'a kadar tamamen işlenebilir. Kullanıcılar genel olarak Open DSS programını Mathworks MATLAB programı, Python, C# R vb. diğer programlama

dilleri ile birlikte kullanır. Bu güçlü harici analitik yeteneklerin yanında sonuçları göstermek için mükemmel grafikler sağlar.



Şekil 6.1 : DSS'in yapısı [46]

Kullanıcıların birçoğu neredeyse tüm çalışmalarını için tek başına çalıştırılabilir sürümü yeterli bulmaktadır. Kullanıcılar tekrarlı olarak kendi işleri için bir özelliğe ihtiyaç duyduklarında, ihtiyaç duyulan bu özellik çözüm kontrol modülünün içine gömülebilir ya da metin tabanlı komut ara yüzüne de bağlanabilir.

Ayrıca COM ara yüzü simülasyon modellerinin özelliklerinin birçoğuna erişim sağladığı gibi metin tabanlı komut ara yüzüne de direkt erişim sağlayabilir. Metin tabanlı komut ara yüzü sayesinde kullanıcıların yazdığı programlar aynı zamanda istenilen birçok fonksiyonun komutunu yaratabilir.

Tecrübeli yazılım geliştiriciler Open DSS aracını kullanmak için ek iki seçenek kullanırlar. Birincisi kaynak kodlarını indirip kendi ihtiyaçlarına göre değiştirip yazılım geliştirmek, ikincisi ise Open DSS'in sağladığı ortak kütüphanedeki geliştirilmiş DLL dosyalarını kullanarak yazılım geliştirmektir. DLL dosyaları DSS uygulamalarının dağıtım sistemi modelleri ile ilgilenirken, kullanıcılar da ilgilendikleri modellere konsantre olabilirler. Bunun gibi DLL dosyaları en bilinen programlama dilleri ile yazılabilir.[47]

6.2 Uygulama 1

İlk uygulamamızda daha önce 3. bölümde PowerWorld programı ile yük akışı yaparak çözdüğümüz test sistemine genetik algoritma uygulanacaktır.

Sisteme ait olan veriler Çizelge 3.1’de ve sistemin bağlantısında Şekil 3.2’de verilmiştir. Sistem radyal olarak çözümlenmiş 5-11 nolu baralar arasındaki, 10-14 nolu baralar arasındaki ve 7-16 nolu baralar arasındaki dağıtım hatları açık pozisyonda iken çözümlenmiştir. Burada yapmış olduğumuz kabullerde trafolarla empedas kayıpları ihmal edilmiş ve reaktans kayıpları ise %2 olarak programa ilave edilmiştir. Sistem gerilimi 23 kV ve gücü 100 MVA’dır. Sistemde 5-6-9-11-12-14 ve 16 nolu baralarda sabit şönt kapasiteler mevcuttur.

Birinci fider 1-4-5-6-7 nolu baraları, ikinci fider 2-8-9-10-11-12 nolu baraları ve son olarak üçüncü fider ise 3-13-14-15-16 nolu baraları beslemektedir.

Genetik algoritmanın örnek test sistemine uygulanabilmesi ilk olarak genetik algoritma başlangıç başlangıç popülasyonu oluşturulur. Başlangıç popülasyonunda tüm değerler 1000 Var gücünde alınmıştır.

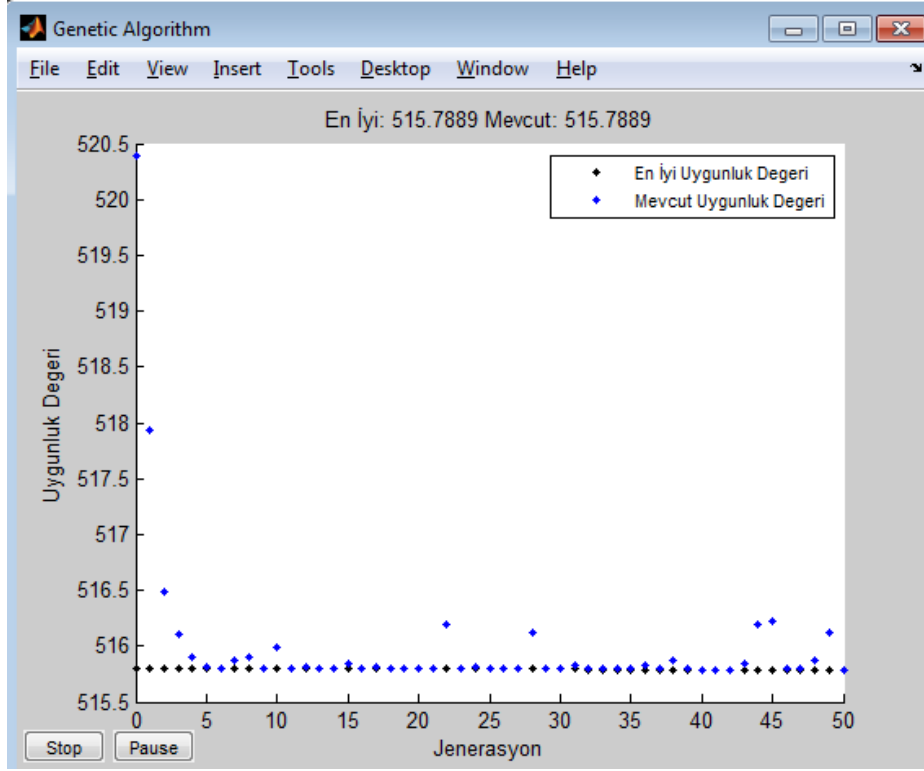
Başlangıç popülasyonunun belirlenmesinin ardından kapasitelerin boyutlandırılmasında alınabilecek maksimum ve minimum güç değerleri belirlenir ve algoritma bu koşullara göre değerler seçerek popülasyonu oluşturmaktadır. Örnek sistem incelemesinde tüm alternatif kompanzasyon üniteleri için üst sınır 5000 ve alt sınır 0 değerinde alınmıştır.

