

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**380 VE 154 KV'LUK KUZEYBATI ANADOLU  
ŞEBEKESİ GÜÇ AKIŞI BENZETİMLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Elek.Müh. Nihat PAMUK**

**Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜH.**

**Enstitü Bilim Dalı : ELEKTRİK**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Yılmaz UYAROĞLU**

**Ocak 2009**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ


380 VE 154 KV'LUK KUZEYBATI ANADOLU  
ŞEBEKESİ GÜÇ AKIŞI BENZETİMLERİ

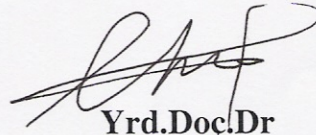
YÜKSEK LİSANS TEZİ

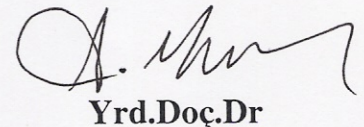
Elek.Müh. Nihat PAMUK

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK-ELEKTRONİK  
MÜHENDİSLİĞİ  
Enstitü Bilim Dalı : ELEKTRİK

Bu tez 07 / 01 /2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

  
Yrd.Doç.Dr  
Yılmaz UYAROĞLU  
Jüri Başkanı

  
Yrd.Doç.Dr  
İhsan PEHLİVAN  
Üye

  
Yrd.Doç.Dr  
Ahmet ZENGİN  
Üye

## ÖNSÖZ

Elektrik enerjisinin günümüzde tüm alanlarda kullanılması ve yaşam standardını arttıran hususlardan biri olması, güç sistemi planlanmasının önemini arttırmaktadır. Kesintisiz, kaliteli ve güvenilir enerjinin sosyal ve ekonomik yönden önemi yanında, enerji harcamaları büyük yatırımlar gerektirir. Yatırım harcamalarının fazla olması ve tesis edilmesinin uzun sürmesi, seçilecek ekipmanların uzun süre kullanılacak olması güç sistemi planlanmasının önemini arttırmaktadır.

Güç sistemi planlanmasındaki amaç, tüketim tesislerine sabit gerilimde, sabit frekansta ve sürekli enerji sağlamak olduğundan, güç sistemi planlamasına tüketimlerin gelişimi dikkate alınarak başlanır. Gerekli olan tüm planlama aktiviteleri (üretim planlaması, iletim planlaması) tüketimin gelişimi yönünde yapılır.

Bu tez çalışmasında, kuzeybatı anadolu şebekesinin güç akışı analizi yapılarak güç sistemi planlanması incelenmiştir. Çalışmalarım boyunca beni destekleyen, bilgi ve birikimlerini paylaşan, tezin yazılması sırasında beni yönlendiren tez danışmanım değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Yılmaz UYAROĞLU'na, çalışmamda kullandığım verileri elde etmemde yardımlarını esirgemeyen çok değerli kuzeybatı anadolu yük tevzii çalışanlarına ve manevi katkılarını her zaman hissettiğim sevgili arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Son olarak her zaman benimle birlikte olduklarını bilmekten mutluluk duyduğum sevgili aileme en içten sevgi ve şükranlarımı sunarım.

**Nihat PAMUK**

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
ELEKTRİK ENERJİSİNİN ÖNEMİ.....	4
2.1. Elektrik Enerjisinin Uygulama Alanları.....	5
2.2. Elektrik Enerjisinin Kalitesi.....	6
2.3. Türkiyedeki Elektrik Enerjisinin Durumu.....	8
2.4. Türkiyedeki Elektrik Enerjisi Üretimi ve Tüketimi.....	9
2.5. Enerji İletim Sistemi Elemanlarının Genel Olarak Tanıtılması.....	11
2.5.1. İletken malzemeler.....	11
2.5.1.1. Çelik özlü alüminyum iletkenler.....	12
2.5.1.2. Demet iletkenler.....	14
2.5.2. Enerji iletim hatlarının ülkemizdeki uygulamaları.....	14
2.5.2.1. İletim hatlarında çaprazlama.....	15
2.5.3. Koruma telleri.....	15
2.5.4. İzolatörler.....	16
2.6.İletim Hat Parametreleri.....	17

2.7.Per-Unit Değerler.....	17
2.7.1. Tek fazlı şebekelerde per-unit değerlerin hesaplanması.....	19
2.7.2. Üç fazlı şebekelerde per-unit değerlerin hesaplanması.....	20
<b>BÖLÜM 3.</b>	
<b>YÜK AKIŞI VE KISITLILIK ANALİZLERİ.....</b>	<b>22</b>
3.1.Yük Akışı Analizi.....	23
3.1.1. Bara tipleri.....	23
3.1.2. Düğüm denklemi.....	24
3.1.3. İterasyon metotları.....	25
3.1.3.1. Gauss seidel metodu.....	25
3.1.3.2. Newton raphson metodu.....	29
3.1.3.3. Decoupled,fast decoupled newton raphson metodu....	31
3.2.Yük AkışıAnalizindeKullanılanİterasyon Metotlarını Karşılaştırma	34
3.3.Yük Akışı Analizlerinin Kullanıldığı Alanlar.....	35
3.4.Yük Akışı Analizinde Kullanılacak Program ve ÇözümYöntemleri	36
<b>BÖLÜM 4.</b>	
<b>ENTERKONNEKTE SİSTEMİN GELİŞİMİ.....</b>	<b>37</b>
4.1. Kuzeybatı Anadolu Şebekesinin Tanıtılması.....	38
4.2. Kuzeybatı Anadolu Şebekesinin Görevleri.....	47
4.3.Tüketim İhtiyacına Göre Elektrik Üretimi ve İletimininSağlanması	47
4.3.1. Enerji üretimi.....	47
4.3.2. Enerji iletimi.....	47
4.4. Sistem Gerilim ve Frekansının Belirli Sınırlar İçinde Tutulması.....	48
4.4.1. Gerilimin belirli sınırlar içerisinde tutulması.....	48
4.5. Enterkonnekte Sistemde Frekans Kontrolü.....	50
4.5.1. Şebeke davranışı.....	50
4.5.2. Hız regülatörleri.....	52
4.5.2.1. Astatik karakteristikli regülatör.....	52
4.5.2.2. Statik karakteristikli regülatör.....	52
4.6. Yük Atma.....	53

## BÖLÜM 5.

YÜK İLETİMİNDE VE DAĞITIMINDA BİR AÇIK KAYNAK UYGULAMA PROGRAMI PSAT.....	56
5.1. Güç Akışı Analizinde Kullanılacak olan Psat Programının Tanıtılması	57
5.2. Psat Programındaki Veri Kategorilerinin Tanımlanması.....	65
5.2.1. Bara verileri.....	65
5.2.2. Yük verileri.....	65
5.2.3. Jeneratör verileri.....	65
5.2.4. Slack Bara verileri.....	66
5.2.5. Hat verileri.....	66
5.2.6. Kesici verileri.....	67
5.2.7. Ototrafo verileri.....	67
5.3. Psat Yazılımında Kullanılan Yük Akışı Metotları.....	67
5.4. Kuzeybatı Anadolu Şebekesinin Sisteme Uyarlanması.....	68

## BÖLÜM 6.

KUZEYBATI ANADOLU ŞEBEKESİNİN YÜK AKIŞI VE KISITLILIK ANALİZİ.....	70
6.1. Yükler.....	70
6.2. Kapasitörler.....	70
6.3. Üretimler.....	70
6.4. 2008 Yılı Kuzeybatı Anadolu Şebekesinin Yük Akışı.....	71
6.5. 2008 Yılı Kuzeybatı Anadolu Şebekesi Kısıtlılık Analizi.....	71

## BÖLÜM 7.

SONUÇLAR.....	73
7.1. Kuzeybatı Anadolu Şebekesi Yük Akışı ve Kısıtlılık Analizi Sonucu	73

## BÖLÜM 8.

ÖNERİLER .....	79
EKLER.....	82
KAYNAKLAR .....	94
ÖZGEÇMİŞ.....	97

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

V	: Gerilim
I	: Akım
$Y_{\text{bara}}$	: Bara Admitans Matrisi
$Z_{\text{bara}}$	: Bara Empedans Matrisi
$\delta$	: Gerilim Açısı Değeri
J	: Jakobian Matris
R	: Reaktans
L	: Endüktans
$\cos\Phi$	: Güç Faktörü
$\Phi$	: Faz Açısı
B	: Suseptans
P	: Aktif Güç
Q	: Reaktif Güç
S	: Görünür Güç
F	: Frekans
P.u.	: Per-Unit Değer
$C_v$	: Yakınsama Katsayısı
DGKÇS	: Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali
EİH	: Enerji İletim Hattı
TM	: Transformatör Merkezi
ACSR	: Alüminium-Conductor Steel Reinforced
MATLAB	: Matrix Laboratory
GUI	: Graphical User Interface
PSAT	: Power System Analysis Toolbox
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Tüketici bölgesinin örnek bir günlük yük eğrisi.....	10
Şekil 2.2.	Çelik-alüminyum iletkenin kesiti.....	13
Şekil 2.3.	İletim hatlarında çaprazlama.....	15
Şekil 4.1.	Yük artışı sırasında frekansa göre üretim-tüketim eğrisi.....	51
Şekil 4.2.	Üretim-tüketim ve frekansın zamana bağlı olarak değişimi.....	51
Şekil 4.3.	Astatik karakteristikli regülatör.....	52
Şekil 4.4.	Statik karakteristikli regülatör.....	53
Şekil 4.5.	Düşük frekansta yük atma.....	54
Şekil 5.1.	Matlab programının çalıştırılması.....	57
Şekil 5.2.	Komut satırına psat yazılması.....	58
Şekil 5.3.	Psat programının açılışı.....	58
Şekil 5.4.	Psat programının ekranı.....	59
Şekil 5.5.	Psat veri dosyasının yükleneceği ekran.....	59
Şekil 5.6.	M-file'da yazılan data dosyasının seçimi.....	60
Şekil 5.7.	Psat'a KBA'nın verilerini içeren klasörün yüklenmesi.....	60
Şekil 5.8.	KBA'nın yükleneceği psat ekranı.....	61
Şekil 5.9.	General Settings ekranı.....	61
Şekil 5.10.	Güç akışının olduğu analiz ekranı.....	62
Şekil 5.11.	Güç akışı sonucunda yapılan iterasyonları gösteren analiz ekranı.....	62
Şekil 5.12.	Psat programı tarafından oluşturulan özet rapor.....	63
Şekil 5.13.	Raporun analiz sonucu bara gerilimlerini gösteren bir bölümü.....	64
Şekil 5.14.	Raporun analiz sonucu yük akışlarını gösteren bir bölümü.....	64
Şekil 7.1.	Bara gerilimlerinin değerleri.....	75
Şekil 7.2.	Bara gerilimlerinin p.u. değerleri.....	75
Şekil 7.3.	Bara gerilimlerinin açıları (radyan cinsinden).....	75
Şekil 7.4.	Bara gerilimlerinin açıları (derece cinsinden).....	75



Şekil 7.5.	İstasyonların aktif gücü.....	76
Şekil 7.6.	İstasyonların aktif gücü (p.u.cinsinden).....	76
Şekil 7.7.	İstasyonların reaktif gücü.....	76
Şekil 7.8.	İstasyonların reaktif gücü (p.u.cinsinden).....	76

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1.	Türkiye’de 1973-2008 yılları arasındaki kurulu güç durumu.....	8
Tablo 2.2.	Çelik-alüminyum (ACSR) iletkenlerin özellikleri.....	13
Tablo 4.1.	Kuzeybatı anadolu şebekesindeki 380 ve 154 kv’luk enerji iletim hatlarının bara kodları ve isimleri.....	39
Tablo 4.2.	Kuzeybatı anadolu şebekesindeki enerji iletim hatlarının 154 kv 100 MVA bazdaki empedansları.....	40
Tablo 4.3.	15.12.2008’deki kuzeybatı anadolu şebekesinin sorumluluğunda bulunan istasyonlardaki yük durumları ve açıları.....	44
Tablo 4.4.	Kuzeybatı anadolu şebekesinin sorumluluğunda bulunan üretim santralleri ve üretim değerleri.....	46
Tablo 6.1.	Kuzeybatı anadolu şebekesinin 2008 yılı kısıtlılık analizi özeti....	72
Tablo 7.1.	Psat değerleri ile gerçek sistem değerlerinin karşılaştırılması.....	74

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Güç Sistemleri, Yük akışı, Kısıtlılık analizi

Bu çalışmada Türkiye'deki 380 ve 154 Kv'luk enerji iletim hatlarıyla birbirine bağlı, 18 üretim ve 96 yük barasından oluşan 114 baralı enterkonnekte kuzeybatı anadolu güç şebekesi ele alınarak, kurulacak yeni sistemlerin planlanması amacıyla güç akışı ve kısıtlılık analizi yapılmıştır.

Bütün bu çalışmalarda MATLAB'da geliştirilen PSAT programı kullanılmıştır. MATLAB'daki PSAT programında grafiksel kullanıcı arayüzü (GUI) kullanılarak farklı güç sistemleri için güç akışı analizleri yapılabilmektedir. PSAT programında Newton-Raphson iterasyon metodu kullanılarak yük akışı ve kısıtlılık analizleri yapılmıştır. Analizlerin sonucuna göre ilave transformatörler, iletim hatları ve elektrik üretim üniteleri belirlenmiştir.

# **POWER FLOW SIMULATIONS OF 380 AND 154 KV POWER SYSTEMS IN NORTHWEST ANATOLIA**

## **SUMMARY**

**Key Words:** Power Systems, Load Flow, Contingency Analysis

In this thesis the power flow and contingency analysis are made, based on Turkey's interconnected northwest anatolia power system which consists of 18 generation and 96 load bus totaling 114 bus connected each other with 380 and 154 Kv energy transmission lines, to plan next generation new power systems.

All these studies are implemented using PSAT program in MATLAB. PSAT program due to the graphical user interface (GUI) the written program can be used power flow analysis for different power systems. Load flow and contingency analysis are made by using Newton Raphson iterative method in PSAT program. As a result of studies additional transformers, transmission lines and electricity production units are determined.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Kullanım kolaylığı, istenildiğinde diğer enerji türlerine dönüştürülebilmesi ve günlük hayattaki yaygın kullanımı nedeniyle, elektrik enerjisi tüketimi yıldan yıla artmış ve bugün elektrik enerjisinin tüketimi ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin en önemli göstergelerinden biri olmuştur. Bu artan talebi en uygun şekilde karşılayabilmenin yolu, ileriye dönük planların önceden yapılması ile mümkündür [1]. Bu nedenle elektrik enerji sistemlerinde güç akışı analizini uygulamanın önemi artmıştır.

Güç akışı yöntemi ile sistemin en uygun çalışma noktaları belirlenir, bu çözümden salınım barası haricindeki tüm bara gerilimlerinin genlikleri ve açıları bulunmaktadır. Daha sonra, sistemdeki hatlardan iletilen, aktif ve reaktif güçler ve hatlardaki kayıplar hesaplanmaktadır. Optimal güç akışı analizi, üretim birimlerinin sistemin maliyetini minimuma indirebilecek şekilde yüklenmesini ve aynı zamanda tüm bara gerilimlerinin genlikleri ve açılarını, reaktif güçlerini hesaplar [1].

Güç sisteminin tasarımı ve işletilmesi oldukça karmaşık bir problemdir [1]. Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler sonucunda güç sistemlerinin, oluşturulan yazılımlarla benzetimi yapılmaktadır. Güç akışı analizi ile ilgili olarak yapılan başlıca çalışmalar şunlardır :

1. 1963 yılında Brown H.E, G.K.Carter, H.H.Happ ve C.E.Peterson tarafından, empedans matrisi öteleme yöntemiyle güç akışı çözümleri yapılmıştır [1].
2. 1967 yılında, Tinney W.F. ve C.E.Hart tarafından yapılan çalışmada daha önce yapılan güç akışı çözümlerine alternatif olarak daha az ötelemede sonuca yakınsayan Newton yöntemi ve bu yöntemin çözümüne yer verilmiştir [1].
3. 1968 yılında Hermann ve Tinney tarafından yapılan çalışmada, optimal güç akışı çözüm yöntemlerine değinilmiş gradient yöntemiyle problemlerin çözümüne yer verilmiştir [2].

4. 1972 yılında Stoot B. tarafından, ayrıştırılmış Newton güç akışı uygulaması yapılmıştır.
5. 1974 yılında Stoot B. ve O.Olsacc tarafından, hızlı ayrıştırılmış güç akışı analiziyle ilgili çözümler anlatılmıştır.
6. 1974 yılında Rashed ve Kelly tarafından yapılan çalışmada, lagrange çarpanları, hessian ve jacobian matrisleri ile geliştirilen algoritmaya yer verilmiştir [3].
7. 1977 yılında Happ tarafından yapılan çalışmada, klasik ekonomik dağıtım yöntemi ve optimal ekonomik dağıtım yöntemleri karşılaştırılmıştır [4].
8. 1982 yılında R.C.Burchett, H.H.Happ, D.R.Viearath ve K.A.Wirgau tarafından yapılan çalışmada optimal dağıtım için, güç akışı yönteminin uygulanmasına yer verilmiştir [5].
9. 1984 yılında D.I.Sun, B.Ashley, B.Brewer, A.Hughes ve W.F.Tinney tarafından yapılan çalışmada Kuhn Tucker optimallik şartları kullanılarak geliştirilen Newton yöntemiyle optimal güç akışı problemlerinin çözümüne yer verilmiştir [6].
10. 1990 yılında Alsac, J.Bright, M.Prais ve B.Stott tarafından yapılan çalışmada, optimal güç akışı problemlerinin çözümüne alternatif olarak, doğrusal olmayan bu problemler doğrusallaştırılmasıyla ilgili çalışmalara yer verilmiştir [7].
11. 1993 yılında Y.Wu, A.S.Debs ve R.E.Marsten tarafından yapılan çalışmada, güç akışı problemlerinin iç nokta yöntemiyle çözümüne yer verilmiştir [8].
12. 2003 yılında Lukman ve Blackburn tarafından yapılan çalışmada, güç sistemlerinde kayıpların minimuma indirilmesiyle ilgili çalışmalara yer verilmiştir [9].
13. 2007 yılında Zhiqiang Y., Zhijian H., Shuanven K., tarafından yapılan çalışmada, istatikselsel çözümleri kullanarak, ekonomik dağıtım ve güç akışı problemlerinin çözümüne yer verilmiştir [10].

Bu çalışmada, Türkiye'nin Kuzeybatı Anadolu Şebekesi'ndeki 380 ve 154 Kv'luk enerji iletim hatlarından meydana gelen 114 baralı enterkonnekte sistem ele alınmıştır. Bu sistemde kurulabilecek yeni iletim hatlarının, ilave transformatörlerin ve üretim ünitelerinin planlanması amacıyla, kısıtlılık ve güç akışı analizi yapılmıştır. Analizin yapıldığı iterasyon metotları karşılaştırılmış, elde edilen analiz sonuçlarına

göre, arıza esnasında sistemde yapılması gerekenler incelenerek alternatif çözüm yolları geliştirilmiştir.

Bütün bu çalışmalar, MATLAB'ın PSAT (Power System Analysis Toolbox) yazılımıyla gerçekleştirilmiştir. Bu yazılım, grafiksel kullanıcı arayüzü (GUIs) kullanılarak farklı güç sistemleri içinde güç akışı, analizleri yapabilmektedir.

Bu tez çalışması, toplam sekiz bölüm ve iki ekten oluşmaktadır.

Birinci bölümde; tezin konusu genel olarak tanıtılmış, konu ile ilgili olarak yapılan birçok çalışmanın literatür özeti sunularak tezin içeriği verilmiştir. İkinci bölümde; elektrik enerjisinin önemi, uygulama alanları ve kalitesi üzerinde durulmuş, Türkiye'deki elektrik enerjisinin üretim ve tüketim değerleri verilerek yük eğrisi elde edilmiştir. Ayrıca iletim sistemi elemanları genel olarak tanıtılmış ve per-unit sistemler açıklanmıştır. Üçüncü bölümde; yük akışı ve kısıtlılık analizi anlatılmış, yük akışında kullanılan iterasyon metotları verilerek, birbirlerine göre üstünlükleri karşılaştırılmıştır. Dördüncü bölümde; enterkonnekte sistemin gelişimi üzerinde durulmuş, kuzeybatı anadolu şebekesi tanıtılarak gerilim ve frekansın nasıl belirli sınırlar içerisinde tutulduğu anlatılmıştır. Beşinci bölümde; güç akışı benzetiminde kullanılan psat programı tanıtılarak, psat programında kullanılan kuzeybatı anadolu şebekesi verilerinin programa nasıl uyarlandığı açıklanmıştır. Altıncı bölümde; kuzeybatı anadolu şebekesinin yük akışı ve kısıtlılık analizi yapılmıştır. Yedinci bölümde; iletim sistemlerinde yük akışı ve kısıtlılık analizi yapmanın faydaları anlatılarak, yapılan benzetimin gerçek sistem ile karşılaştırılması verilmiştir. Sekizinci bölümde; güç akışı ve kısıtlılık analizine göre sistemde yapılması gereken planlamalar önerilmiştir. Ek bölümünde ise; kuzeybatı anadolu şebekesinin tek hat şeması ve psat ortamındaki analiz sonuçları verilmiştir.

## **BÖLÜM 2. ELEKTRİK ENERJİSİNİN ÖNEMİ**

Elektrik enerjisi bugünkü sosyal ve ekonomik yaşamın en başta gelen temel gereksinimlerinden biridir. Gelişen teknoloji, yükselen yaşam düzeyi ve artan nüfusla birlikte bu enerjiye olan gereksinme her geçen gün büyük ölçüde artmaktadır. Bu önemli talebin istenen miktar ve kalitede, ekonomik olarak karşılanabilmesi için yapılan/yapılacak faaliyetler ekonomik sorunların yanında çevresel etkiler de oluşturmaktadır. Ancak üretim, iletim ve dağıtım tesislerinin kurulması, işletilmesi, kumandası, izlenmesi ve kontrol edilmesindeki kolaylıkların yanında temiz oluşu ve istenen enerji şekline istenen yerde, istenilen miktarda dönüştürülebilir olması nedeniyle her zaman tercih edilir olmuştur ve rahatlıkla söylenebilir ki gelecekte de tercih edilir olacaktır. Bu özelliklerinin yanında bu enerjiden faydalanmak için geliştirilen/üretilen elektrikli makine, alet ve cihazların ucuz, işletilmelerinin kolay ve pratik olması da elektrik enerjisinin önemini bir kat daha arttırmıştır.