Daha sonra GA ile eniyileme işlemi yapılmıştır. GA için göz önüne alınan parametreler ise Çizelge 6.1 de verilmiştir.

Population size	50
Generation	50
Tolerans	1e-6
Mutation	Uniform – 0,06
Selection func.	Tournament
Population Type	Double Vector
Elite Count	2

Çizelge 6.1 : GA parametreleri

Çalışma sırasında yapılan tüm uygulamalar için bu koşullar aynı alınmıştır. Jenerasyon sayısı 50 olarak girilmiş ve 50 jenerasyon sonunda kayıpların minimum olduğu sonuçlar MATLAB programında ekrana çizdirilmiştir. MATLAB programı üzerindeki kapasitelerin alması gereken en iyi değerleri ve baraların gerilim seviyeleri ekranda gösterilmiştir. OpenDSS programında hazırlanmış olan veriler MATLAB programı tarafından çözdürülmektedir.



Şekil 6.2 : 50 jenerasyon uygulama 1 için uygunluk değerleri

Bara Adı	Gerilim [pu]
Kaynak bara 1	0,996338
Kaynak bara 2	0,995217
Kaynak bara 3	0,999315
Yük barası 4	0,986888
Yük barası 5	0,983958
Yük barası 6	0,982116
Yük barası 7	0,981016
Yük barası 11	0,965089
Yük barası 9	0,965251

Yük barası 12	0,963128
Yük barası 8	0,973726
Yük barası 10	0,971575
Yük barası 14	0,994009
Yük barası 13	0,993615
Yük barası 15	0,991960
Yük barası 16	0,991399

Çizelge 6.2 : 50 jenerasyon uygulama 1 için bara gerilimleri

Yukarıda uygulama 1 MATLAB ve OpenDSS programlarının yardımıyla 10 kere çalıştırılmış ve en iyi çözümleri verilmiştir. Toplam kayıp 515,7889kW olarak hesaplanmış ve çözüm sonucu bara gerilimleri Çizelge 6.2’de verilmiştir. Sistemin bu değerleri alması için hangi barada ne kadar güçte kapasite bağlı olduğu bilgisi ise aşağıda verilmiştir.

	5 No Bara	6 No Bara	9 No Bara	11 No Bara	12 No Bara	14 No Bara	16 No Bara
Kapasite Gücü (MVAR)	0,6	4,7	0,3	3	2,9	0,1	1,7

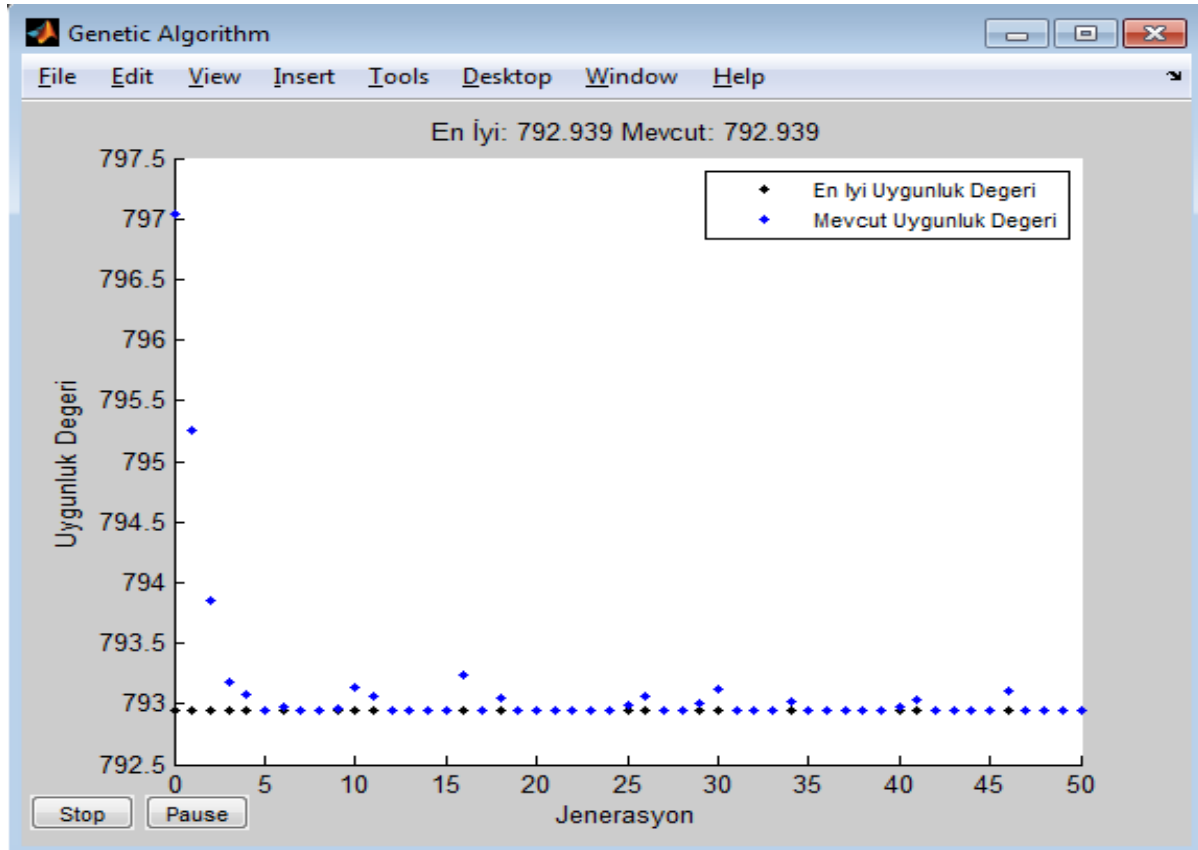
Çizelge 6.3 : 50 jenerasyon uygulama 1 için en iyi kapasite güçleri ve baraları