Bir ülkenin sosyal ve ekonomik olarak kalkınmasında en önemli destek unsurlarından birisi hiç şüphesiz elektrik enerjisidir. Gelişen ülkelerin sosyal ve ekonomik kalkınmasında bu enerji çeşidinin katkısı çok büyük olmuştur. Bu ülkeler gelişmişliklerini, kaynaklarını verimli ve doğru kullanarak ürettikleri bol ve ucuz elektrik enerjisinden faydalanmalarına borçludurlar.

Elektrik enerjisi, özellikle kömür, petrol, doğal gaz, hidrolik ve nükleer enerji kaynaklarından, az miktarlarda rüzgar, atıklardan, güneş ve denizlerdeki dalgalardan yararlanılarak üç fazlı akım şeklinde üretilmektedir.

Enerji kaynaklarının çok önemli bir kısmı doğası gereği yerleşim alanlarına ya da tüketim merkezlerine uzakta olup, önemli bir kısmı da çevresel etkilerden dolayı daha ziyade yerleşim alanlarından uzakta tesis edilmektedir. Daha sonra tüketim merkezlerine ekonomik bir gerilimle iletilmekte, daha düşük gerilimlere



dönüştürülerek dağıtmakta ve ihtiyaca göre diğer enerji şekillerine çevrilerek çok yönlü amaçlar için kullanılmaktadır.

Ülkemiz çok zengin olmamakla birlikte diğer enerji kaynaklarına oranla önemli linyit yataklarına ve hidrolik potansiyele sahiptir. Bu kaynakların tam olarak faaliyete geçirilmesi için büyük yatırımlara ve süreye ihtiyaç vardır. Son yıllarda tesis ve işletmesinin kolay, yakıtının ise nispeten ucuz olması dolayısıyla ithal kaynaklardan yararlanarak doğal gaz çevrim santralleri kurulmuştur. Bu tesisler daha ziyade ülkemizdeki liberizasyon atmosferine uygun olarak yap-işlet, yap-işlet-devret modelleriyle özel teşebbüs tarafından kurulmaktadır. Ülkemizin gelecekte daha fazla enerjiye ihtiyaç duyacağı göz önünde bulundurularak mevcut doğal kaynakların kısa sürede faaliyete geçirilmesi gerekir.

### **2.1. Elektrik Enerjisinin Uygulama Alanları**

Elektrik enerjisi, üretim, iletim ve dağıtım tesislerinde kullanılan teçhizatın yapım tekniklerindeki gelişmeler, kumanda, kontrol ve ölçüm sistemlerindeki yenilikler sayesinde çok daha kullanışlı hale gelmiştir. Elektrik enerjisi sayesinde ülkemizin halen işletmede olan kaynaklarından, ülkemizin her tarafındaki tüketiciler ekonomik olarak çok uygun şekilde istifade edebilmektedirler. Sanayinin bilim ve teknolojinin gelişiminde bugünkü uygarlık düzeyinin kurulmasında elektrik enerjisinin büyük katkısı olmuştur.

Elektrik enerjisi günlük hayata ilk girdiği şekliyle, sadece aydınlatma aracı olarak kalmamış, başta tahrik sistemlerinde olmak üzere sosyal ve ekonomik hayatın her alanında uygulama bulmuştur. Sanayide verimli iş makinelerinin, kumanda ve kontrol sistemlerinin de kullanılmasıyla daha çok üretim daha ucuza mal edilir hale gelmiştir. Bilgisayar ve haberleşme teknikleriyle üretilen mal ve hizmetler daha rekabetçi ortamda hem ülke içinde, hem de ülke dışında rahatlıkla pazarlanır hale gelmiştir.

Elektrik enerjisi sanayiden başka, bilimde, tarımda, tıpta, elektronikte, basım-yayımda haberleşme hizmetlerinde, bilgisayar teknolojilerinde, askeri alanlarda, atölyelerde,

resmi ve özel binalarda, ticarete, meskenlerde, turistik yerlerde, ulaşımda, eğlencede, özet olarak bugünkü sosyal ve ekonomik yaşamın her sahasında çok çeşitli uygulama alanları bulmuştur.

Bilindiği gibi elektrik, güneşten sonra çevremizi aydınlatan başlıca aydınlatma aracıdır. Elektrikli aydınlatmanın günümüzde önemi büyüktür. Göz sağlığı, iş emniyetinin sağlanması, iş veriminin artırılması, güvenliğin devamı, trafiğin düzenlenmesi gibi hususlarda elektrikli aydınlatma büyük önem kazanır. Fizyolojik aydınlatmanın yanında, dekoratif aydınlatma ile göz zevki geliştirilmiş, güzelliklerimiz, buna tarihi ve turistik eserlerimiz de dahil olmak üzere daha hoş sunuma ulaşarak, daha etkileyici olmuştur. Reklam aydınlatmasıyla ticari ürünler daha çok alıcı bulmuştur.

Elektriğin uygulama alanlarından biri de ulaşımdır. Demiryolları, banliyö ve metrolar hem enerjinin temiz, hem de tesis, işletme, bakım ve kontrol özelliklerinden dolayı elektrik enerjisinden çok büyük oranda yararlanmaktadır. Elektrik enerjisi kırsal kesimde başta sulama, hayvancılık, süt ve ürünlerinin işlenmesi, soğuk hava depolarının yapılması ile meyvecilikte yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Elektrik enerjisi bugün konutların değişmez ve en acil ihtiyaçlarından biri olmuş, hayatımızı büyük ölçüde kolaylaştırmıştır. Başlangıçta aydınlatmada kullanılan elektrik enerjisi artık hemen hemen her alanda kullanılmaya başlanmıştır.

## **2.2. Elektrik Enerjisinin Kalitesi**

Sosyal ve ekonomik hayatın vazgeçilmez bir parçası olan elektrik enerjisinin faydalı olabilmesi için tüketicilerin arzu ettiği kalitede sunulması gerekir. Bu maksatla üretim, iletim ve dağıtım tesislerinde gerekli tedbirler alınarak tüketicilerin güven duyabileceği ve standartların öngördüğü kalitede enerjiyi kullanıma hazır tutmak gerekir. Uygulamalarda elektrik enerjisi diğer girdilerden oldukça farklıdır. Üretim merkezi, tüketim merkezinden çok uzakta ve diğer üretim merkezleriyle paralel olarak bir şebekeyi besleyerek tüketim merkezlerine çok uzun havai hatlardan ve daha sonra çoğu kez yeraltı kablolarından ve birçok transformatörden geçtikten sonra ulaşır. Son yıllarda sisteme, özelleştirme faaliyetleri paralelinde bağlanan çok

sayıdaki farklı üretim tesisleri arasında gerekli koordinasyonu sağlamak, enerji kalitesi açısından daha büyük önem oluşturmuştur. Enerji kalitesinin tüketim noktasında istenen düzeyde güvence altına alınması kolay değildir ve standart dışı enerjinin ret ya da uzaklaştırılması da mümkün değildir.

Çok hassas tüketiciler için enerjinin kalitesi çok daha önemlidir. Enerji kalitesi hakkında sınırlı istatistik bilgiler mevcut olmakla birlikte, üretici tarafından kabul edilebilir bir kalite düzeyi, tüketicinin ihtiyaç duyduğundan veya istediğinden farklı olabilir. Çok sık karşılaşılan kalite problemleri birkaç saniyeden birkaç saate kadar devam edebilen elektrik kesilmeleri, gerilim düşümleri ve frekanstaki oynamalardır. Uzun süreli kesintiler doğal olarak bütün tüketicileri etkilemekte, kısa süreli kesintiler ise işletmenin özelliğine göre son derece olumsuz etkiler yaratabilmektedir.

Sürekli çalışan işletmelerde kısa süreli bir kesinti henüz ürüne dönüşmemiş önemli miktarda malzeme ve hammaddenin kullanılmayacak duruma gelerek hurdaya veya tekrar işlenmek üzere çeşitli depolara gönderilmesine neden olabilir. Örneğin petrol rafinerisinin bir ünitesinde çok kısa süreli bir kesintinin maliyeti iki milyon dolar civarında olup, tesisin tamamının devre dışı olması halinde bu maliyet dört milyon dolara kadar çıkmaktadır. Maddi kaybın yanında kontrolsüz bir duruş olduğundan yangın, patlama ve tehlikeli gazların çevreye yayılmasıyla hem maddi kaybın boyutu büyük ölçüde artacak hem de can güvenliği büyük ölçüde tehlikeye düşecektir. Çevreye verilecek zararlar da oldukça büyük olacaktır.

Çok aşamalı işletmelerde, pro세스 herhangi bir aşamasında meydana gelebilecek bir enerji kesintisi, önceki operasyonları geçersiz kılabilir. Bilgi işlem sistemlerinde proses maliyeti düşük buna mukabil yapılan işlemin değeri çok yüksektir. Bir ticari işlemin gerçekleştirilememesi operasyon maliyetinden çok daha fazla kayıplara neden olabilir.

Yukarıda örnekleri verilen kritik işletmelere çok sayıda ilave yapılabilir. Özellikle son yıllarda büyük ölçüde elektronik ortama kayan bankacılık hizmetleri, haberleşme sistemleri, bilgisayar ortamında yapılan her türlü faaliyetler sayılabilir. Bunların hemen hemen hepside son derece kaliteli enerjiyi talep etmektedirler. Kaliteli enerji

olarak “enerjinin her zaman kullanıma hazır, gerilim ve frekans değerleri standartların öngördüğü limitler dahilinde ve sinüs eğrisi şeklindeki dalga formuna sahip kaynak” anlaşılmalıdır. Mükemmellikten sapmanın hangi ölçüde ve kabul edilebilir limitler içinde olacağı kullanıcı uygulamalarına, tesis edilen cihaz ve sistemlere ve kullanıcının kendi ihtiyaçlarına olan bakış açısına bağlı olarak değişir. Elektrik enerjisini tüketiciler için olabildiğince sürekli kılmanın çok çeşitli yolları vardır. Yükün büyüklüğü, yeri, önemi ve kesintiye dayanabilme süresi alınacak tedbirlerin, yapılacak ilave yatırımların belirlenmesinde önemlidir. İşletmeler veya tüketiciler sistemdeki kesintilerden şebekenin başka bir noktasına yapacakları bağlantılarla daha az etkilenebilirler.

Sistemin her iki noktasının aynı anda etkilenme olasılığı düşüktür. Bir kesinti halinde ilave kaynak el ile veya otomatik olarak çok kısa sürede devreye girerek, tüketicileri besler. İşletmeler veya genel olarak tüketiciler sistemdeki kesintilerde devreye otomatik olarak girecek ve belirli bir süre için çalışacak çeşitli yakıtlarla çalışan jeneratörler tesis edebilirler. İşletmeler sistemdeki kalitesizliklerden çok etkileniyorsa bağımsız olarak kendi enerjilerini üretebilir, sistemle paralel çalışabilir ya da bir arıza halinde sisteme bağlanabilirler.

Sonuç olarak elektrik enerjisinde kalitenin garanti altına alınması, başlangıç aşamasında iyi bir tasarım, etkin ve uygun besleme kaynağı, cihaz seçimi, enerjiyi sunan kuruluşlarla sürekli işbirliği, sürekli kontrol ve dikkatli bakım gerektirmektedir

### 2.3. Türkiye’deki Elektrik Enerjisinin Durumu

1923 yılında kurulu güç 33 MW iken bugün 1265 kat artarak 41738MW’a ulaşmıştır. Tablo 2.1’de 1973-2008 yılları arasında santrallere göre kurulu güç durumu verilmiştir [11].

Tablo 2.1 Türkiye’de 1973-2008 Yılları Arasında Kurulu Güç Durumu

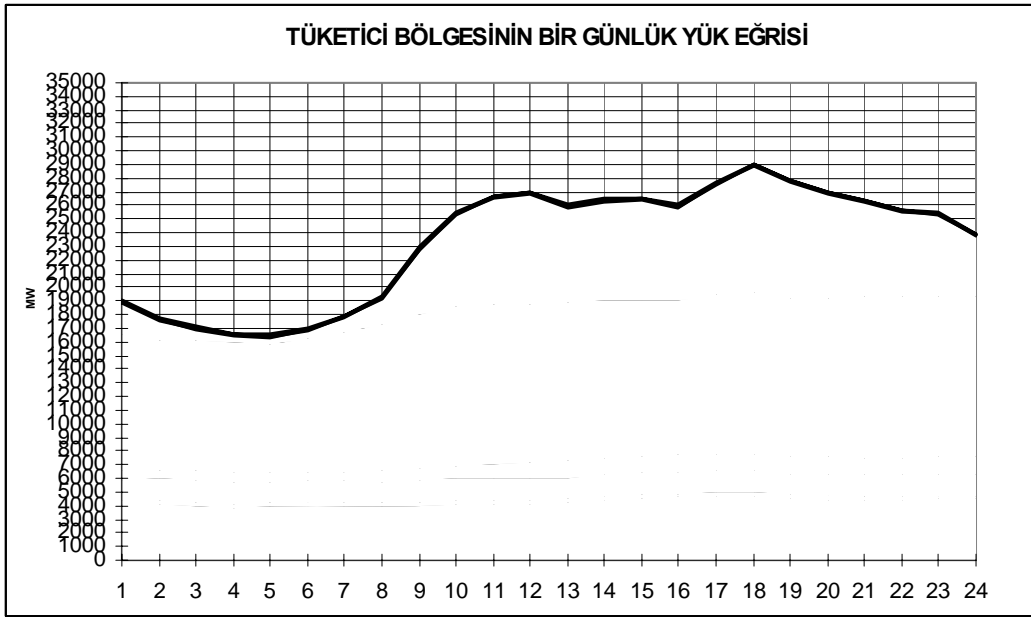
Yıl	Termik (MW)	Hidrolik (MW)	Jeo+Rüzgar (MW)	Toplam (MW)	Artış(%)
1973	2207,1	985,4	0	3192,5	17,7

1974	2282,9	1449,2	0	3732,1	16,9
1975	2407	1779,6	0	4186,6	12,2
1976	2491,6	1872,6	0	4364,2	4,2
1977	2854,6	1872,6	0	4727,2	8,3
1978	2987,9	1880,8	0	4868,7	3
1979	2987,9	2130,8	0	5118,7	5,1
1980	2987,9	2130,8	0	5118,7	0
1981	3181,3	2356,3	0	5537,6	8,2
1982	3556,3	3082,3	0	6638,6	19,9
1983	3695,8	3239,3	0	6935,1	4,5
1984	4584,3	3874,8	17,5	8459,1	22
1985	5244,3	3874,8	17,5	9119,1	7,8
1986	6235,2	3877,5	17,5	10112,7	10,9
1987	7489,3	5003,3	17,5	12492,6	23,5
1988	8299,8	6218,3	17,5	14518,1	16,2
1989	9208,4	6597,3	17,5	15805,7	8,9
1990	9550,8	6764,3	17,5	16315,1	3,2
1991	10092	7113,8	17,5	17206,6	5,5
1992	10334	8378,7	17,5	18713,6	8,8
1993	10653	9681,7	17,5	20335,1	8,7
1994	10992	9862,6	17,5	20857,3	2,6
1995	11089	9864,8	17,5	20951,8	0,5
1996	11312	9934,8	17,5	21246,9	1,4
1997	11786	10102	17,5	21889,4	3
1998	13021	10306	26,2	24189	6,7
1999	15555	10537	26,2	26119,3	11,8
2000	16052	11175	36,4	27264,1	4,4
2001	16623	11672	36,4	28332,4	3,9
2002	19385	12240	36,4	31845,8	11,2
2003	22809	12597	36,4	35587	11,1
2004	23603	12616	108,4	36327,4	10,2
2005	24101	12763	176,3	37040,3	10,2
2006	26403	12992	293,4	39688,4	10,7
2007	26997	13403	339,6	40739,6	10,3
2008	27559	13803	376,2	41738,2	10,2

## 2.4. Türkiye'deki Elektrik Enerjisi Üretimi ve Tüketimi

Üretimin planlanabilmesi için öncelikle tüketimin bilinmesi gerekmektedir. İhtiyaç belirlendikten sonra bu ihtiyacı karşılayacak üretim merkezleri kurulur.

Üretim merkezleri kurulurken tüketim merkezlerindeki ve nüfustaki artışın, tüketim merkezlerine olan uzaklığın, ham enerji kaynaklarına olan uzaklığın, arazinin, ekolojik ve topografik eğrilerinin v.b dikkate alınması gerekmektedir. Bir enerji tüketicisinin 24 saatlik değişimini veren eğriye günlük yük eğrisi denir [12].



Şekil 2.1 Tüketici Bölgesinin Örnek Bir Günlük Yük Eğrisi (19.08.2008)

Günlük yük eğrisi, santralin veya transformatör istasyonunun boyutlandırılmasına yardım eder. Günlük yük eğrisinin yıl boyunca çeşitli mevsimlerdeki şekli değişiktir. Günlük yük eğrileri yardımıyla düzenlenmiş günlük, aylık, mevsimlik, yıllık yük eğrileri çizilebilir. Düzenlenmiş yük eğrileri, yüklemenin zamana bağlı değerleri yerine, her yük durumunun 24 saat içinde sabit kaldığı süreyi gösterirler [13].

Yük eğrileri, her bir güç değerinin devam ettiği sürenin en büyük değerinden, en küçük değerine sürekli değişimi yerine merdiven eğrisi şeklinde gösterilir [14].

Elektrik enerjisi tüketen bir bölge göz önüne alınıp, bu bölgeye ait günlük yük eğrisi çizilirse günlük yük eğrilerinin hepsi farklı olur. Çünkü tüketiciler farklı miktarda enerji tüketmektedirler. Bu tüketicilerin günlük yük eğrilerinin hepsi toplanarak bir eğri çizilirse o bölgenin tüketici günlük yük eğrisi bulunur. Tüketici bölgenin çektiği maksimum güç puant güç olarak tanımlanır. Bölgenin ihtiyacında puant güç dikkate alınmaktadır.

Tüketicinin enerji gereksinimi hesaplandıktan sonra, tüketim bölgelerindeki puant güç dikkate alınarak üretim santrali kurulur. Santralin gücü en az tüketicinin puant

gücü iletim ve dağıtım kayıpları toplamına eşit olmalıdır. Santral kurulurken bu şart sağlanmazsa tüketiciye puant güçten daha az güç verilebilir [12].

## **2.5. Enerji İletim Sistemleri Elemanlarının Genel Olarak Tanıtılması**

Enerji iletim sistemlerindeki hava hattı elemanları genel olarak faz iletkenleri, koruma telleri ve izolatörlerden oluşmaktadır. 154 Kv 'luk enerji iletim hatlarında örgülü çelik özlü alüminyum iletkenler ve çelik koruma telleri kullanılmaktadır. Gerilim seviyesi ile çevre ve atmosferik koşullara bağlı olarak normal veya sis tipinde izolatörler kullanılır.

### **2.5.1. İletken malzemeler**

Enerji iletim hatlarında kullanılan iletkenlerin hem enerji iletimi hemde mekanik bakımdan uygun olarak seçilmesi gerekir. İletkenler, gerekli esnekliği sağlamak, askı noktalarında oluşan titreşimler nedeniyle zedelenmeleri, ayrıca iletken yorulmalarını ve kopmalarını önlemek amacıyla damarlı ve spiral sarılmış örgülü şekilde yapılırlar. Spiral şeklinde örgülü yapılmış iletkenlerde her bir damarın yüzeyinde meydana gelen kir ve oksit tabakası nedeniyle akım, damardan damara değil, spiral olarak sarılmış örgünün içinden akar. Bu bakımdan örgülü iletkenlerin elektriksel hat sabitlerinden direnç ve endüktansları, dolayısıyla endüktif reaktansları aynı kesit ve cinsteki iletkenlere nazaran daha büyüktür. Endüktans artışını azaltmak için damarlar birbirini izleyen katlarda ters yönde sarılmıştır. Örgülü iletkenlerde genel olarak ortada bir damar bulunur ve bu damarın etrafında diğer damarlar oluşturulur.

Hava hattı iletkenlerinde aranan başlıca özellik, iletkenliğin iyi ve çekme dayanımının büyük olmasıdır. Bu özelliklere en uygun malzeme, çekme dayanımı soğuk çekilerek artırılmış olan yarı sert bakırdır.

Soğuk çekme işlemi sırasında bakır iletkenin çekme dayanımının önemli ölçüde artmasına karşılık iletkenliğinde çok az azalma olur. Bakır pahalı ve ağır bir malzeme olduğundan, günümüzde hava hatlarında daha ucuz ve hafif bir malzeme olan alüminyum kullanılmaktadır.

Çelik-alüminyum iletkenlerde çekme dayanımını arttırmak için, ortasında galvanizli örgülü çelik tel veya tellerden öz bulunur. Böylece, çelik-alüminyum iletkenlerin çekme dayanımı %55 - %60 artmış olunur. Çelik-alüminyum iletkenlerde özü oluşturan çelik teller çinko ile kaplanır. Bu işleme sıcak galvanizleme adı verilir. Son yıllarda, öz olarak alüminyum kaplı çelik teller de kullanılmaktadır. Böylece çok iyi korozyon dayanımı sağlamakla birlikte iletkenlik de artırılmış olunur.

Alüminyum iletkenlerin üzerinde oluşan oksit katmanı yalıtkan olduğu için eklerde sorun oluştursa da bu oksit katmanı korozyon (aşınma) dayanımı sağladığından (örneğin tuzlu deniz havasında) alüminyum iletkenlerin de bakır kadar dayanıklı olduğu görülür.

Büyük açıklıklı yüksek gerilim hava hatlarında, ülkemizde ACSR çelik-alüminyum iletkenler (Aluminum Conductor Steel-Reinforced) kullanılmaktadır.

### 2.5.1.1. Çelik özlü alüminyum iletkenler

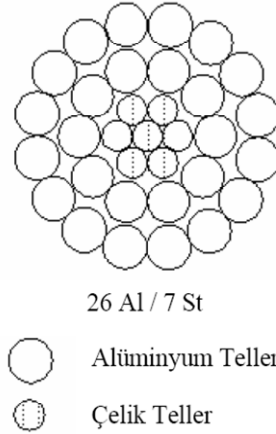
Çelik özlü alüminyum iletkenlerin (St-Al iletken) yapısı, ortasında galvanizli çelik damarlardan yapılmış bir göbek ve etrafı alüminyum damarlardan oluşmuş, bir ya da daha fazla tabakadan meydana gelen damarlar şeklindedir. St-Al iletkende ortadaki çelik göbek iletkenin mukavemetini arttırdığından kopma mukavemeti alüminyum iletkene nazaran daha büyüktür.

Alüminyum ve çelik-alüminyum iletkenlerin birimleri, bakır iletkenlerde olduğu gibi ( $\text{mm}^2$ ) normunda olmayıp CM (Circular Mil) olarak belirtilmiştir. Bir CM, çapı 0,001 inç olan daire yüzeyine eşittir. Circular mil'in  $\text{mm}^2$  olarak değeri,

$$1\text{CM} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi}{4} (0.001 \text{ inç})^2 = \frac{\pi}{4} (0,001.25,4)^2 = 5067.10^{-7} \text{ mm}^2, \text{ dir.}$$

Örgülü iletkenlerde, çapları eşit olan ortada bir tel ve bu telin çevresindeki katmanlarda, her bir katmanda bir önceki katmandakinden 6 fazla veya n katman sayısı olmak üzere  $3 \cdot n^2 + 3 \cdot n + 1$  bağıntısının verdiği sayıda tel bulunur.





Şekil 2.2 Çelik-Alüminyum iletkenin kesiti

Çelik alüminyum iletkenlerde direnç hesaplanırken çelik özün kesiti dikkate alınmaz ve yalnız alüminyum kesiti göz önüne alınır. Örgülü iletkenlerde katmanların birbirine zıt yönde sarılmış olmaları, burulma nedeniyle tellerin açılmasını önlediği gibi, zıt yönde sarılmış olan katmanlarda doğan manyetik akılar birbirini yok edeceğinden, çelik-alüminyum iletkenlerde çelik özde oluşacak kayıplar azalır. Yüksek gerilim hava hatlarında bükülgenliği arttırmak, rüzgarın gergi noktalarında oluşturduğu titreşimler nedeniyle yorulmaları ve kopmaları önlemek için yalnız örgülü iletkenler kullanılır.

Tablo 2.2 Çelik-alüminyum (ACSR) iletkenlerin özellikleri

Anma adı	AWG ve MCM	Anma kesiti Al/St [mm <sup>2</sup> ]	Gerçek kesiti			Ağırlık			Yüklenme akımı [A]
			Al [mm <sup>2</sup> ]	St [mm <sup>2</sup> ]	Toplam [mm <sup>2</sup> ]	Al [kg/km]	St [kg/km]	Toplam [kg/km]	
Swan	4	21/4	21,18	3,53	24,71	58,51	27,5	85,6	105
Swallow	3	27/4	26,69	4,45	31,14	73,2	34,6	107,8	120
Sparrow	2	34/6	33,59	5,60	39,19	92,1	43,6	135,7	140
Robin	1	42/7	42,41	7,07	49,48	116,4	55,0	171,4	165
Raven	1/0	54/9	53,52	8,92	62,44	146,8	69,4	216,2	195
Pigeon	3/0	85/14	85,12	14,18	99,30	233,5	110,4	343,9	275
Partridge	266,8	135/22	134,87	21,99	156,86	372,2	171,6	543,8	345
Ostrich	300	152/25	152,19	24,71	176,90	420,0	192,9	612,9	410
Hawk	477	242/39	241,65	39,19	280,84	666,8	306,0	972,8	540
Drake	795	403/65	402,56	65,44	468,00	1110,9	511,0	1621,9	683
Cardinal	954	485/63	484,53	62,81	547,34	1339,6	490,2	1829,8	764
Pheasant	1272	645/82	645,08	81,71	726,79	1783,8	639,7	2423,5	920

Ülkemizde, 154 Kv enerji iletim hatlarında 477 MCM (Hawk) ve 795 MCM (Drake), 380 Kv enerji iletim hatlarında ise 954 MCM (Cardinal) ve 1272 MCM (Pheasant) iletkenleri kullanılmaktadır.

### **2.5.1.2. Demet iletkenler**

Hava hatlarında gerilim büyüdükçe ve iletken çapı küçüldükçe elektrik alan şiddeti büyüyeceğinden, korona olayı yaşanır. 220 Kv 'un üzerindeki gerilimlerde korona olayı önem kazandığından, önceleri iletken çapını büyütmek amacıyla içi boş iletkenler kullanılmıştır. Daha sonra her faz için bir yerine birden çok demet iletken kullanılarak iletken çapının büyütülmesi yoluna gidilmiştir.

380 Kv üzerindeki gerilimlerde demet iletkenler kullanılmadan büyük güçleri iletme olanağı yoktur. Ülkemizde 380 Kv'luk gerilim için ikili, üçlü ve dörtlü demet iletkenler kullanılmaktadır [16,17].

### **2.5.2. Enerji iletim hatlarının ülkemizdeki uygulamaları**

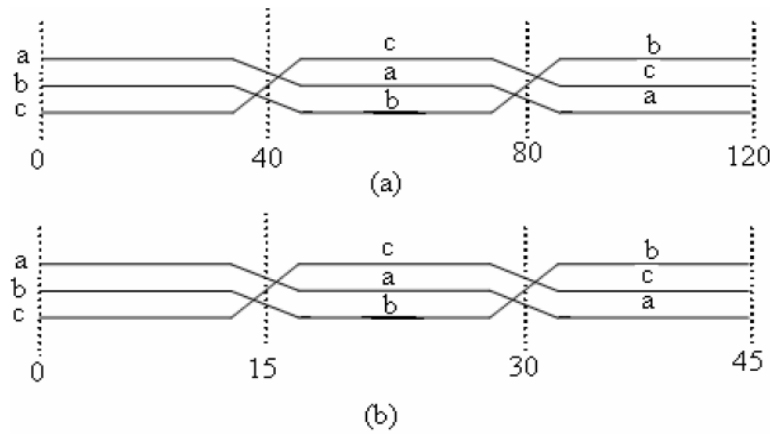
154 Kv'luk iletim hatları, standart 281 mm<sup>2</sup> 477 MCM Hawk, 468 mm<sup>2</sup> 795 MCM Drake, 546 mm<sup>2</sup> 954 MCM Cardinal ve 726 mm<sup>2</sup> 1272 MCM Pheasant olan çelik takviyeli alüminyum iletken (ACSR) ve tek veya çift devre direkleri kullanılarak tesis edilir.

154 Kv'luk hatlarda genellikle her fazda bir iletken bulunur. Çok yüksek talep bölgelerinde iletim hatlarının kapasitesini arttırmak için 154 Kv'luk ikili demet cardinal iletkenli, çift devre stratejik kısa hatlar tesis edilir. Havai hatların güzergahının temin edilemediği yoğun yerleşim bölgelerinde standart olarak 154 Kv, 630 mm<sup>2</sup> veya 1000 mm<sup>2</sup> kesitli XLPE bakır iletkenli yeraltı kabloları tesis edilir.

380 Kv'luk iletim hatları ise standart 954 MCM Cardinal (546 mm<sup>2</sup>) ve 1272 MCM Pheasant (726 mm<sup>2</sup>) kesitli, her bir fazda iki veya üçlü demet halinde çelik takviyeli (ACSR) alüminyum iletkenler kullanılarak tesis edilir.

### 2.5.2.1. İletim hatlarında çaprazlama

Enerji iletim hattı direklerin travers modellerine göre, çoğu kez faz iletkenlerinin aralarındaki açıklıklar birbirine eşit değildir. Bunun sonucu olarak, her fazın diğer fazlara göre açıklığı aynı olmayacak ve her fazın karşılıklı endüktans (reaktans) bileşeni de birbirinden farklı değer alacaktır. Hattın faz endüktanslarının (reaktanslarının) simetrik olmaması halinde hat boyunca gerilim düşümleri eşit olmayacak ve hat sonunda gerilim dengesizliği (asimetrisi) ortaya çıkacaktır. Bu sakıncayı gidermek için uzunluğu 120 km'nin üzerindeki 380 Kv'luk hatlar için, hattın uzunluğu boyunca bir tam üç faz çaprazlama yapılır. 45 km'nin üzerindeki 154 Kv'luk hatlar için de, hattın uzunluğu boyunca bir tam üç faz çaprazlama yapılır. Şekil 2.3'de 154 Kv'luk ve 380 Kv'luk iletim hatları için çaprazlama işlemi gösterilmiştir [15].



Şekil 2.3. İletim hatlarında çaprazlama

( a ) 380 Kv'luk iletim hattının çaprazlaması

( b ) 154 Kv'luk iletim hattının çaprazlaması

### 2.5.3. Koruma telleri

Hava hatlarında kullanılan direklerin topraklanmasında zeminin yüksek özgül direncinden dolayı tehlikeli gerilimlerin oluşmasına engel olmak için kısa devre arızasının olduğu direğin civarında meydana gelen akımların, koruma teli vasıtasıyla arıza noktasından uzakta bulunan topraklanmış direklerden toprağa geçmesinin sağlanması gerekir.

Bu bakımdan arızalı direktteki toprak akımının diğer direkler vasıtası ile toprağa geçmesini sağlamak için koruma teli kullanılır. Koruma hattı belli bir dirence sahip olduğundan kısa devre arızasının olduğu yerden uzakta olan direklerden yakında olanlar kadar bir akım akmaz. En büyük akım arızanın olduğu direktten akar [16].

Koruma tellerinin yıldırım akımlarını da toprağa akıtma fonksiyonu bulunmaktadır. İletim hattını yıldırımdan korumak için direklerin tepe noktalarına üç faz iletkene ilave olarak galvanizli çelik toprak teli tesis edilir. Genel olarak, 380 Kv'luk standart direklerde hatları korumak için iki adet toprak teli kullanılır. 154 Kv'luk hatlar, direk tasarımına bağlı olarak bir veya iki toprak teli ile korunur. Standart olarak, 154 Kv'luk ve 380 Kv'luk hatlarda sırasıyla 70 mm<sup>2</sup> ve 96 mm<sup>2</sup>'lik koruma iletkenleri kullanılır.

#### **2.5.4. İzolatörler**

İletim hatlarının faz iletkenleri için uygun izolasyon seviyelerini sağlamak amacıyla zincir tipi porselen, cam veya fiber izolatörler kullanılır. Hava hatlarında işletme güvenliği ve sürekliliği büyük ölçüde hattın yalıtımına bağlıdır.

İzolatörler iletkenleri taşımak, iletkenleri birbirlerine bağlamak ve metal kısımlara karşı yalıtım amacıyla kullanıldıklarından, elektriksel ve mekaniksel olarak zorlanırlar. Bu nedenle, izolatörlerde elektriksel atlama ve delinme olmamalı, mekanik zorlanmalara dayanmalıdır [15].

Elektriğin, izolatörün yüzeyinden ani ve kesintili olarak atlaması veya sıçraması kıvılcım şeklinde olur. Elektrik akışı sürekli olursa, ark baş gösterir. İzolatörün yalıtkanlığı yetersiz ise, izolatörün içinden boşalma olur ve bu boşalma izolatörün delinmesine yol açar.

Yüksek gerilim güç sistemlerinde kullanılan açık hava izolatörleri, şebeke frekansında normal işletme gerilimi ile sistemde meydana gelen iç aşırı gerilimlere dayanabilmelidir. İzolatörler, elektriki özelliklerinin yanında büyük mekanik yüklere

de dayanmalıdır. Cam izolatörler enerji iletim sisteminde zincir izolatörü olarak büyük bir uygulama sahası bulmuştur.

İzolatörlerin yüzeyleri aşınma ve karbonlaşma ile çabuk bozulmaya meyillidir. Son zamanlarda karbonlaşmayan böylece açık havada kullanılabilen epoxy'den yapılmış maddeler geliştirilmiştir. Bu maddenin yüksek mekanik mukavemeti, cam elyafı ile takviye edildiğinde aynı mekanik yük için izolatör ağırlığında %30'a kadar bir azalma olmaktadır. Ayrıca bu maddeye porselenden daha kolay bir şekilde istenilen profil verilebilmektedir.

## 2.6. İletim Hat Parametreleri

İletim hat parametreleri, güç sisteminde gerilim düşümü hesabı, yük akışı, stabilite, kısa devre, transient (geçici rejim) analizlerinde ve hatların farklı yüklenme koşulunda performansını değerlendirmede kullanılır. Bu tür analizlerin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için enerji iletim hatlarının elektriksel karakteristiklerini ifade eden hat parametrelerinin doğru hesaplanması gerekir.

Enerji iletim hatlarının karakteristik performansını etkileyen elektriksel hat parametreleri direnç, endüktans, kapasitans ve kaçak geçirgenliktir. Kaçak geçirgenlik hatlarda uygulanan izolasyon sayesinde ihmal edilebilir. Hat parametrelerinin belirlenmesi hattın uzunluğuna, iletken tipine ve faz iletkenlerinin birbirlerine göre konumlarına bağlıdır [19].

## 2.7. Per-Unit Değerler

Devre hesapları gerçek değerlerle yapılabildiği gibi, bunları temsil eden Per-Unit değerlerle de yapılabilirler. Hesaplamaların herhangi bir kademesinde arzu edilirse gerçek değerlere dönmek her zaman için mümkündür [20].

Gerçek bir elektriksel değerin, referans (Baz) olarak seçilen bir değere oranı elektrik mühendisliğinde 'per-unit (pu)' ifadesi olarak kabul görmüş olup, bunun 100 katı ise % olarak adlandırılmıştır.

$$\text{Per-unit} = \frac{\text{GerçekDeğer}}{\text{BazOlarakAlınanDeğer}} \quad (2.1)$$

$$\% \text{ Değer} = 100 * (\text{per-unit}) \quad (2.2)$$

Elektrik sistemlerinin per-unit cinsinden hesaplanması, yapılan işi oldukça basitleştirir. Metodun bazı üstünlükleri kısaca aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1 ) Şebeke analizleri, eşdeğer devrede verilen empedansların normal sistemdeki gerilim çeşitliliğine bakılmaksızın birbirine ilave edilebilmesi nedeniyle oldukça basitleşir.

2 )  $\sqrt{3}$  faktörü üç fazlı sistem hesaplarında hiçbir şekilde kullanılmamaktadır.

3 ) Elektriksel cihazların işletme karakteristiklerindeki farklılıklar pu olarak ifade edilen sabitlerin karşılaştırılması ile belirlenebilir.

4 ) Elektrik cihazlarının nominal değerleri ne kadar farklı olsa da pu değerleri birbirine çok yakın olup, hesaplarda rahatlıkla kullanılacak değerler bulunabilir.

5 ) Benzer elektrikli cihazların parametreleri oldukça dar bir bölgeye düştüğünden makine sabitleri ortalama olarak bulunabilir.

6 ) Farklı sistemlerdeki gerilim düşümü, güç kaybı gibi değerleri karşılaştırmak çok kolaydır.

Elektrik sistemindeki elemanların (Jeneratör, Transformatör, Motor vb.) empedans değerleri yaygın olarak % şeklinde verilirken, hesaplar genelde per-unit değerler ile yapılır.

Akım, gerilim, güç ve empedans büyüklüklerinin birbirleri ile ilişkisi nedeniyle herhangi ikisinin (yaygın olarak gerilim ve güç) baz olarak alınması halinde, geriye kalan diğer ikisi kolaylıkla hesaplanabilir.

Baz değeri olarak seçilen büyüklükler kullanılarak, diğer baz değerler tek fazlı ve üç fazlı şebekeler için ayrı ayrı hesaplanabilir.

### 2.7.1. Tek fazlı şebekelerde per-unit değerlerin hesaplanması

Tek fazlı şebekelerin herhangi bir noktasındaki güç, özellikle yaygın olarak kullanılan bir güç ile herhangi bir gerilim baz alınarak diğer iki büyüklük, akım ve empedans hesaplanabilir.

$$I_{BAZ} = \frac{(S_{1\emptyset})_{BAZ}}{V_{BAZ}} \quad [A] \quad (2.3)$$

$$Z_{BAZ} = \frac{V_{BAZ}}{I_{BAZ}} \quad [\Omega] \quad (2.4)$$

olup, akımın yukarıda bilinen değeri son ifadede yerine konularak

$$Z_{BAZ} = \frac{(V_{BAZ})^2}{(S_{1\emptyset})_{BAZ}} \quad [\Omega] \quad (2.5)$$

olarak bulunur. Diğer taraftan hesaplarda gerektiğinde

$$(S_{1\emptyset})_{BAZ} = (P_{1\emptyset})_{BAZ} = (Q_{1\emptyset})_{BAZ} \quad (2.6)$$

olarak alınabilir.

Bu tanıma benzer olarak empedans, direnç ve reaktans baz değerleri de birbirine eşit alınabilir.

$$Z_{BAZ} = R_{BAZ} = X_{BAZ} \quad (2.7)$$

İster tek fazlı isterse üç fazlı şebekeler olsun, transformatörlerin primer ve sekonder taraftaki empedansların per-unit değerleri istisnasız birbirine eşittir.

### 2.7.2. Üç fazlı şebekelerde per-unit değerlerin hesaplanması

Üç fazlı şebekeler hesaplarda kolaylık olsun diye, faz iletkeni ile nötr iletkeninden meydana gelmiş tek devre şeklinde gösterilir.

Bu durumda üç fazlı verilen (güç ve gerilim) tek fazlı olarak hesaplanması gerekmektedir. Bilindiği gibi üç fazlı sistemde güç, tek fazlı sistemdeki gücün üç katı, fazlar arası gerilim ise faz-nötr geriliminin  $\sqrt{3}$  katıdır. Gerçek değerlerdeki bu oran, per-unit olarak bulunan/hesaplanan değerlerde yoktur. Yani üç fazlı gücün, üç fazlı sistemde seçilen bir baz gücüne oranı tek fazlı sistemdeki bir gücün bu sistemdeki baz gücü oranına eşittir.

$$(\text{Per-Unit})_{1\phi} = (\text{Per-Unit})_{3\phi} \quad (2.8)$$

Benzer şekilde üç fazlı sistemde fazlar arası gerilimin bu sistemde seçilen fazlar arası bir baz gerilimine oranı, tek fazlı sistemde faz-nötr geriliminin bu sistemde seçilen tek fazlı (faz-nötr) baz gerilimi oranına eşittir. Tek fazlı alternatif akım şebekelerinde olduğu gibi, üç fazlı alternatif akım şebekelerinde de seçilen (baz güç ve baz gerilim) değerler kullanılarak baz akım ve baz empedans değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$I_{BAZ} = \frac{(S_{3\phi})_{BAZ}}{\sqrt{3} \cdot U_{BAZ}} \quad [\text{pu}]$$

(2.9)

$$Z_{BAZ} = \frac{U_{BAZ}}{I_{BAZ}} \quad [\Omega]$$

(2.10)

olup, akımın yukarıda bilinen değeri son ifadede yerine konularak



$$Z_{BAZ} = \frac{(U_{BAZ})^2}{(S_{3\phi})_{BAZ}} \quad [\Omega]$$

(2.11)

olarak bulunur.

Diğer taraftan hesaplarda tek fazlı şebekelerde olduğu gibi gerektiğinde

$$(S_{3\phi})_{BAZ} = (P_{3\phi})_{BAZ} = (Q_{3\phi})_{BAZ}$$

(2.12)

olarak alınabilir.

Elektrik sisteminde kullanılan Jeneratör, Transformatör, Motor vb. elektrik teçhizatının per-unit değerleri genelde kendi nominal değerleri kullanılarak hesaplanır ve etiketine yazılır ya da ilgili dokümanlarla birlikte verilir. Şayet bu elemanlardan oluşan bir şebekede çeşitli amaçlar için bir hesap (gerilim düşümü, akım dağılımı, yük akışı, kısa devre) yapılacak ve sistemde seçilen baz değerler de bu elemanların baz değerlerinden farklı olacak ise, mevcut per-unit değerlerin yeni baz değerlerine göre hesaplanması gerekir. Yani şebekenin bütün elemanlarının per-unit değerlerinin aynı baz değerlerine göre olması gerekir [21].

### **BÖLÜM 3. YÜK AKIŞI VE KISITLILIK ANALİZLERİ**

Güç sistemi benzetiminde yaygın olarak kullanılan analiz, yük akışı analizidir. Yük akışı problemi, güç sistemlerinin tüm tüketim baralarındaki tüketimi karşılamak amacıyla üretim tesislerinde üretilen enerjinin, iletim hatlarında ve transformatörlerdeki akışının analizlerle hesaplanmasıdır.

Güç sistemlerinde iletim hatlarının ve transformatörlerin aşırı yüklenmemesi, tüm baralardaki gerilimlerin belirli limitler içinde kalması ve jeneratörlerin reaktif üretimlerinin kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalması gereklidir.

Yük akışı analizleri mevcut güç sistemlerinin planlanmasında, kontrolünde ve işletmesinde kullanıldığı gibi, uzun dönemdeki güç sistemleri planlanmasında da kullanılır.

Güç sistemlerinin sağlıklı bir şekilde işletilebilmesi, yeni üretim ve/veya tüketim tesislerinin sisteme ilavesinin ya da ilave edilen iletim hattının devreye girmeden önce etkilerinin bilinmesine bağlıdır. Yük akışı analizleri ile güç faktörünün ve baralardaki gerilimlerin yükseltilmesi için kapasitörlerin sisteme konulacağı en uygun yerin ve kapasitelerinin belirlenmesi de mümkündür [22].

Güç sistemi işletmesinde, yük akışı analizi ile belirlenen işletme koşulunda sistemdeki aşırı yüklenen hatların ve iletim limitlerinin belirlenmesi mümkündür. Sistemdeki bir iletim hattının veya jeneratörün devre dışı olmasının etkisini incelemek için yapılan kısıtlılık analizi ile sistem güvenilirliği test edilir.

Kısıtlılık analizi, güç sistemlerinde bulunan herhangi bir elemanın devre dışı olması durumunda (n-1 kriteri) sistemde diğer elemanların aşırı yüklenmesinden dolayı

herhangi bir enerji kesintisi olmaksızın güç sisteminin belirli limitler dahilinde işletilebilirliğinin incelenmesidir.

### 3.1. Yük Akışı Analizi

Yük akışı, güç sistemi tasarımının ve analizlerinin temelini oluşturur. Güç sistemi planlanmasında ve işletilmesinde yük akışı analizleri gereklidir. Bunun yanında transient ve kısıtlılık analizleri gibi diğer analizler için de ilk adımı oluşturur.