6.3 Uygulama 2

İlk uygulamada kullandığımız test sistemi yine aynı bağlantılarla ve aynı şekilde kullanılmıştır. Tek fark bu uygulamamızda baralardan çekilen güç değerleri %25 oranında artırılmış ve gün içerisinde değişen yük durumlarına göre sonuçların nasıl olacağı incelenmiştir.

Baradan Baraya	Direnç (pu)	Reaktans (pu)	Hat Sonu Yüğü (MW)	Hat Sonu Yüğü (MVar)	Hat Sonu Kapasitesi (MVar)
1-4	0.075	0.1	2.5	2.0	
4-5	0.08	0.11	3.75	1.875	1
4-6	0.09	0.18	2.5	1.0	1
6-7	0.04	0.04	1.875	1.5	
2-8	0.11	0.11	5.0	3.375	
8-9	0.08	0.11	6.250	3.75	1
8-10	0.11	0.11	1.25	1.125	
9-11	0.11	0.11	0.75	0.125	1
9-12	0.08	0.11	5.625	2.5	1
3-13	0.11	0.11	1.25	1.125	
13-14	0.09	0.12	1.25	0.875	1
13-15	0.08	0.11	1.25	1.125	
15-16	0.04	0.04	2.625	1.25	1
5-11	0.04	0.04			
10-14	0.04	0.04			
7-16	0.09	0.12			

Çizelge 6.4 : Uygulama 2 için yeni oluşturulan güç değerleri



Şekil 6.3 : 50 jenerasyon uygulama 2 için uygunluk değerleri

Bara Adı	Gerilim [pu]
Kaynak bara 1	0,994629
Kaynak bara 2	0,992300
Kaynak bara 3	0,998726
Yük barası 4	0,982142
Yük barası 5	0,978144
Yük barası 6	0,975570
Yük barası 7	0,974184
Yük barası 11	0,953137
Yük barası 9	0,952633
Yük barası 12	0,948866
Yük barası 8	0,964384
Yük barası 10	0,961668
Yük barası 14	0,991211
Yük barası 13	0,991267
Yük barası 15	0,989397
Yük barası 16	0,988769

Çizelge 6.5: 50 jenerasyon uygulama 2 için bara gerilimleri

Yukarıda uygulama 2 MATLAB ve OpenDSS programlarının yardımıyla 10 kere çalıştırılmış ve en iyi çözümleri verilmiştir. Toplam kayıp 792,9390kW olarak hesaplanmış ve çözüm sonucu bara gerilimleri Çizelge 6.5’de verilmiştir. Sistemin bu değerleri alması için hangi barada ne kadar güçte kapasite bağlı olduğu bilgisi ise aşağıda verilmiştir.

	5 No Bara	6 No Bara	9 No Bara	11 No Bara	12 No Bara	14 No Bara	16 No Bara
Kapasite Gücü (MVAR)	4,2	1,9	2,3	3,7	1,9	3,4	2,4

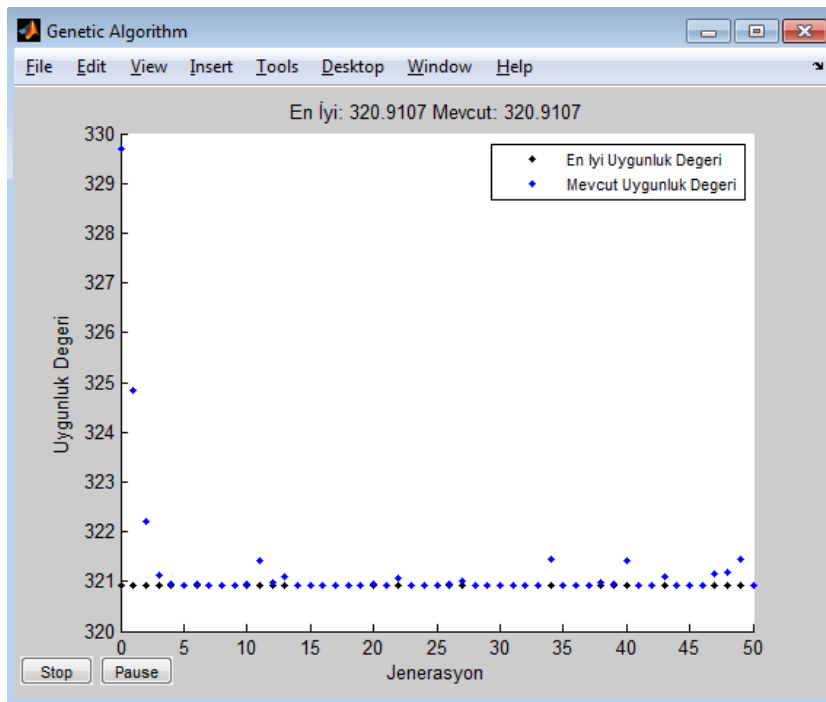
Çizelge 6.6 : 50 jenerasyon uygulama 2 için en iyi kapasite güçleri ve baraları

6.4 Uygulama 3

İlk uygulama kullanılan test sistemi aynı şekilde kullanılmıştır. Tek fark bu uygulamamızda baralardan çekilen güç değerleri %20 oranında azaltılmış ve gün içerisinde değişen yük durumlarına göre sonuçların nasıl olacağı incelenmiştir.