Yük akışı analizleri için bilinmesi gereken temel veriler [23,24];

1. İletim hatlarının empedansları ve şarj admitansları
2. Transformatör empedansları ve tap ayar değerleri
3. Statik kapasitör veya reaktör gibi şönt bağlı teçhizatların admitansları
4. Sistemde bulunan her bir baradaki tüketim (Yük)
5. Her bir jeneratörün üretim kapasitesi
6. Jeneratör baralarının gerilimi veya jeneratörlerin reaktif üretimleri
7. Jeneratörlerin maksimum ve minimum reaktif üretim limitleridir.

Yukarıdaki verilerle;

1. Sistemdeki her bir baranın bilinmeyen geriliminin genliği
2. Her bir baradaki faz gerilimi
3. Reaktif üretimi bilinmeyen her jeneratörün reaktif üretimi
4. Her bir iletim hattında ve transformatördeki aktif, reaktif güç akışı ve akımlar hesaplanabilmektedir.

#### 3.1.1. Bara tipleri

Yük akışı problemini çözerken, sistem dengede ve sürekli hal koşulları altında çalıştığı varsayılır ve iletim sistemi elemanları pozitif bileşen değerleri kullanılır. Enerji iletim sistemlerinde her bir baranın özellikleri, dört değişken ile tanımlanır. Bunlar, gerilim büyüklüğü(genlik)  $|V|$ , gerilim açısı  $\delta$ , aktif güç  $P$  ve reaktif güç  $Q$ 'dur. Sistem baraları genel olarak üç tipe ayrılır [25,26].

1. Salınım (Slack) Barası : Yük akışı analizinde referans bara olarak alınan bu barada,  $|V|$  ve  $\delta$  bilinen değişkenlerdir. Diğer değişkenler P ve Q hesaplanır.
2. Yük Barası : PQ barası olarak ta adlandırılan bu barada P ve Q bilinen,  $|V|$  ve  $\delta$  ise bulunmaya çalışılan değişkenlerdir.
3. Gerilim Kontrollü Bara veya Jeneratör Barası : Bu tip baralarda P ve V bilinir. Jeneratör, statik kapasitör vb. sistem elemanlarının bağlı olduğu bu baradaki Q limitleri ile gerilim sabit tutulabilir.

### 3.1.2. Düğüm denklemleri

Devreler teorisinden bilinen n baralı sistem için akım gerilim ilişkisi bara admitans matrisi ile

$$I_{\text{bara}} = Y_{\text{bara}} V_{\text{bara}} \quad (3.1)$$

yazılabilir. Burada  $I_{\text{bara}}$  akım vektörünü  $V_{\text{bara}}$  ise gerilim vektörünü ifade eder.

Yukarıdaki eşitlik matris formunda yazılırsa;

$$\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & Y_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_n \end{pmatrix} \quad (3.2)$$

Eş.3.2 ifadesi elde edilir.  $Y_{ii}$  self admitans,  $Y_{ij}$  ortak (transfer) admitanstır.

[Y] matrisinin köşegen elemanlarını oluşturan self admitans veya driving point admitans, baraya bağlı tüm admitansların toplamına eşittir ve Eş.3.3 ile gösterilir.

$$Y_{ii} = \sum_{j=0}^n y_{ij} \quad j \neq i \quad (3.3)$$

[Y] matrisinin köşegenleri dışındaki elemanları oluşturan ortak (transfer) admitansı ise baralar arasındaki admitansın negatif değerine eşittir (Eş.3.4).

$$Y_{ij} = Y_{ji} = -y_{ij} \quad (3.4)$$

Baralara akan akımlar bilindiği takdirde Eş.3.2 ifadesi kullanılarak bara gerilimleri hesaplanır.

### 3.1.3. İterasyon metotları

Yük akışı problemi çok sayıda lineer olmayan denklemlerden oluştuğundan, çözümleri için iterasyon metotlarının kullanılması gerekir. Yaygın olarak kullanılan metotlar Gauss-Seidel, Newton-Raphson ve fast –decoupled (ayrık-hızlı) Newton-Raphson metotlarıdır [22].

#### 3.1.3.1. Gauss-seidel metodu

Bu metot ile, bilinmeyenlerin başlangıç değerleri tahmin edilir, birinci eşitlikte elde edilen değer  $V_1$ , ikinci eşitlikte yerine konarak  $V_2$ 'nin hesaplanması için kullanılır. Bu işlem, her eşitlik için, yakınsama kriterini sağlayana kadar devam eder [22,25,26].

Gauss-seidel metodu ile yük akışı problemi aşağıda anlatıldığı gibi çözülür :

Eş.3.1 ve Eş.3.2 eşitliklerindeki bilinmeyenlerin  $[V_{\text{bara}}]$  olduğunu kabul edelim.

Eş.3.2 eşitliğinde gerilim değerleri yalnız bırakılırsa, Gauss-seidel iterasyon denklemleri

$$V_1^{(i+1)} = \frac{1}{Y_{11}} (I_1^{(i)} - Y_{12}V_2^{(i)} - \dots - Y_{1n}V_n^{(i)}) \quad (3.5)$$

$$V_2^{(i+1)} = \frac{1}{Y_{22}} (I_2^{(i)} - Y_{21}V_1^{(i)} - \dots - Y_{2n}V_n^{(i)}) \quad (3.6)$$

$$V_n^{(i+1)} = \frac{1}{Y_{nn}} (I_n - Y_{n1}V_1^{(i+1)} - Y_{n2}V_2^{(i+1)} - \dots - Y_{nn-1}V_{n-1}^{(i+1)}) \quad (3.7)$$

elde edilir. Eş.3.5-Eş.3.7 eşitliklerindeki  $I_n$  yerine,

$$I_n = \frac{P_n - jQ_n}{V_n^*} \quad (3.8)$$

yazılabilir.

Eş.3.7 ve Eş.3.8 ile ifade edilen eşitlikler, sistemdeki tüm yük baraları için uygulanır. Yük baralarında P ve Q değerleri bilindiğinden V değerleri bulunmaya çalışılır. Slack baranın gerilimi bilindiği için onun geriliminin hesaplanmasına gerek yoktur. Güç sisteminde n bara olsun. k.ncı yük barası için Gauss-Seidel iterasyon denklemi

$$V_k^{(i+1)} = \frac{1}{Y_{kk}} \left( \frac{P_k - jQ_k}{V_k^{(i)*}} - Y_{k1}V_1^{(i+1)} - Y_{k2}V_2^{(i+1)} - \dots - Y_{kn-1}V_{n-1}^{(i+1)} \right) \quad (3.9)$$

elde edilir. Eş.3.9 eşitliği  $i=0$ 'dan başlayarak  $V_k^{(1)}$  hesaplanır. Bu işlem

$$|V_k^{(k+1)} - V_k^{(k)}| < C_v \quad (3.10)$$

sağlanana kadar devam eder.

Eş.3.10 ile ifade edilen eşitlik gerilim yakınsama kriterini gösterir. Tüm yük baraları için (k+1) ile (k) iterasyonları arasında hesaplanan gerilim değişimini gösterir.  $C_v$  değeri 0,001 ile 0,0001 arasında alınır [27].

Bu metot ile sistemdeki jeneratör baraları için yük akışı çözümü farklıdır. Jeneratör baralarında Q yerine V bilinmektedir. Q değeri jeneratörün reaktif üretimi ile sınırlıdır ve  $Q_{maksimum}$  ile  $Q_{minimum}$  arasında bir değerdir. Q'nun hesaplanması gerekir. Bara sayısı n olan bir sistemde m. bara jeneratör barası olsun. Bu baraya verilen kompleks güç,

$$S_m = V_m I_m^* = P_m + jQ_m \text{ 'dir.} \quad (3.11)$$

Başka bir ifadeyle,

$$I_m = \frac{P_m - jQ_m}{V_m^*} = Y_{m1}V_1 + Y_{m2}V_2 + Y_{m3}V_3 + \dots + Y_{mn}V_n \quad (3.12)$$

yada

$$P_m - jQ_m = V_m^{(i)*} \left( \sum_{j=1}^n Y_{mj} V_j^{(i)} \right) \quad (3.13)$$

yazılabilir. Eş.3.13 eşitliğinin sanal kısmı alınırsa

$$Q_m = -\text{Im} \left( V_m^{(i)*} \left( \sum_{j=1}^n Y_{mj} V_j^{(i)} \right) \right) \quad (3.14)$$

elde edilir. Burada tüm gerilim değerleri yerlerine konularak  $Q_m$  değeri bulunur. Bulunan değer  $Q_{maksimum}$  değerinden büyükse  $Q_m = Q_{maksimum}$ , küçükse  $Q_m = Q_{minimum}$  değeri alınır. Hesaplanan  $Q_m$ , Eş.3.9 eşitliğinde yerine konarak gerilim hesaplanır.

Hesaplanan gerilimin genlik değeri jeneratörün maksimum gerilim değerinden büyükse jeneratörün maksimum gerilimi, küçükse minimum değeri alınır. Her iki durumda da gerilim açısı sabit tutulup bir sonraki iterasyonda kullanılır [28].

Yukarıda tüm yük ve jeneratör baraları için iterasyonlar Eş.3.10 ile gösterilen eşitliği sağladıktan sonra slack salınım barası için yük akışı şöyle hesaplanır:

$i$  ve  $j$  barasını bağlayan hattın seri admitansı ve şarj admitansı olsun.

$$Y_{ij} = g_{ij} + jb_{ij} \quad (3.15)$$

$i$  barasındaki toplam kompleks güç

$$S_i = P_i + jQ_i = V_i I_i^* \quad (3.16)$$

olsun. Akım ve gerilim yerine,

$$I_i^* = \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j \quad (3.17)$$

$$V_i = v_i (\cos \delta_i + j \sin \delta_i) \quad (3.18)$$

yazılırsa i barasındaki kompleks güç,

$$S_i = v_i \sum_{j=1}^n V_j (g_{ij} \cos \delta_{ij} + b_{ij} \sin \delta_{ij}) + j v_i \sum_{j=1}^n V_j (g_{ij} \sin \delta_{ij} + b_{ij} \cos \delta_{ij}) \quad (i=1, \dots, n) \quad (3.19)$$

elde edilir.  $\delta_{ij}$  i ve j bara gerilim fazörlerinin açıları arasındaki faz farkıdır. Eş.3.19

eşitliği aktif ve reaktif güç olarak yazılırsa

$$P_i = v_i \sum_{j=1}^n v_j (g_{ij} \cos \delta_{ij} + b_{ij} \sin \delta_{ij}) \quad (3.20)$$

$$Q_i = v_i \sum_{j=1}^n v_j (g_{ij} \sin \delta_{ij} + b_{ij} \cos \delta_{ij}) \quad (3.21)$$

elde edilir. Salınım barası için aktif ve reaktif güç değerleri hesaplanır.

$[Y_{\text{bara}}]$  matrisi kullanılarak hesaplanan yük akışı, çok sayıda bara içeren büyük sistemler için çok sayıda iterasyon gerektirir.

Bu iterasyon sayısını azaltmak için her yük barasına her iterasyonda uygulanan bir düzeltme katsayısı uygulanır. Buna hızlandırma faktörü denir. Genellikle 1 ve 2 arasında bir değerdir [27].



### 3.1.3.2. Newton-raphson metodu

Newton-raphson metodunda, bilinmeyenler için başlangıç değerleri tahmin edilir, Fonksiyonla ilişkilendirilmiş bağımsız değişkenler için hata düzeltmesi yapılarak, fonksiyondaki düzeltme sıfıra götürülür. Hatanın sıfıra gitmesi için, fonksiyon  $x_0$  civarında Taylor serisine açılarak, iterasyon ile çözüme ulaşılmaya çalışılır.

$$\begin{aligned} V_i &= |V_i| \angle \delta_i \\ V_j &= |V_j| \angle \delta_j \\ Y_{ij} &= |Y_{ij}| \angle \theta_{ij} \end{aligned} \quad (3.22)$$

$$P_i = \sum_{j=1}^n IV_i IV_j IIY_{ij} I \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (3.23)$$

$$Q_i = - \sum_{j=1}^n IV_i IV_j IIY_{ij} I \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (3.24)$$

Bu metodu yük akışı problemi çözümünde uygulamak için, n baralı güç sistemindeki herhangi bir i barasına akan kompleks güç yukarıdaki Eş.3.23 ve Eş.3.24 eşitliklerindeki gibi ifade edilebilir. Bara gerilimlerini ve bara empedans matrisini polar koordinatlarda yazarsak 1 numaralı bara slack bara seçilip, 2. ve daha sonraki terimleri ihmal edilirse, Eş.3.23 ve Eş.3.24 eşitlikleri Taylor serisine açıldığında Eş.3.25 eşitliği elde edilir [28].

$$\begin{pmatrix} \Delta P_2^{(k)} \\ M \\ \Delta P_n^{(k)} \\ L \ L \ L \\ \Delta Q_2^{(k)} \\ M \\ \Delta Q_n^{(k)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & K & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & K & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ M & O & M & M & O & M \\ \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & L & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_2|} & L & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & K & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & K & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ M & O & M & M & O & M \\ \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & L & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial |V_2|} & L & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial |V_n|} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta \delta_2^{(k)} \\ M \\ \Delta \delta_n^{(k)} \\ L \ L \ L \\ \Delta |V_2^{(k)}| \\ M \\ \Delta |V_n^{(k)}| \end{pmatrix} \quad (3.25)$$

Eş.3.25 eşitliği kısaca

$$\begin{pmatrix} \Delta P \\ \mathbf{L} \\ \Delta Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} J_1 & \mathbf{M} & J_2 \\ \mathbf{L} & \mathbf{L} & \mathbf{L} \\ J_3 & \mathbf{M} & J_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta \boldsymbol{\delta} \\ \mathbf{M} \\ \Delta |V| \end{pmatrix} \quad (3.26)$$

ile ifade edilir. Burada Jakobien matrisinin  $J_1$ ,  $J_2$ ,  $J_3$  ve  $J_4$ 'ün elemanları Eş.3.23 ve Eş.3.24 eşitliklerinden gösterilen aktif ve reaktif güçlerin  $\Delta \boldsymbol{\delta}_i^{(k)}$  ve  $\Delta |V_i^{(k)}|$  da hesaplanan kısmi türevleridir.

$$J_{11} = \frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = \sum_{j=1, j \neq i}^N IV_i I y_{i,j} I V_j I \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_{i,j}) \quad (3.27)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_k} = IV_i I y_{i,k} I V_j I \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_{i,k}), k \neq i$$

$$J_{12} = \frac{\partial Q_i}{\partial IV_i I} = \sum_{j=1, j \neq i}^N I y_{i,j} I V_j I \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_{i,j}) + 2IV_i I y_{i,i} I \sin(-\theta_{i,i}) \quad (3.28)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial IV_k I} = IV_i I y_{i,k} I V_j I \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_{i,k}), k \neq i$$

$$J_{21} = \frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = \sum_{j=1, j \neq i}^N I y_{i,j} I V_j I \sin(\delta_i - \delta_j - \theta_{i,j}) \quad (3.29)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_k} = -IV_i I y_{i,k} I V_j I \cos(\delta_i - \delta_j - \theta_{i,k}), k \neq i$$

$$J_{22} = \frac{\partial P_i}{\partial IV_i I} = \sum_{j=1, j \neq i}^N I y_{i,j} I V_j I \cos(\delta_i - \delta_j - \theta_{i,j}) + 2IV_i I y_{i,i} I \cos(-\theta_{i,i}) \quad (3.30)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial IV_k I} = IV_i I y_{i,k} I V_j I \cos(\delta_i - \delta_j - \theta_{i,k}), k \neq i$$

Newton-raphson metodu ile yük akışı problemi aşağıdaki adımlar takip edilerek çözülür. [29]

1) Eş.3.23 ve Eş.3.24 eşitliklerinden  $P_i^{(k)}$  ve  $Q_i^{(k)}$  k. iterasyon için hesaplanır. İterasyona sıfırdan başlanır, gerilim ve faz açılarının başlangıç değerleri kullanılır. Daha sonraki iterasyonlarda en son gerilim ve açı değerleri kullanılır.

2) Eş.3.31 ve Eş.3.32 eşitliklerinden  $\Delta P_i^{(k)}$  hesaplanır.

$$\Delta P_i^{(k)} = P_i^{(\text{verilen})} - P_i^{(k)} \quad (3.31)$$

$$\Delta Q_i^{(k)} = Q_i^{(\text{verilen})} - Q_i^{(k)} \quad (3.32)$$

3) Jakobien matrisi hesaplanır.

4) Jakobien matrisinin tersi alınarak  $\Delta \delta_i^{(k)}$  ve  $\Delta |V_i^{(k)}|$  hesaplanır.

5)  $\delta_i^{(k)}$  ve  $|V_i^{(k)}|$  nın yeni değerleri aşağıdaki eşitliklerden bulunur.

$$\delta_i^{(k+1)} = \delta_i^{(k)} + \Delta \delta_i^{(k)} \quad (3.33)$$

$$|V_i^{(k+1)}| = |V_i^{(k)}| + \Delta |V_i^{(k)}| \quad (3.34)$$

$\Delta P$  ve  $\Delta Q$  ile  $\Delta \delta$  ve  $\Delta |V|$  için verilen limitlere ulaşıncaya kadar iterasyona devam edilir. Slack baradaki P ve Q ile jeneratör baralarındaki Q Eş.3.23 ve Eş.3.24 eşitlikleri yardımıyla bulunur.

### 3.1.3.3. Decoupled (ayrık) ve fast decoupled newton-raphson metodu

Gauss-Seidel metodu lineer denklemlerin, Newton-Raphson ise lineer olmayan denklemlerin çözümü için geliştirilseler de, bu metotlar yük akışı problemini çözmede de kullanılır. Fast Decoupled metodu ise, güç sistemleri özelliklerinden

yararlanılarak Newton-Raphson metodunun sadeleştirilmesiyle elde edilen bir çözüm yoludur.

Güç sistemlerinde, nominal işletme koşullarında bara gerilimlerindeki değişimler genellikle reaktif güç akışını, gerilim faz açılarındaki değişimler ise aktif güç akışını etkiler.

Bu özellik kullanıldığında Jakobien matrisinin elemanları  $\frac{\partial P_i}{\partial V_i}$  ve  $\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i}$  sıfırdır.

Eş.3.25 eşitliği aşağıdaki gibi yazılırsa,

$$\begin{pmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} H & 0 \\ 0 & L \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta \delta \\ \frac{\Delta |V|}{V} \end{pmatrix} \quad (3.35)$$

H ve L Jakobien matrisinin elemanlarıdır. Eş.3.35 iki farklı eşitlikten oluşur :

$$[\Delta P] = [H] [\Delta \delta] \quad \text{ve} \quad (3.36)$$

$$[\Delta Q] = [L] \left[ \frac{\Delta V}{V} \right] \quad (3.37)$$

Eş.3.35 eşitliğindeki Jakobien matrisin elemanları Eş.3.38 eşitliğinden bulunur [22].

$$H_{ij} = \frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} \quad \text{ve} \quad L_{ij} = \frac{\partial Q_i}{\partial V_i} |V_i| \quad (3.38)$$

Başka bir ifadeyle Jakobien matrisinin elemanları, [27]

$i \neq j$  ise

$$H_{ij} = L_{ij} = |V_i| |V_j| (G_{ij} \sin \delta_{ij} - B_{ij} \cos \delta_{ij}) \quad (3.39)$$

$i=j$  ise

$$H_{ii} = -B_{ii}|V_i|^2 - Q_i \quad (3.40)$$

$$L_{ii} = -B_{ii}|V_i|^2 + Q_i \quad (3.41)$$

Decoupled Newton-Raphson metodunu ifade eden Eş.3.36 ve Eş.3.37 eşitlikleri ile yük akışı problemi iki yöntemle çözülür :

1) Eş.3.36 ve Eş.3.37 eşitliklerindeki  $\Delta\delta$  ve  $\frac{\Delta|V|}{|V|}$  eşzamanlı olarak çözülür.

2) İlk önce  $\Delta\delta$  çözülür. Elde edilen  $\delta$  Eş.3.37 eşitliğinde yerine konarak  $\frac{\Delta|V|}{|V|}$  bulunur

Decoupled metodunun avantajı, Jakobien matrisinin elemanlarından  $J_2$  ve  $J_3$  ihmal edildiğinden, Jakobien matrisi sadeleşmiştir. Decoupled metodu, daha da sadeleştirilerek fast decoupled metodu ile yük akışı problemi çözümü için gerekli formül elde edilir.

Pratikte Eş.3.39 ve Eş.3.40 eşitliklerinde aşağıdaki varsayımları yapmak mümkündür [27].

$$\cos \delta_{ij} \approx 1, G_{ij} \sin \delta_{ij} = B_{ij}, Q_i = B_{ii}|V_i|^2 \quad (3.42)$$

Eş.3.39 ve Eş.3.41 eşitlikleri

$i \neq j$  ise

$$H_{ij} = L_{ij} = -|V_i||V_j| B_{ij} \quad (3.43)$$

$i=j$  ise

$$H_{ii} = L_{ii} = -B_{ii}|V_i|^2 \quad (3.44)$$

Eş.3.36 ve Eş.3.37 eşitlikleri

$$[\Delta P_i] = [ |V_i| |V_j| |B'_{ij}| ] [\Delta \delta] \quad (3.45)$$

$$[\Delta Q_i] = [ |V_i| |V_j| |B''_{ij}| ] \left[ \frac{\Delta |V|}{|V|} \right] \quad (3.46)$$

haline gelir. Buradaki  $B'_{ij}$  ve  $B''_{ij}$   $[-B]$  matrisinin elemanlarıdır [22,27]. Aşağıda belirtilen sadeleştirmelerle fast decoupled Newton-Raphson metodu ile yük akışı problemi çözüm algoritması son halini alır.

1) Şebeke elemanlarını gösteren  $B'_{ij}$ 'den reaktif akışları etkileyen şönt reaktanslar ihmal edilebilir.

2) Eş.3.45 ve Eş.3.46 eşitlikleri  $V_i$ 'ye bölünür ve  $V_j = 1$  pu yapılırsa Eş.3.45 ve Eş.3.46 eşitlikleri

$$\left[ \frac{\Delta P_i}{V_i} \right] = [B'] [\Delta \delta] \quad (3.47)$$

$$\left[ \frac{\Delta Q_i}{V_i} \right] = [B''] [\Delta V] \quad \text{olur.} \quad (3.48)$$

### 3.2. Yük Akışı Analizinde Kullanılan İterasyon Metotlarının Karşılaştırılması

Yük akışı analizlerinde kullanılan metotlar şebekenin ve istenilen çözümün özelliklerine göre değişmektedir. Güç sistemlerinin gittikçe büyümesi ve daha fazla analiz yapma gereksiniminin artması, en kısa zamanda ve en fazla işi yapacak olan metodun seçilmesi zorunluluğunu getirmektedir. Bazı durumlarda birkaç metod kullanılarak çözüme ulaşılabilmektedir.