Baradan Baraya	Direnç (pu)	Reaktans (pu)	Hat Sonu Yüğü (MW)	Hat Sonu Yüğü (MVar)	Hat Sonu Kapasitesi (MVar)
1-4	0.075	0.1	1.6	1.28	
4-5	0.08	0.11	2.4	1.2	1
4-6	0.09	0.18	1.6	0.64	1
6-7	0.04	0.04	1.25	0.96	
2-8	0.11	0.11	3.2	2.16	
8-9	0.08	0.11	4	2.4	1
8-10	0.11	0.11	0.8	0.72	
9-11	0.11	0.11	0.48	0.08	1
9-12	0.08	0.11	3.6	1.6	1
3-13	0.11	0.11	0.8	0.72	
13-14	0.09	0.12	0.8	0.56	1
13-15	0.08	0.11	0.8	0.72	
15-16	0.04	0.04	1.68	0.8	1
5-11	0.04	0.04			
10-14	0.04	0.04			
7-16	0.09	0.12			

Çizelge 6.7 : Uygulama 3 için yeni oluşturulan güç değerleri



Şekil 6.4 : 50 jenerasyon uygulama 3 için uygunluk değerleri

Bara Adı	Gerilim [pu]
Kaynak bara 1	0,999620
Kaynak bara 2	0,997682
Kaynak bara 3	0,997547
Yük barası 4	0,990593
Yük barası 5	0,988508
Yük barası 6	0,987196
Yük barası 7	0,986299
Yük barası 11	0,976438
Yük barası 9	0,976425
Yük barası 12	0,975624
Yük barası 8	0,981826
Yük barası 10	0,980120
Yük barası 14	0,996042
Yük barası 13	0,995290
Yük barası 15	0,993707
Yük barası 16	0,993164

Çizelge 6.8 : 50 jenerasyon uygulama 3 için bara gerilimleri

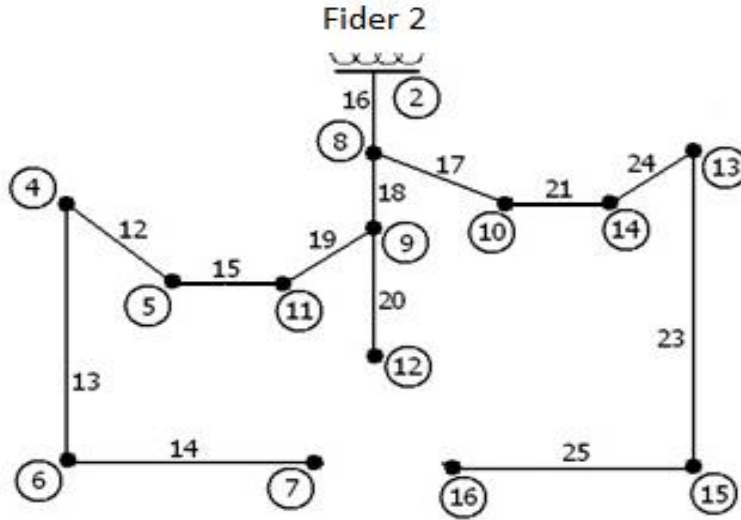
Yukarıda uygulama 3 MATLAB ve OpenDSS programlarının yardımıyla 10 kere çalıştırılmış ve en iyi çözümleri verilmiştir. Toplam kayıp 320,9107kW olarak hesaplanmış ve çözüm sonucu bara gerilimleri Çizelge 6.8’de verilmiştir. Sistemin bu değerleri alması için hangi barada ne kadar güçte kapasite bağlı olduğu bilgisi ise aşağıda verilmiştir.

	5 No Bara	6 No Bara	9 No Bara	11 No Bara	12 No Bara	14 No Bara	16 No Bara
Kapasite Gücü (MVAR)	3,6	3,6	3,1	2,4	3,4	3,6	1,1

Çizelge 6.9 : 50 popülasyon uygulama 3 için en iyi kapasite güçleri ve baraları

6.5 Uygulama 4

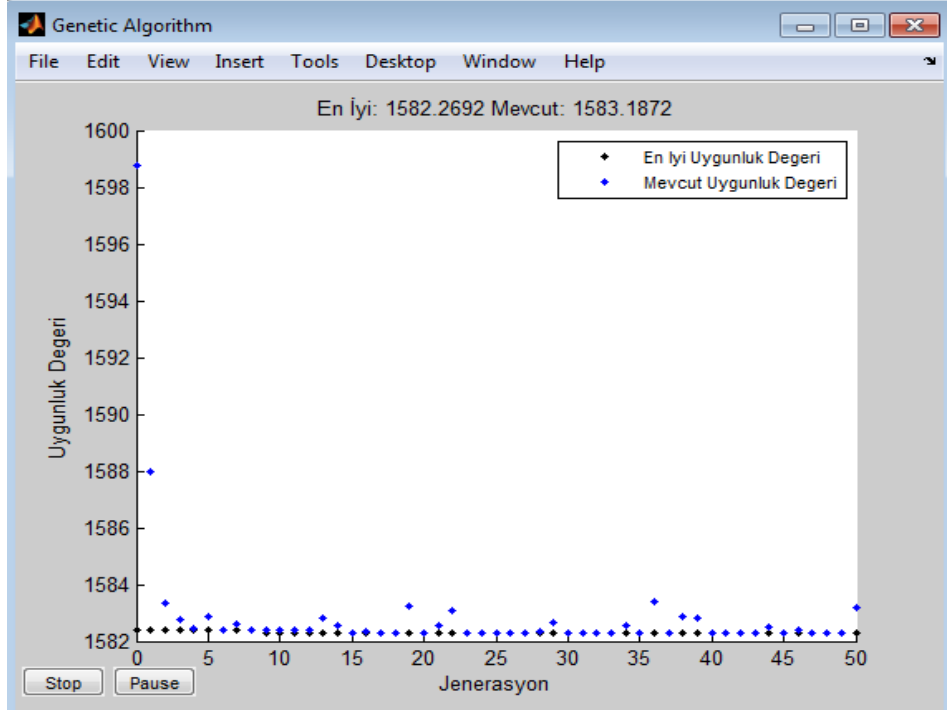
Diğer uygulamalarda kullanılan test sistemi bu uygulamada tek fiderden besleme olduğu durum için kullanılmıştır. Tek fiderden yüksek miktarda bara beslendiği durumlarda sistemin nasıl yanıt verdiği incelenmiştir. Tek fiderden 14 adet bara radyal olarak beslenmiştir.



Şekil 6.5 : Uygulama 4 tek hat şeması

Baradan Baraya	Direnç (pu)	Reaktans (pu)	Hat Sonu Yüğü (MW)	Hat Sonu Yüğü (MVar)	Hat Sonu Kapasitesi (MVar)
4-5	0.08	0.11	3.0	1.5	1
4-6	0.09	0.18	2.0	0.8	1
6-7	0.04	0.04	1.5	1.2	
2-8	0.11	0.11	4.0	2.7	
8-9	0.04	0.055	5.0	3.0	1
8-10	0.11	0.11	1.0	0.9	
9-11	0.055	0.055	0.6	0.1	1
9-12	0.08	0.11	4.5	2.0	1
13-14	0.09	0.12	1.0	0.7	1
13-15	0.08	0.11	1.0	0.9	
15-16	0.04	0.04	2.1	1.0	1
5-11	0.04	0.04			
10-14	0.04	0.04			
7-16	0.09	0.12			

Çizelge 6.10 : Uygulama 4 için güç değerleri



Şekil 6.6 : 50 jenerasyon uygulama 4 için uygunluk değerleri

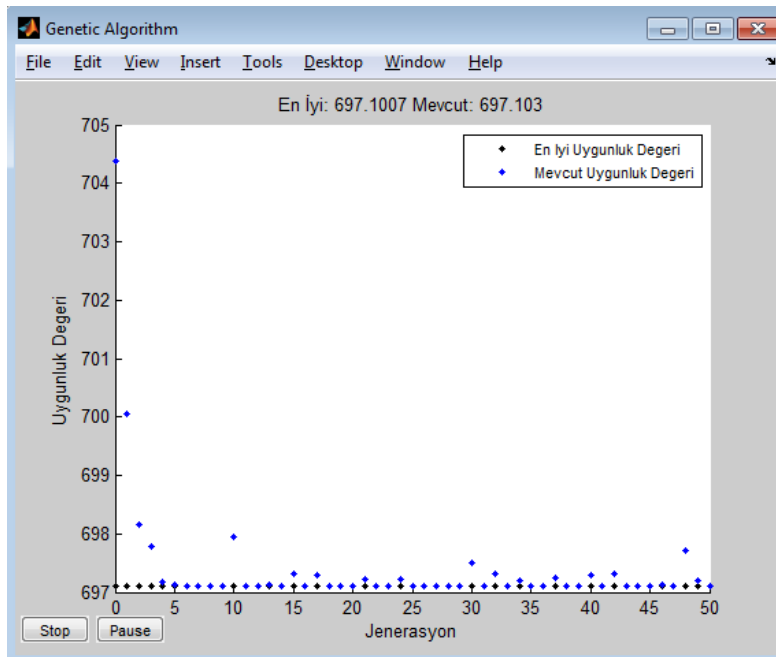
Bara Adı	Gerilim [pu]
Kaynak bara 1	0,998721
Yük barası 4	0,915151
Yük barası 5	0,922367
Yük barası 6	0,910329
Yük barası 7	0,909246
Yük barası 11	0,927053
Yük barası 9	0,940097
Yük barası 12	0,937874
Yük barası 8	0,959191
Yük barası 10	0,952668
Yük barası 14	0,951108
Yük barası 13	0,947844
Yük barası 15	0,947977
Yük barası 16	0,948069

Çizelge 6.11 : 50 jenerasyon uygulama 4 için bara gerilimleri

Yukarıda uygulama 4'ün MATLAB ve OpenDSS programlarının yardımıyla 10 kere çalıştırılmış ve en iyi çözümleri verilmiştir. Toplam kayıp 1582,2692kW olarak hesaplanmış ve çözüm sonucu bara gerilimleri Çizelge 6.11'de verilmiştir. Sistemin tek fiderden 14 adet bara beslemesi ve yük miktarlarının yüksek olması sebebiyle gerilim düşümünün yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumda sistemin gerilim kararlılığını sağlayabilmek adına ana dağıtım hatlarına yani 16, 17, 18 ve 19 nolu hatlara paralel birer hat ilave edilerek mevcut empedans değerleri %50 azaltılacaktır. Oluşan bu yeni durum için yeni sistem bilgileri aşağıda verilmiştir.