Örneğin, başlangıç olarak seçilen tahmini gerilim değerleri çözümden uzak ise, öncelikle Gauss-Seidel metodunun kullanılması daha sonra elde edilen başlangıç değerlerinin Newton-Raphson metodu ile doğru sonuca ulaşmasını hızlandırmaktadır.

Gauss-Seidel metodu ile yük akışı problemini çözmek için genellikle başlangıç gerilimleri tüm jeneratör baralarında  $V_i^0 = 1$  pu ve açıları da  $\delta_i^0 = 0$  kabul edilir. Her iterasyonda elde edilen değerler bir önceki iterasyona göre sabit kalmaktadır. Bu da, sonuca ulaşmak için çok sayıda iterasyon gerektirmektedir.

Newton-Raphson metodunda Gauss-Seidel metoduna göre daha fazla hesaba gerek vardır. Çünkü her iterasyonda Jakobien matrisinin hesaplanması ve lineer denklemlerin çözülmesi gerekir. Gerçeğe yakın çözüme ise Gauss-Seidel metoduna göre daha az iterasyon ile ulaşılır.

### 3.3. Yük Akışı Analizlerinin Kullanıldığı Alanlar

Yük akışı analizleri, güç sistemi planlanmasında ve işletilmesinde kullanılır. Sistem planlanmasında amaç, tüm tüketim tesislerine yeterli, güvenilir, kaliteli, ekonomik ve sürekli enerji sağlamaktır. Güç sistemi planlanması, iletim planlanması (iletim tesislerinin tasarımı, analizini ve iletim sisteminin gelişimini), güç sistemleri arasında enerji alış-verişini, üretimin yeterlilik çalışmasını ve sisteme yeni ilavelerin fayda-maliyet analizlerini içerir. Üretim planlaması da güç sistemi planlamasının bir parçasıdır [22].

Yük akışı analizlerinin yaygın olarak kullanıldığı alan iletim sistemi planlamasıdır. İletim sisteminin gelecekte alacağı modeller hazırlanarak, örneğin puant yük koşullarında oluşturulan modeller ile yük akışı analizleri yapılır. Bu analizlerle iletim sisteminde kullanılacak elemanların (iletkenlerin tipi ve kesiti, transformatörler, kapasitörler vb) karakteristik özellikleri belirlenir.

Yük akışı analizleri ile iletim hatlarının yüklenme durumları, baralarda limitler dışında kalan gerilimler, üretim tesislerinde üretilen reaktif üretimler ve işletmede

karşılaşılabilecek diğer parametreler belirlenir. Puant yük koşulları yaygın olarak kullanılsa da bazen minimum yük koşullarında da yük akışı analizlerinin yapılması gerekir. Minimum yük koşullarında, puant yük koşulunda belirlenemeyen gerilim yükselmeleri olabilmektedir.

Güç sistemi işletmesinde, tüm baralarda gerçekleşen gerilimlerin tespiti, iletim sistemi elemanlarının yüklenme durumları, sistemdeki kayıplar ve kısıtlılık kontrollerinin yapılması gereklidir. Kısıtlılık kontrolü ile sistemdeki elemanlardan birinin veya bir kaçının devre dışı olmasının, sisteme olan etkisi belirlenir. Böyle bir durumda alınması gereken önlemler önceden tespit edilmeye çalışılır.

Kısıtlılık analizleri sistemin normal işletme koşullarında olduğu dikkate alınarak yapılır. Böyle bir durumda tüm hatların devrede olduğu varsayılır ve (n-1) kriterine göre sistemdeki elemanların her biri ayrı ayrı devre dışı edilerek sisteme etkisi belirlenir.

Sistemdeki bir elemanın devre dışı olması ile diğer hatların aşırı yüklendiği durumlar olabilmektedir. Aşırı yüklenen hatlardaki koruyucu röleler ile bu hatlar da devre dışı edilir. Birbirini takip eden olaylar sonucu sistemin büyük bir kısmı enerjisiz kalabilmektedir. Kısıtlılık analizi ile böyle durumların önüne geçmek için gerekli tedbirler alınabilir.

### **3.4. Yük Akışı Analizinde Kullanılacak Program ve Çözüm Yöntemleri**

Güç sistemi planlaması, tasarımı ve işletmesi için sistem performansının, güvenilirliğinin, yeterli ve ekonomik işletilebilirliğinin sağlıklı şekilde değerlendirilmesi ve dikkatli bir şekilde yapılması gereken analizleri gerektirmektedir. Modern enterkonekte elektrik şebekeleri binlerce baradan ve sistem elemanlarından oluşmaktadır. Manuel hesaplama ile aranılan çözüm oldukça zaman alabilmektedir. Günümüzde çok kısa sürede ve sağlıklı sonuç veren analiz programları yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada güç sistemleri analizinde kullanılan MATLAB-PSAT (Power System Analysis Toolbox) yazılımı kullanılmıştır.



## **BÖLÜM 4. ENTERKONNEKTE SİSTEMİN GELİŞİMİ**

Elektrik güç sistemlerinde yük talebi, coğrafi bölgelere ve zamana göre değişir. Farklı coğrafi bölgelerdeki kişilerin sosyal ve ekonomik yaşam şartlarına göre de enerji talepleri farklılık gösterir. Günün her saati, haftanın her günü ve yılın her ayında elektrik güç sisteminden farklı büyüklüklerde elektrik enerjisi talep edilir. Çünkü insanların yaşam aktiviteleri zamana göre değişmektedir. Bu değişken yük talebine göre elektrik güç sistemi istenilen miktarda enerjiyi istenilen zamanda, istenilen yere verebilmelidir.

Bir elektrik güç sisteminde aranan bu özelliklerin yerine getirilmesi için yapılan en önemli işlem üretim gruplarının bir ağ şebeke ile bir araya getirilmesi ve üretilen toplam enerjinin yine bu ağ şebeke yardımı ile tüketim noktalarına kadar ulaştırılmasıdır. Enterkonnekte sistem olarak isimlendirilen bu tür güç sistemlerinde elektrik enerjisinin kontrolü birçok sınır şartı içeren karmaşık bir problemdir. Bu sınır şartlarının başında güç sistemini oluşturan ekipmanların çalışma sınırları gelir. Bu yüzden jeneratörlerin, transformatörlerin ve enerji iletim hatlarının durumları sürekli olarak gözlenir ve kontrol edilir.

Üretim miktarının zamana göre değişiminin ayarlanması, elektrik güç sistemlerinde kontrol edilmesi gereken en önemli işlerden birisidir. Çünkü üretim-tüketim dengesindeki değişim; elektrik güç sistemindeki yük akışlarının, baralardaki gerilim seviyelerinin ve frekansın değişmesine sebep olur. Belli bir zaman dilimindeki tüketim miktarının belirlenebilmesi için genel olarak bütün güç sistemi yönetim birimleri farklı tahmin yöntemlerinden ve/veya geçmişte aynı zaman dilimi için kaydedilmiş verilerden yararlanırlar.

Bir elektrik güç sisteminin kumanda edilmesi için birçok kontrol ve koruma çeşitleri bulunmaktadır. Yapılması gereken kontrol ve koruma işlemleri şalt sahalarının içinde

veya daha uzakta bir ana kontrol merkezinde değerlendirilir ve buna göre elektrik güç sisteminin yönetilmesine karar verilir.

Elektrik güç sistemi enterkonnekte şekilde bağlı olduğu için bir santraldeki gücün kontrolsüz bir şekilde değişimi, santralin çıkış gücüyle orantılı olarak, tüm sistemi etkileyecektir. Bu yüzden güç kontrolü yapılmayan bir elektrik üretiminden bahsedilemez.

Elektrik enerjisi üretildikten sonra farklı gerilim seviyelerindeki iletim sistemlerine ve dağıtım sistemlerine transformatörler aracılığı ile aktarılır. Bu yüzden yük akış kontrolüne transformatörlerin dönüştürme oranları değiştirilerek de yardımcı olunur. Son zamanlarda yapılan çalışmalarla jeneratörlerin gerilim seviyeleri yükseltilerek transformatör bağlanmadan direkt olarak orta gerilim iletim sistemine bağlantı yapılması sağlanmıştır.

Genel olarak bir güç sistemi yönetiminin amacı, bütün gerilim seviyelerindeki müşterilerin talep ettikleri gücü besleyecek şekilde elektrik enerjisinin kesintisiz ve uygun gerilim seviyelerinde alıcıya ulaştırılmasını sağlamaktır. Bu amaçların yanı sıra sistemin güvenliği ve ekonomik şekilde yönetilmesi de en önemli iki faktördür. Elektrik güç sistemlerinin ekonomik olarak yönetilmesi, hat kayıplarının en aza indirilmesi ve talep edilen toplam enerjinin santraller arasında optimum şekilde paylaşılmasıdır.

#### **4.1.Kuzeybatı Anadolu Şebekesinin Tanıtılması**

Enterkonnekte sistem işletmesinde üretim-tüketim dengesinin sürekli olarak sağlanması zorunludur. Bu dengenin sağlanması sistemin bir merkezden kontrol ve kumandasının yapılması ile mümkündür. Çok büyük olan sistemlerde, sistem birden fazla bölgeye ayrılarak bu bölgeler kendi merkezlerinden kontrol edilirler. Türkiye'deki sistem bölgelerinden biriside Kuzeybatı anadolu bölgesidir. Kuzeybatı anadolu bölgesinde mevcut işletme gerilimi 380 ve 154 Kv'tur. Bölgede 12 tane 380 Kv ve 102 tane 154 Kv'luk bara (trafo merkezi) bulunmaktadır. Bu 114 baranın 18 tanesi üretim, 96 tanesi ise yük barasıdır. Bu sistemde 5 tane otoproduktör santral,

4 tane özel santral, 7 tane termik santral ve 2 tane hidrolik santral bulunmaktadır. Tezin Ek kısmında kuzeybatı anadolu şebekesinin tek hat şeması gösterilmiştir. Tablo 4.1’de, her bir bara için 1 ile 114 arası kodlar tanımlanmış ve ilerleyen çalışmalarda bu kodlar kullanılmıştır.

Tablo 4.1. 380 ve 154 Kv’luk Enerji İletim Hatlarına Ait Bara Kodları ve İsimleri

<b>KBA'NIN SORUMLULUĞUNDAKİ İSTASYONLAR</b>			
<b>İstasyon no</b>	<b>İstasyon Adı</b>	<b>İstasyon no</b>	<b>İstasyon Adı</b>
1	380 Kv Ümraniye	58	154 Kv Bursa 3
2	380 Kv Paşaköy	59	154 Kv Bursa
3	380 Kv Tepeören	60	154 Kv Görükle
4	380 Kv Adapazarı	61	154 Kv Akçalar
5	380 Kv Ada DGKÇS 1	62	154 Kv Karacabey
6	380 Kv Ada DGKÇS 2	63	154 Kv Beşevler
7	380 Kv Bursa DGKÇS	64	154 Kv Orhaneli
8	380 Kv Bursa Sanayi	65	154 Kv M.K.Paşa
9	380 Kv Tutes Şalt	66	154 Kv Göbel
10	380 Kv Osmanca	67	154 Kv Kestel
11	380 Kv Seyitömer	68	154 Kv Yenişehir
12	154 Kv Vaniköy	69	154 Kv Paşalar
13	154 Kv Selimiye	70	154 Kv Tutes Şalt
14	154 Kv Göztepe	71	154 Kv Emet
15	154 Kv Ümraniye	72	154 Kv Yeni Gediz
16	154 Kv Küçükbakkalköy	73	154 Kv Simav
17	154 Kv Büyükbakkalköy	74	154 Kv Demirci
18	154 Kv Paşaköy	75	154 Kv Tutes A
19	154 Kv Soğanlık	76	154 Kv Tutes B
20	154 Kv Kartal	77	154 Kv Bilorsa
21	154 Kv Dudullu	78	154 Kv Pamukova
22	154 Kv Kurtköy	79	154 Kv Söğüt
23	154 Kv Tuzla	80	154 Kv Bozöyük
24	154 Kv İçmeler	81	154 Kv Bozöyük Akenerji
25	154 Kv Kroman Çelik	82	154 Kv Seyitömer
26	154 Kv Tepeören	83	154 Kv Kırka
27	154 Kv Gosb	84	154 Kv Eskişehir 1
28	154 Kv Çolakoğlu	85	154 Kv Eskişehir 2
29	154 Kv Diliskelesi	86	154 Kv Çifteler
30	154 Kv Şile	87	154 Kv Eskişehir 3
31	154 Kv İsaköy	88	154 Kv Kütahya
32	154 Kv Yarımca 1	89	154 Kv Altıntaş
33	154 Kv İzmit Gis	90	154 Kv Osmanca
34	154 Kv Nuh Çimento	91	154 Kv Melen
35	154 Kv Enerjisa	92	154 Kv Karasu
36	154 Kv Yarımca 2	93	154 Kv Hendek
37	154 Kv Hyundai	94	154 Kv Toyota

38	154 Kv Nuh Enerji	95	154 Kv Kuzuluk
39	154 Kv Kaynarca	96	154 Kv Mudurnu
40	154 Kv Sakarya	97	154 Kv Sarıyar
41	154 Kv Köseköy	98	154 Kv Kaynaşlı
42	154 Kv Entek 2	99	154 Kv Bolu 1
43	154 Kv Gölcük	100	154 Kv Bolu 2
44	154 Kv Ford Otosan	101	154 Kv Bolu Çimento
45	154 Kv Karamürsel	102	154 Kv Gerkonsan
46	154 Kv Yalova	103	154 Kv İsmetpaşa
47	154 Kv Adapazarı	104	154 Kv Karabük
48	154 Kv Orhangazi	105	154 Kv Safranbolu
49	154 Kv Gemlik	106	154 Kv Çaycuma
50	154 Kv Asil Çelik	107	154 Kv Yeni Çates
51	154 Kv Bursa DGKÇS	108	154 Kv Bartın
52	154 Kv İnegöl	109	154 Kv Akçakoca
53	154 Kv Entek 1	110	380 Kv Ereğli 2
54	154 Kv Demirtaş	111	154 Kv Erdemir 1
55	154 Kv Bosen	112	154 Kv Erdemir 2
56	154 Kv Bursa Sanayi	113	154 Kv Zonguldak
57	154 Kv Otosantit	114	154 Kv Ereğli 2

Kuzeybatı anadolu şebekesindeki enerji iletim hatlarının empedansları Tablo 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Kuzeybatı Anadolu Şebekesindeki Enerji İletim Hatlarının 154 Kv 100 MVA Bazdaki Empedansları ( p.u. cinsinden )

<b>KBA'NIN SORUMLULUĞUNDA BULUNAN ENERJİ İLETİM HATLARININ KARAKTERİSTİKLERİ</b>					
<b>İSTASYON MERKEZLERİ</b>		<b>100 MVA (pu) R</b>	<b>100 MVA (pu) X</b>	<b>100 MVA (pu) Y</b>	
154 Kv Göztepe	154 Kv Selimiye	0.002530	0.018970	0.008630	
154 Kv Göztepe	154 Kv Küçükbakkalköy	0.000465	0.004966	0.090495	
154 Kv Selimiye	154 Kv Ümraniye	0.000453	0.004951	0.090301	
154 Kv Ümraniye	154 Kv Vaniköy	0.001939	0.009610	0.003682	
380 Kv Ümraniye	154 Kv Ümraniye	0.011010	0.046800	0.020130	
154 Kv Tepeören	154 Kv Ümraniye	0.012053	0.059746	0.022894	
154 Kv Dudullu	154 Kv Ümraniye	0.004527	0.022442	0.008599	
154 Kv Dudullu	154 Kv Tepeören	0.009661	0.047890	0.018351	
154 Kv Küçükbakkalköy (1.devre)	154 Kv Ümraniye (1.devre)	0.002193	0.010290	0.004408	
154 Kv Küçükbakkalköy (2.devre)	154 Kv Ümraniye (2.devre)	0.002181	0.010113	0.004104	
154 Kv Büyükbakkalköy (1.devre)	154 Kv Küçükbakkalköy (1.devre)	0.003370	0.026560	0.010980	
154 Kv Büyükbakkalköy (2.devre)	154 Kv Küçükbakkalköy (2.devre)	0.003790	0.029090	0.012333	
380 Kv Paşaköy	154 Kv Paşaköy	0.001260	0.009690	0.004310	
154 Kv Paşaköy (1.devre)	154 Kv Büyükbakkalköy (1.devre)	0.004210	0.029510	0.013510	
154 Kv Paşaköy (2.devre)	154 Kv Büyükbakkalköy (2.devre)	0.004210	0.029510	0.013510	
154 Kv Kartal	154 Kv Büyükbakkalköy	0.003493	0.313630	0.119410	

154 Kv Soğanlık	154 Kv Büyükbakkalköy	0.001691	0.304695	0.115986
154 Kv Kartal	154 Kv Soğanlık	0.001802	0.008935	0.003424
380 Kv Tepeören	154 Kv Tepeören	0.000470	0.001200	0.043750
380 Kv Tepeören (kuzey)	380 Kv Ümraniye	0.000769	0.007119	0.157410
380 Kv Tepeören (güney)	380 Kv Ümraniye	0.000769	0.007119	0.157410
380 Kv Paşaköy	380 Kv Tepeören	0.000331	0.003807	0.125077
380 Kv Ada DGKÇS 1	380 Kv Paşaköy	0.001274	0.019048	0.655040
154 Kv Kurtköy (1.devre)	154 Kv Tepeören (1.devre)	0.003124	0.014661	0.006280
154 Kv Kurtköy (2.devre)	154 Kv Tepeören (2.devre)	0.003017	0.014153	0.006013
154 Kv Kartal (1.devre)	154 Kv Kurtköy (1.devre)	0.002112	0.009909	0.004244
154 Kv Kartal (2.devre)	154 Kv Kurtköy (2.devre)	0.002013	0.009501	0.004117
154 Kv Kartal	154 Kv Tuzla	0.008492	0.042093	0.016130
154 Kv İçmeler	154 Kv Kartal	0.001733	0.008133	0.003484
154 Kv Kroman Çelik	154 Kv Tuzla	0.000416	0.002062	0.000790
154 Kv Diliskelesi	154 Kv İçmeler	0.007903	0.039633	0.179556
154 Kv Çolakoğlu	154 Kv Kroman Çelik	0.008042	0.039863	0.015275
154 Kv Çolakoğlu (1.devre)	154 Kv Diliskelesi (1.devre)	0.005199	0.025773	0.009876
154 Kv Çolakoğlu (2.devre)	154 Kv Diliskelesi (2.devre)	0.000693	0.003436	0.001317
154 Kv Nuh Çimento	154 Kv Diliskelesi (2.devre)	0.016800	0.007160	0.003100
154 Kv Adapazarı	154 Kv Nuh Çimento	0.029583	0.146641	0.056192
154 Kv Çolakoğlu	154 Kv Gosb	0.005199	0.025773	0.009876
154 Kv Gosb	154 Kv Tepeören	0.002080	0.010309	0.003950
154 Kv Diliskelesi	154 Kv Tepeören	0.005752	0.028514	0.010926
154 Kv Enerjisa	154 Kv İzmit Gis	0.005546	0.027491	0.010535
154 Kv Enerjisa	154 Kv Köseköy	0.002080	0.010309	0.003950
154 Kv Nuh Enerji	154 Kv Nuh Çimento	0.015670	0.069640	0.029670
154 Kv Köseköy	154 Kv Nuh Çimento	0.012979	0.064333	0.024652
154 Kv Entek 2	154 Kv Köseköy	0.000663	0.003289	0.001260
154 Kv İzmit Gis	154 Kv Tepeören	0.026345	0.130543	0.050059
154 Kv Tepeören	154 Kv Yarımca 1	0.013943	0.068886	0.026580
154 Kv Şile	154 Kv Tepeören	0.010940	0.054227	0.020779
154 Kv İsaköy	154 Kv Şile	0.004874	0.024158	0.009257
154 Kv Köseköy	154 Kv Gölcük	0.016401	0.081297	0.031153
154 Kv Ford Otosan	154 Kv Köseköy	0.006699	0.021487	0.007364
154 Kv Ford Otosan	154 Kv Karamürsel	0.015584	0.049987	0.017131
154 Kv Karamürsel	154 Kv Yalova	0.012151	0.038974	0.013357
154 Kv Orhangazi	154 Kv Yalova	0.014190	0.044349	0.016043
380 Kv Ada DGKÇS 2	380 Kv Ada DGKÇS 1	0.000013	0.000147	0.004842
380 Kv Ada DGKÇS 2	380 Kv Osmanca	0.001187	0.013633	0.447872
380 Kv Adapazarı	380 Kv Ada DGKÇS 1	0.000469	0.004334	0.096258
380 Kv Adapazarı	380 Kv Osmanca	0.001631	0.014856	0.346473
380 Kv Adapazarı	154 Kv Adapazarı	0.000260	0.002800	0.052550
154 Kv Adapazarı (2.devre)	154 Kv Yarımca 2 (2.devre)	0.017758	0.083332	0.035693
154 Kv Adapazarı (1.devre)	154 Kv Yarımca 2 (1.devre)	0.017512	0.081327	0.033411
154 Kv Adapazarı	154 Kv Sakarya	0.011660	0.057846	0.012442
154 Kv Sakarya	154 Kv Kaynarca	0.007751	0.004417	0.008897
154 Kv Adapazarı	154 Kv Hyundai	0.024641	0.079038	0.027088
154 Kv Hyundai	154 Kv Yarımca 1	0.007681	0.038072	0.014589
154 Kv Adapazarı (1.devre)	154 Kv Köseköy (1.devre)	0.011959	0.056119	0.024037
154 Kv Adapazarı (2.devre)	154 Kv Köseköy (2.devre)	0.012490	0.037254	0.014797