Baradan	Direnç	Reaktans	Hat Sonu	Hat Sonu	Hat Sonu Kapasitesi
4-5	0.08	0.11	3.0	1.5	1
4-6	0.09	0.18	2.0	0.8	1
6-7	0.04	0.04	1.5	1.2	
2-8	0.055	0.055	4.0	2.7	
8-9	0.08	0.11	5.0	3.0	1
8-10	0.055	0.055	1.0	0.9	
9-11	0.11	0.11	0.6	0.1	1
9-12	0.08	0.11	4.5	2.0	1
13-14	0.09	0.12	1.0	0.7	1
13-15	0.08	0.11	1.0	0.9	
15-16	0.04	0.04	2.1	1.0	1
5-11	0.04	0.04			
10-14	0.04	0.04			
7-16	0.09	0.12			

Çizelge 6.12 : Uygulama 4 için yeni hat bilgileri



Şekil 6.7 : 50 jenerasyon değiştirilmiş verilere göre uygulama 4 uygunluk değerleri

Bara Adı	Gerilim [pu]
Kaynak bara 1	0,998947
Yük barası 4	0,966072
Yük barası 5	0,970923
Yük barası 6	0,962632
Yük barası 7	0,961958
Yük barası 11	0,974566
Yük barası 9	0,978615
Yük barası 12	0,975093
Yük barası 8	0,986593
Yük barası 10	0,984142
Yük barası 14	0,982106
Yük barası 13	0,978357
Yük barası 15	0,977026
Yük barası 16	0,976250

Çizelge 6.13 : 50 jenerasyon değiştirilmiş uygulama 4 için bara gerilimleri

Yukarıda uygulama 4 yeni hat verileri ile MATLAB ve OpenDSS programlarının yardımıyla 10 kere çalıştırılmış ve en iyi çözümleri verilmiştir. Toplam kayıp 597,1007kW olarak hesaplanmış ve çözüm sonucu bara gerilimleri Çizelge 6.13’de verilmiştir. Sistemin bu değerleri alması için hangi barada ne kadar güçte kapasite bağlı olduğu bilgisi ise aşağıda verilmiştir.

	5 No Bara	6 No Bara	9 No Bara	11 No Bara	12 No Bara	14 No Bara	16 No Bara
Kapasite Gücü (MVAR)	1	2,7	1,1	2,9	1,7	2	3,3

Çizelge 6.14 : 50 jenerasyon uygulama 4 için en iyi kapasite güçleri ve baralar

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, elektrik dağıtım sistemlerinde kayıpların büyüklüğü göz önüne alınarak reaktif güç yönetimi, kayıplar ile ilişkisi, genetik algoritma hakkında genel bilgiler verilmiştir. Daha sonra verilmiş olan akış diyagramlarına uyularak bölüm 3'te yük akışı ile çözümlenen test sistemi bu kez genetik algoritma yardımı ile çözülmüş ve sonuçlar verilmiştir. Aynı test sistemi %25 daha fazla yük çektiği durum ve %20 daha az yük çektiği durumlar içinde incelenmiş sonuçlar verilmiştir.

Daha önceki bölümlerde örnek test sistemimizi POWERWORLD programı ile çözümlenmiş ve toplam kayıpları 0,53MW olarak bulmuştuk. Genetik algoritmaya dayalı Matlab ve OpenDSS kullanarak eniyileme ile birlikte bu kayıpların 515,800kW yani 0,515 MW olarak azaldığını kolaylıkla görebiliyoruz. Eğerki mevcut sistemimizde genetik algoritma ile bulmuş olduğumuz kapasite değerleri kullanılırsa yaklaşık olarak %3'lük bir kayıp azaltılması yapılmış olacaktır

Daha önceki bölümlerde çözümlendiğim yük akışı metoduyla uygulama 2 POWERWORLD programı ile çözümlenmiş ve toplam kayıpları 0,835MW olarak bulunmuştur. Genetik algoritmaya dayalı Matlab ve OpenDSS kullanarak eniyileme birlikte bu kayıpları 792,942kW yani 0,792 MW olarak bulduğumuz yukarıki şekillerde gösterilmiştir. Eğerki mevcut sistemimizde genetik algoritma ile bulmuş olduğumuz kapasite değerleri kullanılırsa yaklaşık olarak %5,4'lük bir kayıp azaltılması yapılmış olacaktır.

Yine aynı metodla uygulama 3 POWERWORLD programı ile çözümlenmiş ve toplam kayıpları 0,37MW olarak bulunmuştur. Genetik algoritmaya dayalı Matlab ve OpenDSS kullanarak eniyileme birlikte bu kayıpları 320,911kW yani 0,320 MW olarak bulduğumuz yukarıki şekillerde gösterilmiştir. Eğerki mevcut sistemimizde genetik algoritma ile bulmuş olduğumuz kapasite değerleri kullanılırsa yaklaşık olarak %15,4'lük bir kayıp azaltılması yapılmış olacaktır.