380 Kv Osmanca	154 Kv Osmanca	0.000260	0.005210	0.166890
154 Kv Osmanca	154 Kv Melen	0.006862	0.050223	0.018895
154 Kv Melen	154 Kv Karasu	0.008206	0.024468	0.009726
154 Kv Hendek	154 Kv Osmanca	0.023656	0.075878	0.026005
154 Kv Hendek	154 Kv Adapazarı	0.032256	0.103462	0.035458
154 Kv Kaynaşlı	154 Kv Osmanca	0.012437	0.039894	0.013672
154 Kv Bolu 1	154 Kv Sarıyar	0.046266	0.148403	0.050860
154 Kv Sarıyar	154 Kv Toyota	0.041596	0.206186	0.079009
154 Kv Mudurnu	154 Kv Sarıyar	0.021544	0.106794	0.040923
154 Kv Adapazarı	154 Kv Toyota	0.002860	0.014177	0.005433
154 Kv Adapazarı	154 Kv Kuzuluk	0.006534	0.020957	0.007182
154 Kv Kuzuluk	154 Kv Mudurnu	0.020850	0.108105	0.047613
154 Kv Bolu 1	154 Kv Kaynaşlı	0.014748	0.047306	0.016212
154 Kv Bolu 1	154 Kv Bolu 2	0.009784	0.030984	0.010907
380 Kv Ereğli 2	380 Kv Osmanca	0.001174	0.010699	0.249531
380 Kv Ereğli 2	154 Kv Ereğli 2	0.004210	0.019370	0.008300
154 Kv Akçakoca	154 Kv Osmanca	0.013107	0.041363	0.014666
154 Kv Akçakoca	154 Kv Ereğli 2	0.020041	0.063604	0.022288
154 Kv Erdemir 1	154 Kv Ereğli 2	0.001131	0.005607	0.002148
154 Kv Ereğli 2	154 Kv Erdemir 2	0.000854	0.004232	0.001622
154 Kv Erdemir 1	154 Kv Erdemir 2	0.000356	0.001765	0.000676
154 Kv Yeni Çates	154 Kv Zonguldak	0.007671	0.024606	0.008433
154 Kv Ereğli 2	154 Kv Yeni Çates	0.012065	0.101244	0.033569
154 Kv Ereğli 2	154 Kv Zonguldak	0.021577	0.069210	0.023719
154 Kv Çaycuma	154 Kv Yeni Çates	0.014041	0.041881	0.016635
154 Kv Bartın	154 Kv Yeni Çates	0.022775	0.073051	0.025036
154 Kv Çaycuma	154 Kv Safranbolu	0.039615	0.127068	0.043548
154 Kv Karabük	154 Kv Safranbolu	0.008256	0.026481	0.009075
154 Kv İsmet paşa	154 Kv Karabük	0.024105	0.077319	0.026498
154 Kv Gerkonsan	154 Kv İsmet paşa	0.022637	0.072610	0.024885
154 Kv Bolu Çimento	154 Kv Gerkonsan	0.021826	0.069609	0.024144
154 Kv Bolu 2	154 Kv Bolu Çimento	0.002897	0.009090	0.003261
380 Kv Adapazarı	380 Kv Bursa DGKÇS	0.003374	0.031179	0.692429
380 Kv Adapazarı	380 Kv Tepeören (kuzey)	0.001979	0.018287	0.406122
380 Kv Adapazarı	380 Kv Tepeören (güney)	0.001321	0.015177	0.498591
380 Kv Adapazarı	380 Kv Tepeören 3	0.002097	0.019424	0.429504
380 Kv Bursa Sanayi	380 Kv Bursa DGKÇS	0.000389	0.003592	0.079781
380 Kv Bursa Sanayi	154 Kv Bursa Sanayi	0.000340	0.003710	0.067870
380 Kv Bursa Sanayi	380 Kv Tutes Şalt	0.002112	0.019471	0.443313
380 Kv Tutes Şalt	154 Kv Tutes Şalt	0.000420	0.004510	0.082460
154 Kv Bursa Sanayi	154 Kv Bursa	0.002200	0.017978	0.006317
380 Kv Seyitömer	380 Kv Tutes Şalt	0.001010	0.009314	0.212059
380 Kv Seyitömer	154 Kv Seyitömer	0.001260	0.005900	0.002630
154 Kv Bozöyük	154 Kv Seyitömer	0.018140	0.089916	0.034455
154 Kv Bozöyük Akenerji	154 Kv Bozöyük	0.001302	0.003883	0.001542
154 Kv Adapazarı	154 Kv Pamukova	0.012825	0.063574	0.024361
154 Kv Adapazarı	154 Kv Paşalar	0.020638	0.102303	0.039202
154 Kv Pamukova	154 Kv Paşalar	0.010399	0.051546	0.019752
154 Kv Paşalar	154 Kv Söğüt	0.018200	0.058165	0.020089
154 Kv Bozöyük	154 Kv Söğüt	0.013775	0.043971	0.015224

154 Kv Kütahya (1.devre)	154 Kv Seyitömer (1.devre)	0.007491	0.035151	0.015056
154 Kv Kütahya (2.devre)	154 Kv Seyitömer (2.devre)	0.006160	0.051692	0.017139
154 Kv Altıntaş	154 Kv Kütahya	0.033371	0.106071	0.037053
154 Kv Kütahya (1.devre)	154 Kv Tutes Şalt (1.devre)	0.030795	0.091855	0.036485
154 Kv Kütahya (2.devre)	154 Kv Tutes Şalt (2.devre)	0.028862	0.092578	0.031728
154 Kv Tutes A	154 Kv Tutes B	0.000693	0.003436	0.001317
154 Kv Paşalar	154 Kv Tutes A	0.035148	0.174227	0.066763
154 Kv Tutes B	154 Kv Tutes Şalt (1.devre)	0.000714	0.003349	0.001435
154 Kv Tutes B	154 Kv Tutes Şalt (2.devre)	0.000513	0.004691	0.002865
154 Kv Kırka	154 Kv Seyitömer	0.036755	0.117895	0.040405
154 Kv Çifteler	154 Kv Kırka	0.027731	0.088948	0.030484
154 Kv Çifteler	154 Kv Eskişehir 2	0.040204	0.126286	0.045159
154 Kv Eskişehir 1	154 Kv Eskişehir 2	0.021792	0.069900	0.023956
154 Kv Eskişehir 3	154 Kv Eskişehir 2	0.005409	0.025334	0.010893
154 Kv Bozöyük	154 Kv Eskişehir 3	0.023791	0.076312	0.026153
154 Kv Bilorsa	154 Kv Tutes A	0.029636	0.146901	0.056291
154 Kv Bilorsa	154 Kv Paşalar	0.005373	0.026632	0.010205
154 Kv Eskişehir 3	154 Kv Tutes A	0.064269	0.206148	0.070650
154 Kv Eskişehir 2	154 Kv Tutes A	0.039127	0.193949	0.074320
154 Kv Paşalar	154 Kv Yenişehir	0.020154	0.064645	0.022155
154 Kv Kestel	154 Kv Yenişehir	0.022422	0.071581	0.024778
154 Kv Emet	154 Kv Tutes Şalt	0.021741	0.069735	0.023899
154 Kv Emet	154 Kv Yeni Gediz	0.032023	0.102714	0.035202
154 Kv Simav	154 Kv Yeni Gediz	0.022195	0.071193	0.024399
154 Kv Demirci	154 Kv Simav	0.015846	0.050827	0.017419
154 Kv Orhangazi	154 Kv Paşalar	0.040487	0.129863	0.044506
154 Kv Bursa DGKÇS	154 Kv Gemlik	0.008631	0.027684	0.009488
154 Kv Bursa DGKÇS	154 Kv Orhangazi	0.011203	0.055534	0.021280
154 Kv Gemlik	154 Kv Orhangazi	0.011432	0.036608	0.012590
154 Kv Asil Çelik	154 Kv Bursa DGKÇS	0.014599	0.046826	0.016048
154 Kv Asil Çelik	154 Kv Orhangazi	0.004212	0.013511	0.004630
154 Kv Bursa DGKÇS (1.devre)	154 Kv Otosantit (1.devre)	0.003753	0.026852	0.012317
154 Kv Bursa DGKÇS (2.devre)	154 Kv Otosantit (2.devre)	0.003520	0.029538	0.009794
154 Kv Bursa 3	154 Kv Otosantit	0.001560	0.012331	0.004648
154 Kv Bursa	154 Kv Bursa 3	0.001164	0.009766	0.003238
154 Kv Kestel	154 Kv Otosantit	0.005933	0.019029	0.006522
154 Kv İnegöl	154 Kv Kestel	0.015116	0.048485	0.016617
154 Kv Bursa DGKÇS (1.devre)	154 Kv Bursa Sanayi (1.devre)	0.005884	0.027614	0.011828
154 Kv Bursa DGKÇS (2.devre)	154 Kv Bursa Sanayi (2.devre)	0.006120	0.030339	0.011626
154 Kv M.K.Paşa	154 Kv Orhaneli	0.021442	0.106287	0.040728
154 Kv Bursa Sanayi	154 Kv Orhaneli	0.011590	0.057450	0.022015
154 Kv İnegöl	154 Kv Orhaneli	0.025812	0.127945	0.049028
154 Kv Beşevler	154 Kv Orhaneli	0.011612	0.057560	0.022057
154 Kv Beşevler	154 Kv Bursa Sanayi	0.000867	0.004296	0.001646
154 Kv Göbel	154 Kv Orhaneli	0.026546	0.131584	0.050422
154 Kv Göbel	154 Kv M.K.Paşa	0.008116	0.040230	0.015416
154 Kv Bursa Sanayi	154 Kv Görükle	0.003971	0.033327	0.11050
154 Kv Akçalar	154 Kv Görükle	0.015846	0.050827	0.017419
154 Kv Akçalar	154 Kv Karacabey	0.014332	0.045970	0.015755
154 Kv Göbel	154 Kv Karacabey	0.014148	0.045381	0.015553

154 Kv Demirtaş	154 Kv Entek 1	0.001166	0.005470	0.002343
154 Kv Bursa DGKÇS	154 Kv Demirtaş	0.003822	0.018945	0.007260
154 Kv Bosen	154 Kv Demirtaş	0.005165	0.025601	0.009810
154 Kv Bosen	154 Kv Bursa Sanayi	0.000485	0.002406	0.000922

15.12.2008 tarihindeki Kuzeybatı Anadolu şebekesinin sorumluluğunda bulunan istasyonlardaki yük durumlarını ve açılarını gösteren tablo Tablo 4.3.'de verilmiştir.

Tablo 4.3. 15.12.2008 tarihindeki Kuzeybatı anadolu şebekesinin sorumluluğunda bulunan istasyonlardaki yük durumları ve açıları

15.12.2008 TARİHİNDEKİ KBA'NIN SORUMLULUĞUNDA BULUNAN İSTASYONLARDAKİ YÜK DURUMLARI VE AÇILARI				
İstasyonlar	Aktif Güç (MW)	Reaktif Güç (MVAR)	Görünür Güç (MVA)	Açısı
380 Kv Ümraniye	818.2	128.3	828,198	8,911
380 Kv Paşaköy	945.6	152.6	957,834	9,167
380 Kv Tepeören	1537.5	274.7	1.561,847	10,130
380 Kv Adapazarı	1913.1	555.9	1.992,229	16,202
380 Kv Ada DGKÇS 1	1660	421.1	1.712,579	14,234
380 Kv Ada DGKÇS 2	722	200.1	749,216	15,490
380 Kv Bursa DGKÇS	350	255.9	433,572	36,172
380 Kv Bursa Sanayi	242.5	247.8	346,715	45,619
380 Kv Tutes Şalt	131.2	86.4	157,094	33,366
380 Kv Osmanca	471.8	242.6	530,519	27,212
380 Kv Seyitömer	524.1	293.1	600,490	29,215
154 Kv Vanıköy	50	17	52,811	18,778
154 Kv Selimiye	193.1	33.3	195,950	9,784
154 Kv Göztepe	105	24.1	107,730	12,926
154 Kv Ümraniye	545.3	72.8	550,138	7,604
154 Kv Küçükbakkalköy	237	33.2	239,314	7,974
154 Kv Büyükbakkalköy	260	81.8	272,564	17,464
154 Kv Paşaköy	360.6	109.6	376,888	16,906
154 Kv Soğanlık	149	50.7	157,390	18,791
154 Kv Kartal	113.9	21.2	115,856	10,543
154 Kv Dudullu	206	47	211,294	12,852
154 Kv Kurtköy	95	10.8	95,612	6,485
154 Kv Tuzla	104	28.6	107,861	15,376
154 Kv İçmeler	179.1	35.6	182,604	11,242
154 Kv Kroman Çelik	134.1	41.4	140,345	17,156
154 Kv Tepeören	540.8	126.9	555,489	13,205
154 Kv Gosb	134	27.7	136,833	11,679
154 Kv Çolakoğlu	474	303.2	562,678	32,605
154 Kv Diliskelesi	310.4	103.6	327,232	18,457
154 Kv Şile	50.1	10.9	51,272	12,274
154 Kv İsaköy	35	8.9	36,114	14,267
154 Kv Yarımca 1	55.4	9.4	56,192	9,629
154 Kv İzmit Gis	71	22.5	74,480	17,583
154 Kv Nuh Çimento	58	7.8	58,522	7,659



154 Kv Enerjisa	80.2	34.1	87,148	23,034
154 Kv Yarımca 2	47	18	50,329	20,955
154 Kv Hyundai	61.6	9.1	62,268	8,403
154 Kv Nuh Enerji	58	7.8	58,522	7,659
154 Kv Kaynarca	13	4.4	13,724	18,698
154 Kv Sakarya	50	10.7	51,132	12,079
154 Kv Köseköy	197.3	76.7	211,684	21,243
154 Kv Entek 2	74	49.5	89,029	33,779
154 Kv Gölcük	16.7	4.6	17,322	15,400
154 Kv Ford Otosan	49.7	35	60,787	35,154
154 Kv Karamürsel	52	29.6	59,834	29,649
154 Kv Yalova	87.8	14.6	89,005	9,441
154 Kv Adapazarı	600.2	205.4	634,373	18,891
154 Kv Orhangazi	182.5	25.1	184,218	7,831
154 Kv Gemlik	130	25.6	132,496	11,140
154 Kv Asil Çelik	102.1	11	102,691	6,149
154 Kv Bursa DGKÇS	799.2	131.4	809,930	9,336
154 Kv İnegöl	97	21.6	99,376	12,553
154 Kv Entek 1	137	43.4	143,710	17,577
154 Kv Demirtaş	108.9	44.1	117,490	22,045
154 Kv Bosen	24	35.2	42,603	55,713
154 Kv Bursa Sanayi	610.2	268.1	666,499	23,718
154 Kv Otosantit	231.9	51.3	237,506	12,473
154 Kv Bursa 3	80	24.8	83,756	17,223
154 Kv Bursa	198.3	79	213,457	21,721
154 Kv Görükle	47	6.3	47,420	7,634
154 Kv Akçalar	8	1.1	8,075	7,829
154 Kv Karacabey	26	5.9	26,661	12,785
154 Kv Beşevler	72.3	22.3	75,661	17,141
154 Kv Orhaneli	175.8	64.5	187,258	20,147
154 Kv M.K.Paşa	25	7.7	26,159	17,118
154 Kv Göbel	43.1	12.6	44,904	16,295
154 Kv Kestel	142.9	21.8	144,553	8,673
154 Kv Yenişehir	34	10	35,440	16,389
154 Kv Paşalar	58	28.8	64,756	26,406
154 Kv Tutes Şalt	213.3	39.8	216,981	10,569
154 Kv Emet	84.5	2.2	84,528	1,491
154 Kv Yeni Gediz	76.5	11.9	77,420	8,841
154 Kv Simav	15	4.1	15,550	15,287
154 Kv Demirci	6	2.3	6,425	20,973
154 Kv Tutes A	47.9	6.7	48,366	7,962
154 Kv Tutes B	130.1	26	132,672	11,301
154 Kv Bilorsa	30	8.9	31,292	16,523
154 Kv Pamukova	22	9.4	23,924	23,135
154 Kv Söğüt	31.6	2.2	31,676	3,982
154 Kv Bozöyük	138.1	14.8	138,890	6,116
154 Kv Bozöyük Akenerji	111	19.2	112,648	9,813
154 Kv Seyitömer	110.1	26.9	113,338	13,729
154 Kv Kırka	37.2	3.3	37,346	5,069
154 Kv Eskişehir 1	33	11	34,785	18,434
154 Kv Eskişehir 2	122.3	30.8	126,118	14,135
154 Kv Çifteler	34.9	4.6	35,202	7,508
154 Kv Eskişehir 3	87	9	87,464	5,906

154 Kv Kütahya	88.2	26.3	92,037	16,603
154 Kv Altıntaş	24.8	16.8	29,954	34,114
154 Kv Osmanca	145.4	45.7	152,413	17,448
154 Kv Melen	14	2.8	14,277	11,309
154 Kv Karasu	23	4.6	23,455	11,309
154 Kv Hendek	37	8.6	37,986	13,085
154 Kv Toyota	63.6	22.3	67,396	19,322
154 Kv Kuzuluk	22	5	22,561	12,804
154 Kv Mudurnu	68.5	18.1	70,851	14,801
154 Kv Sarıyar	187.4	46.8	193,155	14,021
154 Kv Kaynaşlı	44.9	27.5	52,652	31,486
154 Kv Bolu 1	65.1	25.7	69,989	21,542
154 Kv Bolu 2	30	10.7	31,851	19,629
154 Kv Bolu Çimento	10	12	15,620	50,194
154 Kv Gerkonsan	21	14.8	25,691	35,174
154 Kv İsmetpaşa	53.5	13.9	55,276	14,564
154 Kv Karabük	35.5	6.3	36,055	10,063
154 Kv Safranbolu	28.3	7.4	29,251	14,653
154 Kv Çaycuma	69.7	19.3	72,322	15,477
154 Kv Yeni Çates	228	100.4	249,126	23,766
154 Kv Bartın	49.5	11.2	50,751	12,749
154 Kv Akçakoca	21	3.9	21,359	10,520
154 Kv Ereğli 2	151.3	46.2	158,196	16,980
154 Kv Erdemir 1	57	11.9	58,229	11,792
154 Kv Erdemir 2	35.2	8.5	36,211	13,575
154 Kv Zonguldak	46.9	30.3	55,836	32,864

Kuzeybatı anadolu şebekesinin sorumluluğunda bulunan üretim santrallerini ve üretim değerlerini gösteren tablo Tablo 4.4.'de verilmiştir.

Tablo 4.4. Kuzeybatı anadolu şebekesinin sorumluluğunda bulunan üretim santralleri ve üretim değerleri ( 100 MVA bazda p.u. cinsinden )

<b>KBA'NIN SORUMLULUĞUNDA BULUNAN ÜRETİM SANTRALLERİNİN ÜRETİM DEĞERLERİ</b>				
<b>İstasyonun Adı</b>	<b>P (MW)</b>	<b>Q (MVAR)</b>	<b>P (Pu)</b>	<b>Q (Pu)</b>
380 Kv Ada DGKÇS 1	1432	186	14,32	1,86
380 Kv Ada DGKÇS 2	722	72	7,22	0,72
154 Kv Çolakoğlu	474	116	4,74	1,16
154 Kv Enerji Sa	41	4	0,41	0,04
154 Kv Nuh Enerji	58	14	0,58	0,14
154 Kv Entek 2	97	30	0,97	0,30
154 Kv Sarıyar	160	17	1,60	0,17
154 Kv Yeni Çates	228	97	2,28	0,97
154 Kv Bozöyük Akenerji	111	18	1,11	0,18
154 Kv Seyitömer	370	120	1,10	0,10
154 Kv Tutes A	125	10	1,25	0,10
154 Kv Tutes B	130	10	1,30	0,10
154 Kv Bursa DGKÇS	715	135	7,15	1,35

154 Kv Orhaneli	130	10	1,30	0,10
154 Kv Entek 1	137	9	1,37	0,09
380 Kv Bursa DGKÇS	350	67	3,50	0,67
380 Kv Tutes Şalt	105	5	1,05	0,05
380 Kv Seyitömer	370	0	3,70	0,00

## 4.2. Kuzeybatı Anadolu Şebekesinin Görevleri

1. Tüketim ihtiyacına göre elektrik üretiminin ve iletiminin sağlanması.
2. Sistem gerilim ve frekansının belirli sınırlar içinde tutulması ve yük atma.
3. İşletmenin yürütülmesi.
4. Manevraların koordinasyonu ve yaptırılmasıdır.

## 4.3. Tüketim İhtiyacına Göre Elektrik Üretiminin Ve İletiminin Sağlanması

### 4.3.1. Enerji üretimi

Şebekeye bağlı bir jeneratörün aktif gücü miline uygulanan döndürme momentiyle orantılıdır. Döndürme momenti ise santral cinsine bağlı olarak türbine giren buhar, gaz veya su debisi ile orantılıdır. Aktif gücü arttırmak için türbin giriş ventilini açmak, aksi halde kapatmak gerekir. Bu işlemler elle veya otomatik olarak türbin hız regülatörleri vasıtasıyla yapılır. Aktif enerji üretimi, reaktif enerjiye nazaran (30-100) kat daha masraflıdır. Bu bakımdan sistem işletmesinde ekonomi yönünden öncelikle düşünülmesi gerekir.

### 4.3.2. Enerji iletimi

Üretilen enerjinin iletilmesinde öncelikle enerji iletim hatlarının aşırı yüklenmemesine dikkat edilmelidir. Hatlarda aşırı yüklenme durumu varsa, santral yüklerinde değişiklik yapılmalıdır. Özellikle 380 Kv hatların yüklenmelerinde, hat ucunda bulunan ayırıcı, akım trafosu ve line-treep kapasiteleri dikkate alınmalıdır. 154 Kv enerji iletim hatlarının hemen hemen hepsinde hattın aşırı yüklenmesini önleyen aşırı akım röleleri mevcuttur. Bu bakımdan bu hatların aşırı akım ayarlarının bilinmesi ve geçirilecek yükün buna göre ayarlanması sağlanmalıdır. Ayrıca aşırı akım röleleri bazı hallerde hattın taşıyabileceği akım kapasitesinin çok altında

ayarlanmış olabilir. Bu gibi durumlarda akım trafolarında veya aşırı akım rölelerinde yeniden ayar yapmak gerekir.

#### **4.4. Sistem Gerilim ve Frekansının Belirli Sınırlar İçinde Tutulması**

##### **4.4.1. Gerilimin belirli sınırlar içinde tutulması**

Enterkonnekte sistemin işletmesinde santrallerin tüketim merkezlerinden uzak olması enerjinin uzak mesafelere taşınması, hatlarda gerilim düşmesine sebep olur. Bunun neticesi olarak her trafo istasyonunda değişik gerilim değerleri ile karşılaşılır. Trafo merkezindeki gerilimin nominal gerilim değerine göre farkının  $\pm \% 5$  sınırları içinde kalması istenir.