Uygulama 4 bölümünde ise daha büyük sistemlerde vereceği programın vereceği yanıt incelenmiştir. İlk durumda 1597 kW'lık bir kayıp sistemde mevcut idi. Kapasitör eniyilemesi ile birlikte kayıplar 1582kW olarak bulunmaktadır. Bu durumda sistemde %2 lik bir kayıp azaltılması sağlanmış olacaktır. Ancak yüklerin büyüklüğü ve sistemin genişliği sebebiyle gerilim kararlılığı sağlamadığı için ana dağıtım hatlarında (16,17,18,19) paralel hat ilavesi ile sistem yeniden çözümlenmiş ve ortaya sonuçlara göre kayıplarım 697.4kW'a azaltılmıştır. İlk durumda 1607kW'lık bir kayıp sistemde mevcut idi. Gerilim kararlılığını sağlamak için yapılan hat ilavesi ve kapasitelerin en iyilemesi sayesinde kayıplarımızda %56 ya yakın bir azalma söz konusu olmaktadır. Bu uygulamanın ülkemizin her sisteminde uygulanacağını düşünürsek ortaya çıkacak rakamlar çok ciddi boyutlarda olacaktır. Ayrıca yapılmış olan bu enyenileme işlemi için gerekli çözüme ulaşmak sadece saniyeler almıştır.

Çalışmanın sonunda yapılan uygulamalardan anlaşıldığı üzere yapay zekaya dayalı optimizasyon yöntemlerinin karmaşık problemlere entegrasyonu kolay bir şekilde yapılabilmekte ve gerekli çözüm kümelerine çok hızlı bir şekilde ulaşılabilir. Enerjini bu kadar önemli olduğu günümüzde bu uygulama yardımıyla ülkemizin tüm dağıtım sistemlerinde kapasite yerleşimlerinin en iyilenmesi ile giriş bölümünde verilmiş olan %19 luk kayıp diliminde azalmalar elde edilebilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] **J.J Grainger ve T. J. Kendrew.** (1989). Evaluation of Technical Losses on Distribution System. *10th International Conference Electric Distribution Systems, Brighton 1989.*
- [2] **T. Gönen.** (2011). Electrical Power Transmission System Engineering: Analysis and Design, *CRC Press 2011.*
- [3] **H. N. Ng, M. M. A. Salama ve A. Y. Chikhani.** (2000). Classification of capacitor allocation techniques. *IEEE Transactions on Power Delivery, volume 15, pp.387–392, Jan. 2000.*
- [4] **N. M. Neagle ve D. R. Samson.** (1956). Loss reduction from capacitors installed on primary feeders. *AIEE Transactions, vol. 75, pp. 950–959, Oct. 1956.*
- [5] **R. F. Cook.** (1959). Analysis of capacitor application as affected by load cycle. *AIEE Transactions, vol. 78, pp. 950–957, Oct. 1959.*
- [6] **R. F. Cook.** (1961). Optimizing the application of shunt capacitors for reactive-voltampere control and loss reduction. *AIEE Transactions, vol. 80, pp. 430–444, Aug. 1961.*
- [7] **J. V. Schmill.** (1965). Optimum size and location of shunt capacitors on distribution feeders. *IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 84, no. 9, pp. 825–832, Sept. 1965.*
- [8] **N. E. Chang.** (1969). Locating shunt capacitors on primary feeder for voltage control and loss reduction. *IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 88, no. 10, pp. 1574–1577, Oct. 1969.*
- [9] **N. E. Chang.** (1969). Generalized equations on loss reduction with shunt capacitors. *IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 91, pp. 1574–1577, 1969.*
- [10] **Y. G. Bae.** (1978). Analytical method of capacitor allocation on distribution primary feeders. *IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 97, no. 11, pp. 1232–1238, July/Aug. 1978.*
- [11] **H. Duran.** (1968). Optimum number, location, and size of shunt capacitors in radial distribution feeders, A dynamic programming approach. *IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 87, no. 9, pp. 1769–1774, Sept. 1968.*
- [12] **T. H. Fawzi, S. M. El-Sobki ve M. A. Abdel-Halim.** (1983). New approach for the application of shunt capacitors to the primary distribution feeders. *IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 102, no. 1, pp. 10–13, Jan. 1983.*

- [13] **M. Ponnavaikko ve K. S. Prakasa Rao.** (1983). Optimal choice of fixed and switched shunt capacitors on radial distributors by the method of local variations. *IEEE Trans. Power Apparatus and Systems*, vol. 102, no. 6, pp. 1607–1615, June 1983.
- [14] **M. E. Baran ve F. F.Wu.** (1989). Optimal capacitor placement on radial distribution systems. *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 4, no. 1, pp. 725–734, Jan. 1989.
- [15] **S.Civanlar, J.J Grainger, H.Yin ve S.S.H. Lee.** (1988). Distribution System Feeder Reconfiguration For Loss Reduction. *IEEE Transactions on Power Delivery*, volume 3,no. 3, July 1988.
- [16] **T. S. Abdel-Salam, A. Y. Chikhani ve R. Hackam.** (1994). A new technique for loss reduction using compensating capacitors applied to distribution systems with varying load condition. *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 9, no. 2, pp. 819–827, Apr. 1994.
- [17] **S. Sundhrarajan.** (1994). Optimal selection of capacitors for radial distribution systems using a genetic algorithm. *IEEE Trans, on PS, Vol. 9, No. 3, August 1994*, pp. 1499-1507.
- [18] **K. Man Miu.** (1997). Capacitor Placement, Replacement and control in Large-scale distribution systems by a GA-based two-state algorithm. *IEEE Trans, on PS, Vol. 12, No. 3, August 1997*, pp. 1160-1166.
- [19] **M. Kalantari ve A. Kazemi.** (2011). Placement of Distributed Generation unit and Capacitor Allocation in Distribution Systems using Genetic Algorithm. *IEEE 2011*.
- [20] **K. Ellithy, A. Al-Hinai ve A. Moosa.** (2008). Optimal Shunt Capacitor Allocaton in Distribution Networks Using Genetic Algorithm- Practical Case Study. *International Journal of Innovations in Energy Systems and Power, Vol. 3, no. 1 April 2008*.
- [21] **Elektrik Elektronik Teknolojisi Kompanzasyon Sistemi.** (2007). *Megep*. Alındığı tarih: 15.04.2015. adres: http://mebk12.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/09/11/127453/dosyalar/2014_09/09121646_kompanzasyonsistemi.pdf
- [22] **Url-1** <https://www.nema.org/Policy/Energy/Smartgrid/Documents/VoltVAR-Optimization-Improves%20Grid-Efficiency.pdf>, alındığı tarih: 18.04.2015
- [23] **K. Abdul-Rahman.** (2012). Voltage Control and Reactive Power Dispatch in California ISO Markets. *FERC Workshop: 2nd Annual Meeting of the ISOs on Future Market, April 25, 2012*.
- [24] **T. J. E. Miller.** (1982). Reactive Power Control in Electrical Systems. *John Wiley & Sons, New York, 381p 1982*.

- [25] **K. Abacı.** (2007). Gerilim Kararlılığı İyileştiricilerinin Catalaşma ve Kaotik Analizleri. *Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, 2007.*
- [26] **J. Machowski, J. W. Bialek ve Bumby J.R.** (1997). Power System Dynamics and Stability. *John Wiley & Sons England, 1997.*
- [27] **T. Tozar.** (2001). Elektrik Enerji Sistemlerinde FACTS Kontrolörlerinin Kullanımıyla Kayıp Azaltılması. *Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2001.*
- [28] **Ö. Akgün** (2006). Statik VAR Kompanzator ve Tristör Kontrollü Reaktör Tasarımı. *Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde Üniversitesi, 2006.*
- [29] **H. B. Mutluer.** (2008). Design, Implementation And Engineering Aspects of TCR for Industrial SVC Systems. *Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 2008.*
- [30] **M. Kıyan.** (2010). Tristor Denetimli Reaktörlü Alçak Gerilim Tepkin Güç Kompanzasyonunun Gerçekleştirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hacettepe Üniversitesi, 2010.*
- [31] **A. Kalyuzhny, B. Reshef, A. Weiler ve D. Elmakis.** (1996). Medium Voltage Reactive Power Compensation For Israel Electric System'' *IEEE, p 311-315, 1996.*
- [32] **D.E. Goldberg.** (1989). Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning. *Addison –Wesley Longman, 1989.*
- [33] **M. Çelebi.** (2011). Genetik Algoritma Tabanlı Optimal Adaptif Fuzzy PID Kontrolcü Tasarımı'' *Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2011.*
- [34] **P. Mazumder, E.M. Runick.** (1999). Genetic Algorithm For VLSI Design Layout Test Otomation. *Prentice Hall PTR, 1999.*
- [35] **Z. Michalewicz.** (1999). Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs. *Springer, Verlag Berlin Heidelberg, New York, 1999.*
- [36] **A. Öztürk, P. Erdoğmuş ve M.A. Yalçın.** (2006). Genetik Algoritma ile Elektrik Güç Sistemlerinin Kritik Değerlerinin Değişik Çalışma Koşulları İçin Bulunması. *Conference for Computer Aided Engineering and System Modeling, 11 th FİGES Users Conference, ISBN 875-98408-2-0, Turkey, 2006.*
- [37] **S. Venkatraman, G.G. Yen.** (2005). A Generic Framework for Constrained Optimization Using Genetic Algorithms. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation Vol.9, No.4, pp.424-435, 2005.*

- [38] **Ö. Yeniay.** (2005). Penalty Function Methods for Constrained Optimization with Genetic Algorithms. *Mathematical and Computational Applications*, Vol.10, No.1, pp. 45-56, 2005.
- [39] **K.F. Man, K.S. Tang ve S. Kwong.** (1996). Genetic Algorithms: Concepts and Applications. *IEEE Trans on Endustrial Electronics*, Vol.43, No.5, 1996.
- [40] **H. Çivril.** (2009). Hemsire Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritma ile Çözümü. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi*, 2009.
- [41] **O. Engin.** (2001). Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritmalar İle Çözüm Performansının Artırılmasında Parametre Optimizasyonu” *Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*, 2001.
- [42] **N. Srinivas, K. Deg.** (1994). Multiobjective Optimization Using Nondominated Sorting in Genetic Algorithms”, *Evol. Comput.*, Vol.2, No.3, pp. 221-248, 1994.
- [43] **L. Davis.** (1991). Handbook of Genetic Algorithms”. *Van Nostrand Reinhold*, New York, 1991.
- [44] **V. Topuz.** (2002). Bulanık Genetik Proses Kontrolü. *Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Marmara Üniversitesi, İstanbul*, 2002.
- [45] **R. C. Dugan.** (2013). Reference Guide The Open Distribution System Simulator™. *Electric Power Research Institute, Inc*, June 2013.
- [46] **R. C. Dugan.** (2009). Open Source Software for Open Source Software for Simulating Active Distribution Systems. *Prague, 8-11 June 2009*
- [47] **R. C. Dugan.** (2009). OpenDSS Introductory Training Level 1. *28 April 2009*.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Ervin GELGÜN

Doğum Yeri ve Tarihi: ARDİNO – 18.07.1988

Adres: BaęlarbaŐı Mah. 1. Halter Sk. No:5 Dr:3 Osmangazi / BURSA

E-Posta: ervin_gelgun@hotmail.com

Lisans: Elektrik Mühendisi – Kocaeli Üniversitesi