Gerilim günlere ve günün saatlerindeki yük talebine bağlı olarak istenmeyen değişiklikler gösterir. Gündüz ve akşam saatlerinde sistem yükü büyük olduğundan gerilim düşük, tatil günleri ve gece saatlerinde ise yük düşük olduğundan gerilim yüksektir. Yüklerin artması, hatlardaki gerilim düşümünün büyümesini, santrallerin gerilimi normal sınırlar içerisinde tutmasını engeller. Geceleri ise hatların yükünün azalması, hat kayıplarının azalmasına, hattın ürettiği reaktif enerjinin artmasına neden olur ki, buda gerilimin normal sınırların üzerine çıkmasına neden olur. Santraller gerilimi normal sınırlara düşürmek için yeterli olmayabilir. İşte bu nedenlerle gerilimi yükseltmek ve düşürmek için ilave tedbirler almak gerekir ;

Gerilimin ayarlanmasında özellikle bölgenin maksimum ve minimum gerilim değerleri dikkate alınarak, transformatörler için uygun kademeler seçilir. Bundan sonrada varsa reaktör, kondansatör, senkron kompansatörlerden faydalanılır.

Gerilimin düşük olduğu bir bölgede gerilimin yükseltilmesi için yapılacak işlemler ;

1. Devrede reaktör var ise reaktörler servis harici edilir.
2. Kondansatörler devreye alınır.
3. Santrallerde jeneratör ikaz durumları arttırılır.
4. Senkron kompansatörler devreye alınıp yüksek ikazla çalıştırılır.

5. Servis dışı hat var ise, tek taraflı kapatılır.
6. Güç transformatörlerinde kademe değişikliğine baş vurulur.
7. İmkan var ise, hatlar doğal yüklenme sınırlarının altında yüklenirler.

Gerilimin yüksek olduğu bir bölgede gerilimin düşürülmesi için yapılacak işlemler ;

1. Boşta tek taraflı kapatılmış hat varsa açılır.
2. Kondansatörler servisten çıkartılır.
3. Reaktörler devreye alınır.
4. Santrallerde ikaz akımı düşürülür.
5. Senkron kompensatörler devreye alınır düşük ikazla çalıştırılır.
6. Trafo kademeleri ayarlanır.

Sistemde gerilim ile ilgili uygulamalar :

1-) İşletme gerilimi sınırları :

380 Kv		154 Kv
Max :	420 Kv	Max : 170 Kv
Min :	340 Kv	Min : 140 Kv

2-) Jeneratör terminalinde sağlanacak gerilim değişimi :

En az :  $\pm \% 5$

3-) Jeneratörlerin ikaz sistemleri (Cos  $\delta$ ) aşağıdaki gibi olmalıdır :

a-) Aşırı ikazlı çalışma		Cos $\delta$
Gaz türbinleri ve kombine çevrim santralleri	:	0,85
Kömür ve ağır sıvı yakıtlı santraller	:	0,90
Hidrolik santraller	:	0,90 'a kadar
b-) Düşük ikazlı çalışma		Cos $\delta$
Termik santrallerde	:	0,85

Hidrolik santraller : 0,95 'e kadar

4-) Senkron kompensatör ( MVAR ) üretim-tüketimi :

a-) Aşırı ikazlı çalışma

Termik Üniteler : Normal MVA'nın % 80 i.  
Hidrolik Üniteler : Normal MVA'nın % 80 i.  
kadar üretim.

b-) Düşük ikazlı çalışma

Termik Üniteler : Normal MVA'nın % 33 ü.  
Hidrolik Üniteler : Normal MVA'nın % 80 i.  
kadar tüketim.

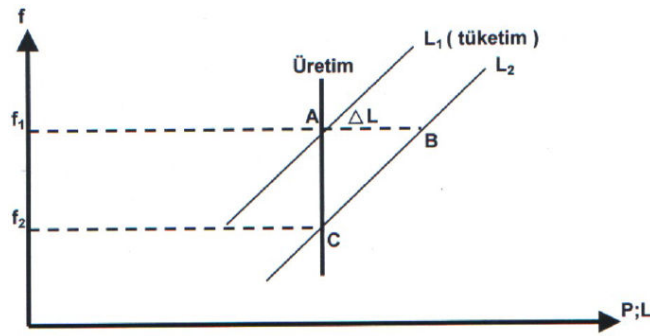
#### 4.5. Enterkonnekte Sistemde Frekans Kontrolü

##### 4.5.1. Şebeke davranışı

Bir elektrik şebekesinin davranışı, bir motor ve motora bağlı yükün oluşturduğu bir makine davranışı ile karşılaştırılabilir. Motor bir güç üretir ve motora bağlı yük bu gücü harcar. Eğer üretilen güç harcanan güce eşitse sistem dengededir ve motorun hızı sabit kalır. Motorun ürettiği güç yükten fazla ise hız artar, motor gücü yükten az ise hız azalır. Enterkonnekte şebekede de toplam üretim kayıplar da dahil olmak üzere toplam tüketime eşit ise, şebekeye bağlı jeneratörlerin hızları değişmeyip sabit kalır. Bir şebekede hız yerine frekans kullanılır. Frekans hızla orantılı olup, hız düşmesi frekans düşmesi ile aynı anlama gelir.

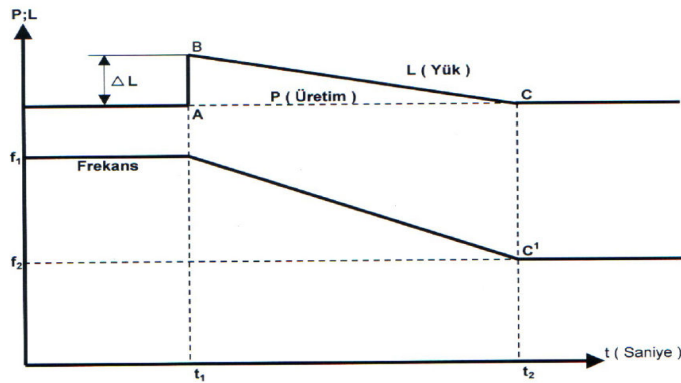
Herhangi bir nedenle harcanan yük (tüketim) aniden artarsa veya üretilen güç aniden azalır (örneğin bir ünite aniden servis harici olursa) frekans düşmeye başlar. Bu sistemde frekans tutan santral yoksa, frekans düşümü çok büyük olur. Her ne kadar frekans düşmesiyle beraber sistemdeki motorların yavaşlaması nedeniyle, tüketimde de bir miktar azalma olsa da, sistemin dengeye gelmesi çok zordur. Genelde türbinlerin 47,5 Hz' in altında çalışmadığı düşünülürse, sistemin dengede kalabilmesi için frekansın bu seviyenin üzerinde kalması gerekir.

Şekil 4.1.'de Yük artışı sırasında frekansa göre üretim-tüketim eğrisi gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Yük artışı sırasında frekansa göre üretim-tüketim eğrisi

Şekil 4.1'de üretim frekansa bağlı olmayıp, sabittir. Sistemde frekans tutan santral yoktur. A noktasında üretim ve tüketim birbirine eşit olup, frekans  $f_1$ 'dir. Sisteme ani olarak  $\Delta L$  kadar bir büyüklük geldiğini düşünelim. Yani yük karakteristiği  $L_2$  doğrusu olacaktır. B noktasında üretim-tüketim dengesi olmayıp, tüketim üretimden büyüktür. Bu nedenle sistemde frekans düşmeye başlar ve denge ancak C noktasında sağlanabilir. C noktasında frekans  $f_2$  değerine düşmüştür. Bu değer türbinlerin çalışabileceği minimum frekansın altında ise, sistem çöker. Şekil 4.2.'de Üretim, tüketim ve frekansın zamana bağlı olarak değişimi gösterilmiştir.



Şekil 4.2.Üretim tüketim ve frekansın zamana bağlı olarak değişimi

Şekil 4.2'de bu çalışma tarzının zamana bağlı değişimini göstermektedir. P (üretim) sabittir.  $t_1$  anında yük  $\Delta L$  kadar artarsa B noktasında dengesizlik oluşur ve frekans düşmeye başlar. Frekansla birlikte doğal olarak yükte azalmaya başlar ve  $t_2$  anında C

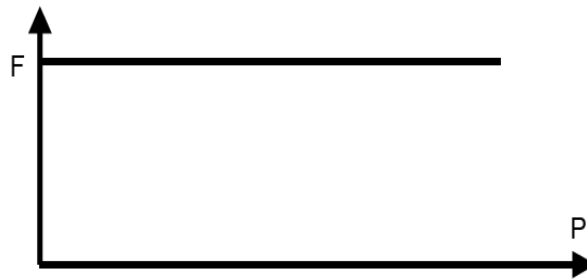
noktasında üretim-tüketim dengesi oluşabilir, ancak sistemin dengede kalabilmesi için F2 frekansının türbinlerin minimum çalışma frekansının üstünde olması gerekir.

#### 4.5.2. Hız regülatörleri

Sistemdeki üretim-tüketim dengesinin bozulması halinde, frekansın büyük bir değişikliğe uğradığı bilinir. Dengeyi sağlayabilmek için sistemin kontrol edilmesi gerekmektedir. Tüketimi kontrol etmek imkansızdır. Bu durumda üretimin kontrol edilerek, tüketime eşitlenmesi gerekmektedir. Bu kontrol hız regülatörleri ile otomatik olarak yapılmaktadır. Hız regülatörleri karakteristikleri doğrusal olup, iki çeşidi bulunmaktadır.

##### 4.5.2.1. Astatik karakteristikli regülatör:

Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Frekans yüke bağlı değildir. Frekans sabit olup, yük değişkendir. Bir jeneratörün tek başına bir yükü beslemesi halinde kullanılır.

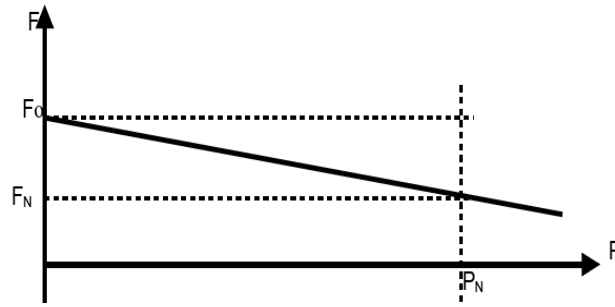


Şekil 4.3. Astatik karakteristikli regülatör

##### 4.5.2.2. Statik karakteristikli regülatör:

Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Jeneratörün üretim gücü frekansa bağlıdır. Frekans düştükçe regülatör, türbin vanalarını açtırma yönünde çalışarak jeneratörün yük almasını sağlar. Bu tip regülatörler birden fazla jeneratörün paralel çalışarak, büyük bir şebekeyi beslemesi durumunda kullanılır.





Şekil 4.4. Statik karakteristikli regülatör

#### 4.6. Yük Atma

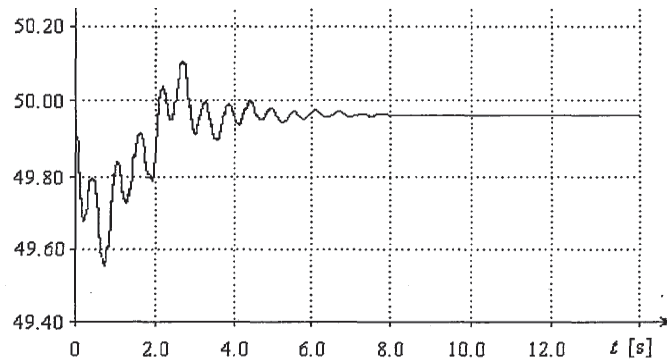
Elektrik güç sistemlerinde tüketicilere kaliteli ve sürekli elektrik sağlanması, elektrik üretiminin en önemli hedefidir. Bu hedefe ulaşmak için elektrik güç sistemleri tasarlanırken işletmede olabilecek bütün olağanüstü durumlar hesaba katılır. Yükün karşılanması için yeteri miktarda primer ve sekonder üretim yedeği elde tutulmalıdır. Fakat sistem işletmesinde emniyet faktörü ne kadar büyük olursa olsun sistem işletme şartlarının veya arızaların önceden tahmin edilemeyen ihtimalleri genellikle sistemin bölünmesine ve bölünen bölgelerde bölgenin kendi yükünü besleyemeyecek kadar elektrik üretiminin düşmesine sebep olabilir. Bu yüzden böyle bir arızanın çok hızlı olarak tespit edilip gerekli tedbirlerin alınması şarttır. Enterkonnekte sistem içinde karşılaşılan tipik arızaların başında bir jeneratör ünitesinin veya bir iletim hattının devre dışı kalması gelir. Böyle bir arızada sistem bölünürse bazı bölgeler aşırı üretim yaparken bazıları yetersiz üretim yapabilir. Bu yük dengesizliği üretimin aşırı olduğu bölgelerde jeneratörlerin hızını arttırırken, üretimin yetersiz olduğu bölgelerde jeneratörlerin hızlarını düşürür. Böyle durumlarda üretim ile tüketim arasındaki dengenin sağlanması için ilk önce üretimin arttırılması düşünülür. Bu mümkün olmazsa frekans düşüşüne bağlı olarak otomatik yük atma işlemi başlatılır. Üretimin arttırılması her zaman uygulanamayabilir. Çünkü bu durum 5-10 dakika sürebilir. Bu ise bir çok arızanın giderilmesi için gerçekten çok uzun ve arzu edilmeyen süredir.

Otomatik yük atma işlemi ise çok kısa zamanda yerine getirilebilir. Otomatik yük atma işlemi için düşük frekans röleleri kullanılmaktadır. Bu röleler frekans düşüşünü

tespit ettikleri zaman üretim ve yükün tekrar dengeye gelmesine kadar kademe kademe yük atılmasını sağlarlar. Bu röleler genellikle iletim istasyonlarında sistemden atılabilecek yüklerin bulunduğu fiderleri kontrol ederler. Bir elektrik güç sisteminin talep ettiği elektrik enerjisi zamana bağlı olarak doğru bir şekilde tahmin edilemezse ve buna bağlı olarak hangi üretim gruplarının çalıştırılacağı belirlenemezse veya tahmin edilemeyecek seviyede sıra dışı bir şekilde yedek güç değerleri aşırsa yük atma işlemine başlamak gerekebilir.

Elektrik güç sistemlerinde aşırı yük talep edilmesi, anahtarlama sırasında meydana gelen geçici olaylar, yükten bağımsız olarak üretimin kısa bir sürede düşmesi veya büyük bir üretim grubunun devre dışı kalması gibi olaylar da yük atmayı gerektirebilir. Bu durumda olan bir güç sisteminde yük atma işlemine başlamak için iki problemin çözülmesi gerekir. Bunlardan birincisi ne kadar yük atılması gerektiği ikincisi ise sistemin hangi bölgesinden yük atılması gerektiğidir.

Ne kadar yük atılacağı sistemin o anki frekansına bağlı olarak üretime katılan grupların verebileceği toplam güç ve o anda talep edilen güce göre belirlenir. Nereden yük atılacağına belirlenmesi için ise bağlantı hatları yük akışlarının ve bara gerilimlerinin kontrol edilmesi gereklidir. Yük atma işlemi ; düşük frekansta yük atma, düşük gerilimde yük atma ve kararlı durumda yük atma şeklinde üç farklı şekilde yapılabilir. Şekil 4.5’da düşük frekansta yapılan yük atma sonucunda frekansın nasıl düzeltildiği görülmektedir.



Şekil 4.5.Düşük frekansta yük atma

Frekans başlangıçta 49,90 Hz seviyesinde iken yük atma işlemi sonunda 49,95 Hz seviyesine yükselmiştir. Yük atma işlemine ne kadar geç başlanırsa atılacak yükün miktarı da o kadar artar ve bu durumda frekanstaki salınımlar da artar. Bu yüzden bir güç sisteminden yük atılması gerektiğinde bu işlemin genel olarak 5-6 kademeli ve çok hızlı bir şekilde yapılması istenir.

Sistemimizde düşük frekansta yük atma kademeleri şunlardır :

1.Kademe	:	49,0 Hz	3.Kademe	:	48,6 Hz
2.Kademe	:	48,8 Hz	4.Kademe	:	48,4 Hz

Türbinler için frekans limitleri :

a ) Buhar Türbin – Jeneratörü için

$\pm$ % 3 ( 48,5 – 51,5 Hz )	:	Sürekli çalışabilir.
- % 4 ( 48 Hz )	:	20 dakika çalışabilir. Yılda toplam 2 saat
- % 5 ( 47,5 Hz )	:	10 dakika çalışabilir. Yılda toplam 1 saat
- % 5ten fazla( 47,5 Hz'den düşük ):	:	10 saniye çalışabilir.

b ) Gaz Türbin – Jeneratörü için

47,5 – 51,5 Hz	:	Sürekli.
47 – 47,4 Hz	:	10 Saniye.
47 Hz 'in altında	:	Devre dışı olur.

## **BÖLÜM 5. YÜK İLETİMİNDE VE DAĞITIMINDA BİR AÇIK KAYNAK UYGULAMA PROGRAMI PSAT**

Power System Analysis Toolbox (PSAT) elektrik güç sistemleri analizi ve benzetimini yapan ve birçok işletim sisteminde çalışan bir matlab uygulamasıdır. Program komut satırından girilen komutlarla kullanılabilir. Program GNU Octave uyumludur. Tüm işlemler grafik arabirimi (GUIs) ile görsel bir şekilde uygulanabilirken ayrıca simulink tabanlı kütüphane uygulamaları da sistem tasarımı için kolay kullanım imkanı sağlamaktadır.

PSAT, Matlab vektör hesaplamalarını ve sparse matris uygulamalarını optimum bir çözüm için sonuna kadar kullanır.

Bu programın yapabildiği ana işler, yük akışı, sürekli yük akışı, optimal yük akışı, küçük işaret kararlılık analizi, zaman domeni benzetimini, fazör ölçüm birimi yerleşimi (PMU), FACTS modelleri, rüzgar türbin modelleri, bazı formatlardaki dataların çevrimi, program sonuç raporlaması, GAMS ve UWPFLOW programları ile ara yüz sunmasıdır. GAMS ve UWPFLOW sayesinde sırasıyla sürekli ve optimum yük akış hesaplamalarında hassas ve doğru hesaplamalar yapar.

Newton-Raphson iterasyonu kullanılan program doğru ve tam bir yük akışı analizi için statik yüklerin yanında senkron makine yükleri ve kontrol sistemlerinin, FACTS cihazlarının, rüzgar türbinlerinin de matematiksel olarak programa girilmesine imkan verir.

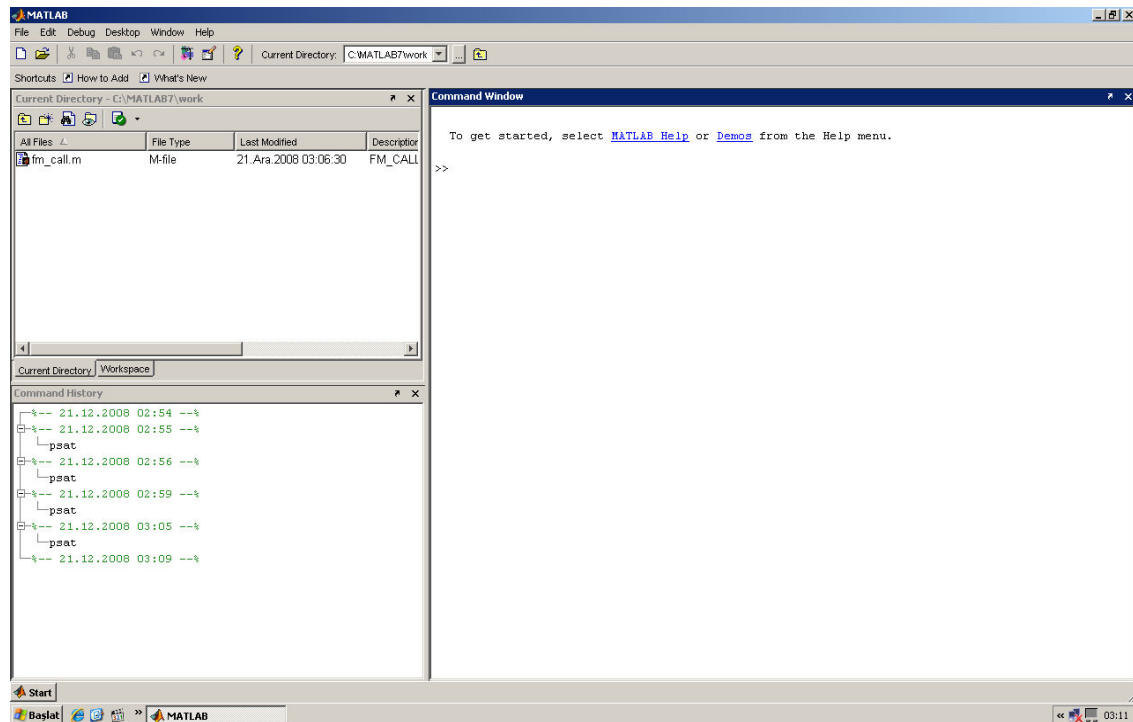
Federico Milano tarafından tasarlanarak ilk defa 20 Ocak 2006 tarihinde Kanada-Montreal'de yapılan IEE-PES açık kaynak yazılımları toplantısında dünyaya sunulması bu programın geliştirilmesi ve kullanım kısıtlamaları olmaması, açık

kaynak kodlarına ulaşım imkanının olması ve bu nedenle eğitim ve araştırmaya açık olması, hemen hemen aynı özelliklere ve uygulamalara sahip PSS/E, EUROSTAG, SIMPOW, CYME, POWERWORLD, NEPLAN gibi ticari programların önüne geçmesini sağlamıştır. Matlab tarafından sağlanamayan toolboxlardan dolayı bu program tarafından gerçekleştirilemeyen görevler ise, arıza analizi, topraklama sistemleri, harmonik analizi, koruma analiz ve koordinasyonu'dur.

### 5.1. Güç Akışı Analizinde Kullanılacak olan PSAT Programının Tanıtılması

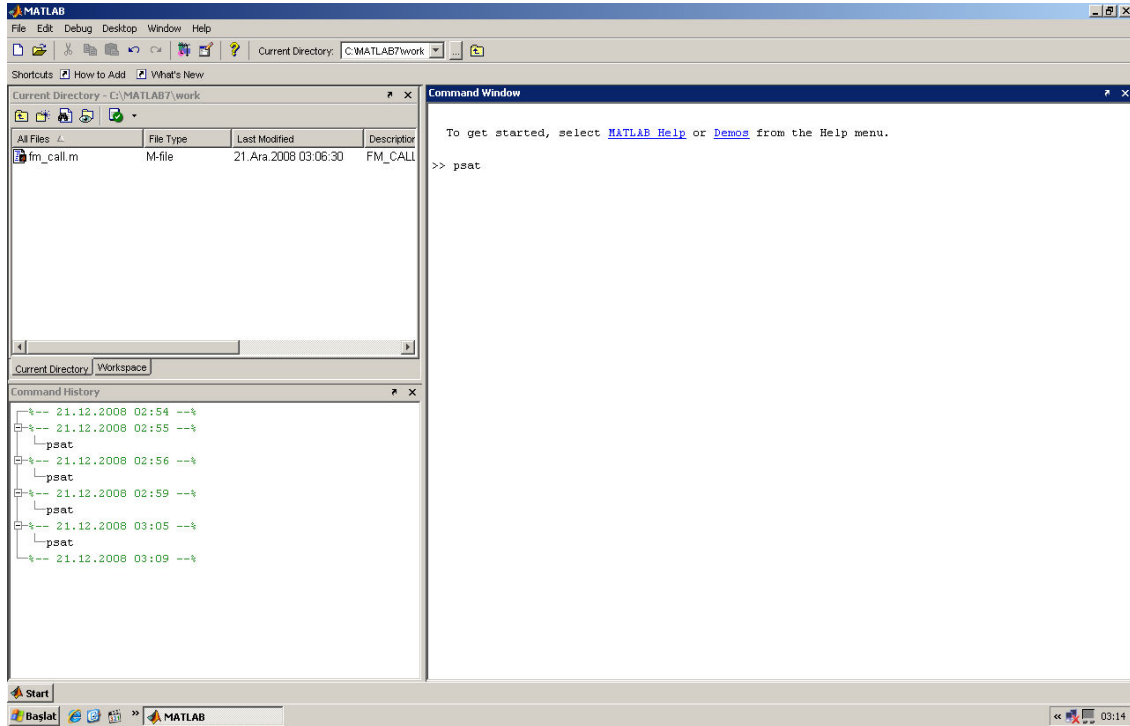
PSAT programı 'open source' yani herkese açık, herkes tarafından geliştirilebilir ve matlab programı altında çalışan bir eğitim, araştırma, analiz ve kontrol programıdır. Dünya çapında yaklaşık 3500 kullanıcısı vardır. Yük akışı, (n-1) analizi, optimal yük akışı analizi yapabilen bu programın, şu an ki ihtiyaç gereği sadece yük akışı bölümünden istifade edilmiştir. Kısaca programın kurulumu ve kullanımından ve bir yük akışı uygulama örneğinden bahsedecek olursak;

Önce basit matlab komutları yardımıyla program kurulur.



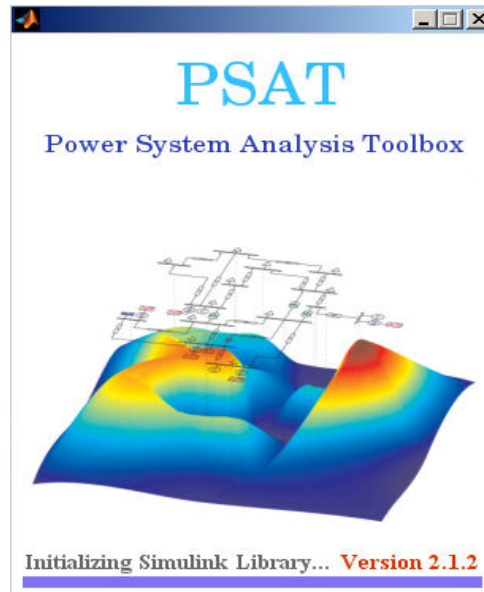
Şekil 5.1. Matlab Programının Çalıştırılması

Komut satırına şekil 5.2 'de görüldüğü gibi 'psat' yazılarak program ekranı açılır.

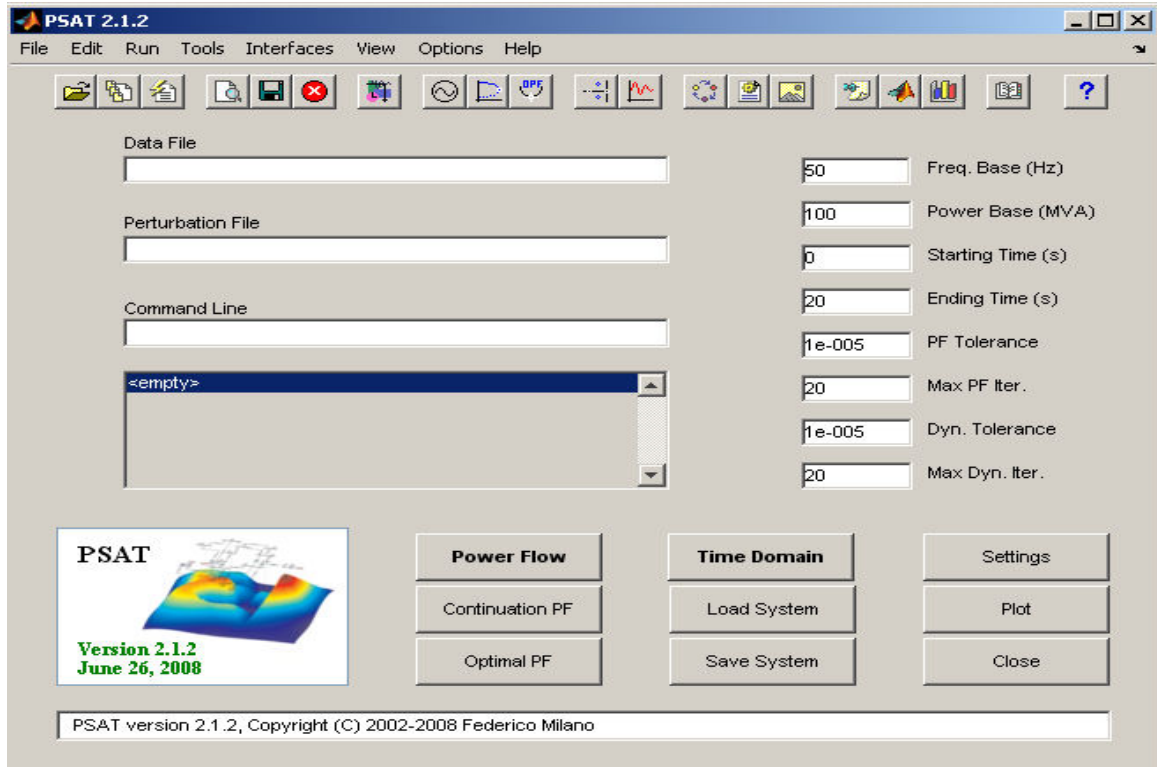


Şekil 5.2. Komut satırına Psat yazılması

Açılan Psat ekranı Şekil 5.3. ve daha sonrasında ise Şekil 5.4.'deki gibidir.

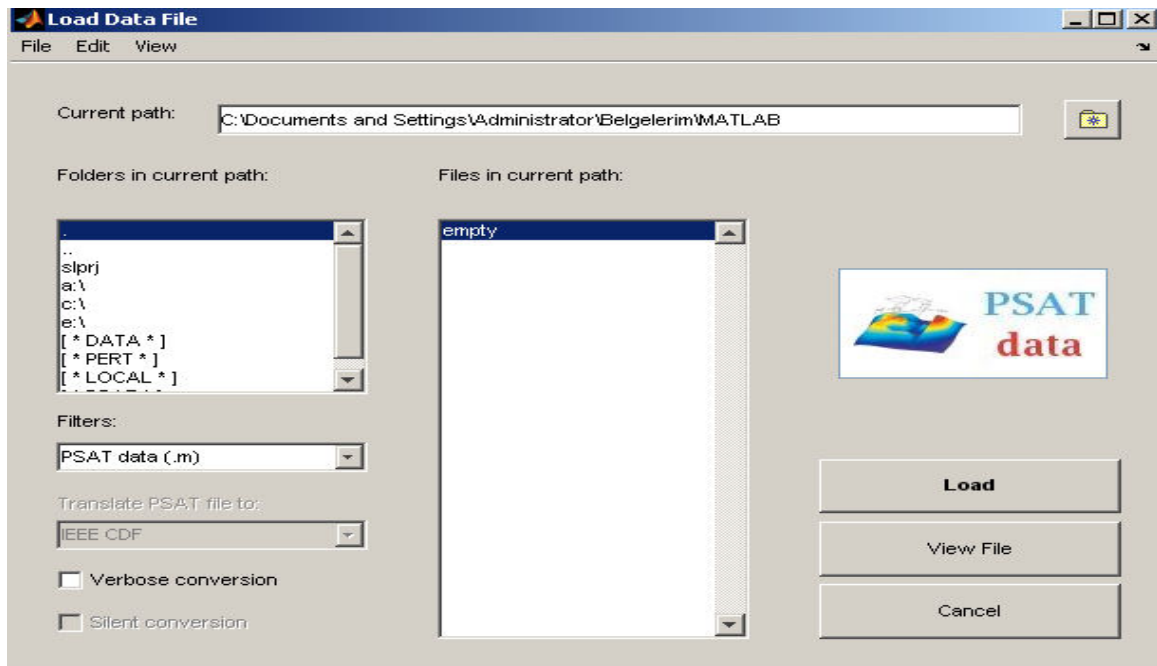


Şekil 5.3.Psat Programının açılışı



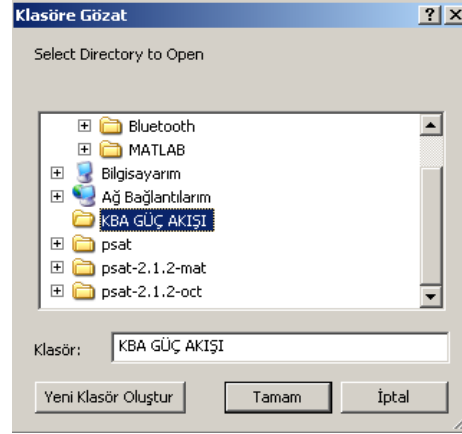
Şekil 5.4.Psat pogramının ekranı

Şekil 5.4'deki ekranda Data file'in üzeri çift tıklanarak Şekil 5.5'deki ekran açılır.



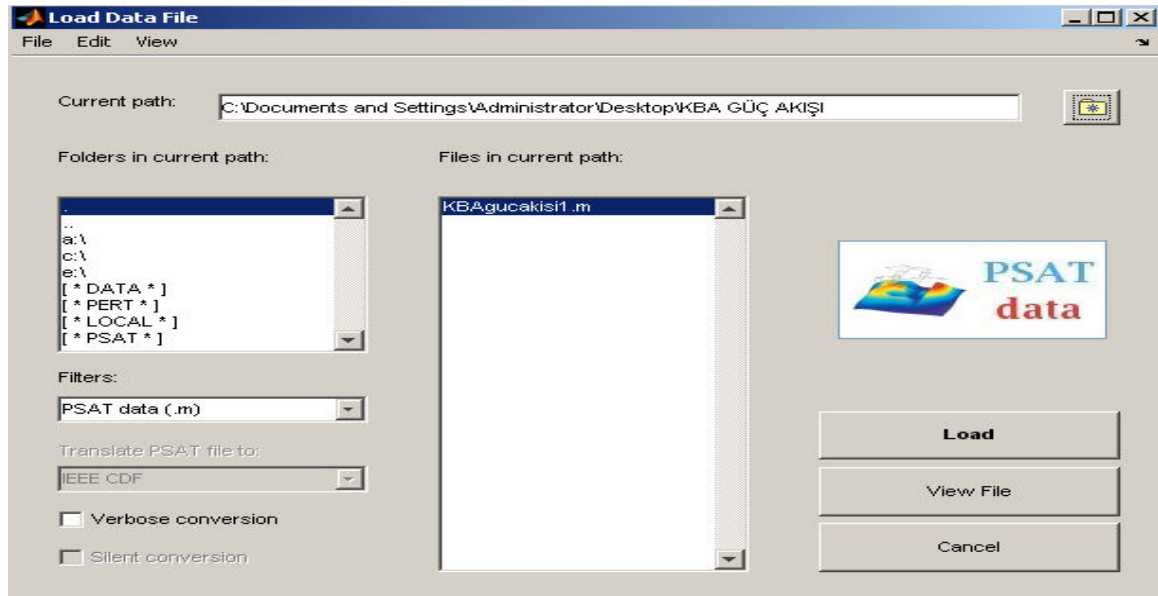
Şekil 5.5.Psat veri dosyasının yükleneceği ekran

Şekil 5.5'deki sağ üst köşedeki sarı renkli klasöre tıkladığı zaman, Şekil 5.6'da görülen önceden oluşturulmuş olan ve bu çalışmanın ileriki kısımlarında da verilecek olan, analiz yapacağımız iletim sisteminin bilgilerini içeren data dosyası açılır.



Şekil 5.6.M-file' da yazılan data dosyasının seçimi

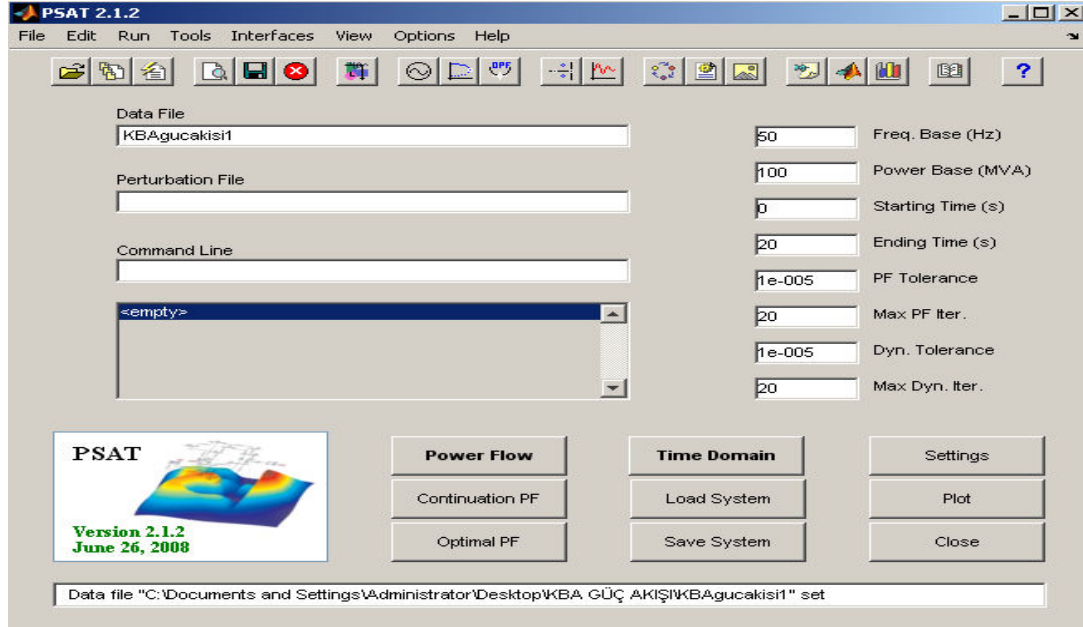
Bu data dosyası, hatların, trafoların, ototrafoların, jeneratörlerin, kesicilerin, daha doğrusu bir iletim sisteminin içinde bulunabilecek tüm teçhizatların bilgilerini içerir. Hesaplamaya girecek olan parametreler ise p.u. değerde girilir. Şekil 5.6.'daki tamam tuşuna tıklayınca Şekil 5.7.'deki Psat veri dosyasının yükleneceği ekran çıkar.



Şekil 5.7.Psat'a KBA' nın verilerini içeren klasörün yüklenmesi

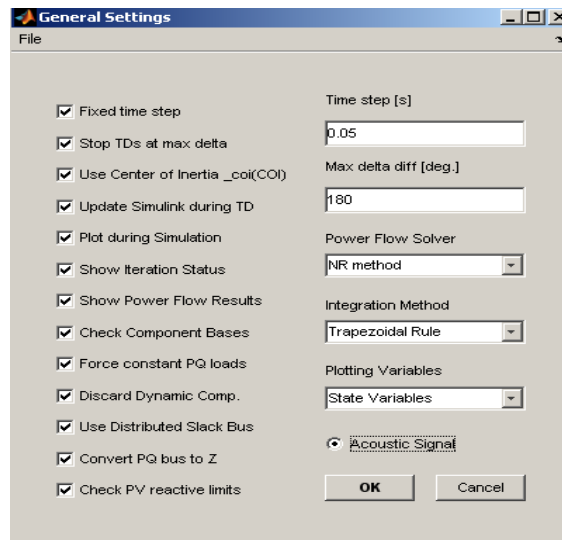


Şekil 5.7.'deki ekranda 'load' tuşuna tıklandığında, Şekil 5.8'deki KBA'nın verilerinin yüklendiği Psat ekranı çıkar.



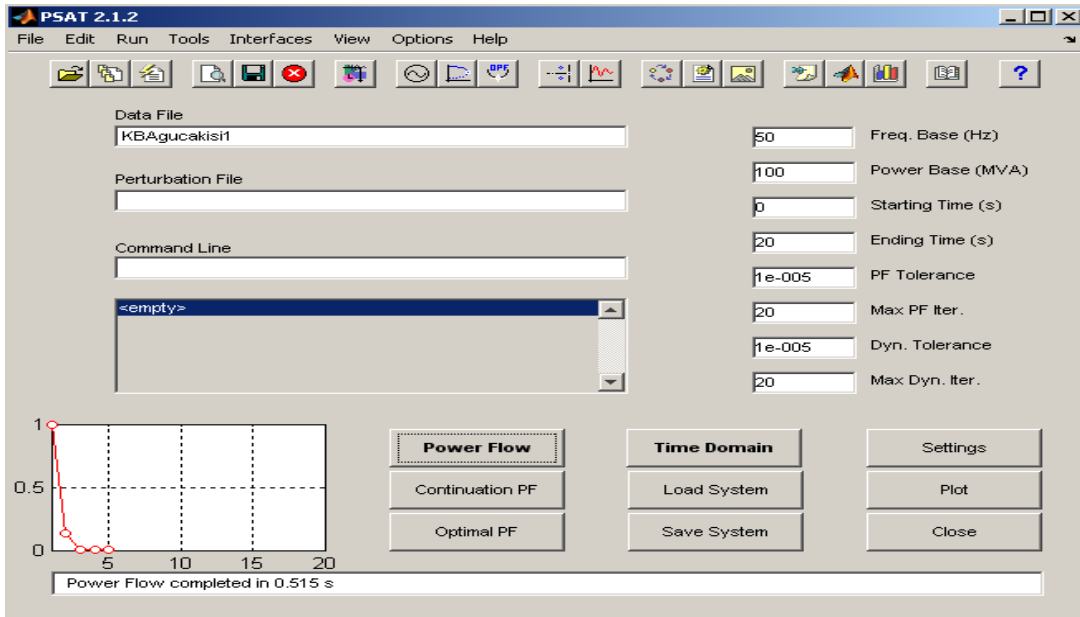
Şekil 5.8.KBA'nın yüklendiği Psat ekranı

Şekil 5.8'deki ekranda 'settings' tuşuna tıklandığında, Şekil 5.9'daki General Settings ekranı çıkar. Bu ekranda güç akışının yapılacağı iterasyon metodu, zaman domenindeki adım aralıklarının süresi ve çizim değişkenleri seçilebilir.

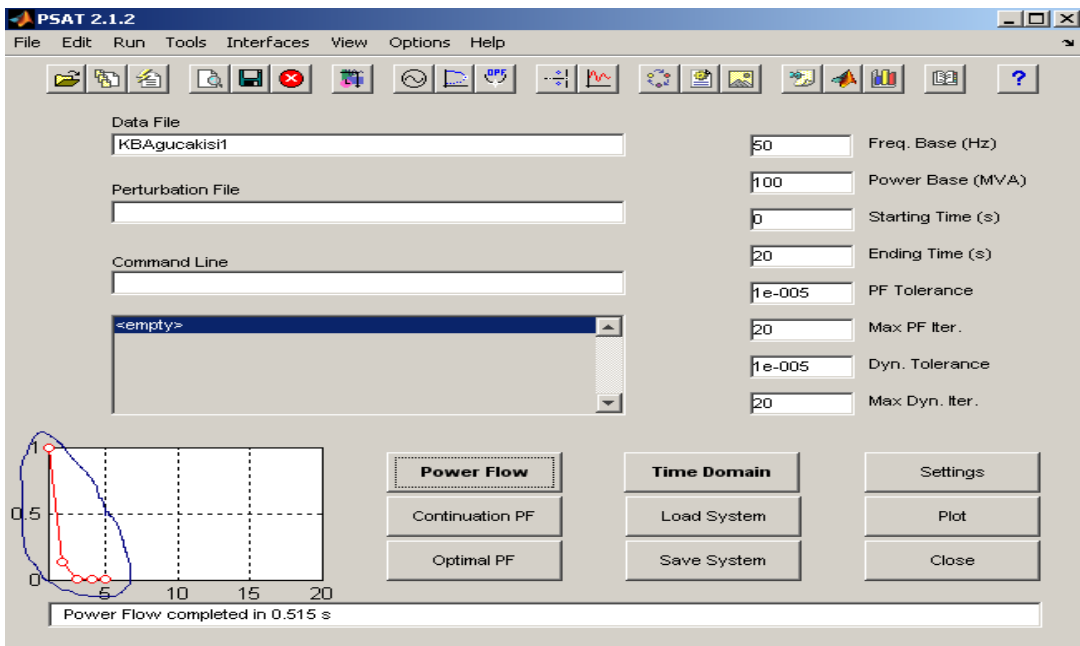


Şekil 5.9.General Settings ekranı

Şekil 5.9'daki 'ok' tuşuna tıkladığında, Şekil 5.8'deki Psat ekranı tekrar çıkar. Ekrandaki 'power flow' tuşuna tıklayınca program kendi içinde verilen başlangıç bilgilerini ve diğer parametreleri kullanarak yaptığı iterasyonlar sonucu güç akışı analizini bitirir. Şekil 5.10'da Power flow analizi sonucu oluşan ekran gösterilmiştir.



Şekil 5.10. Güç akışının olduğu analiz ekranı

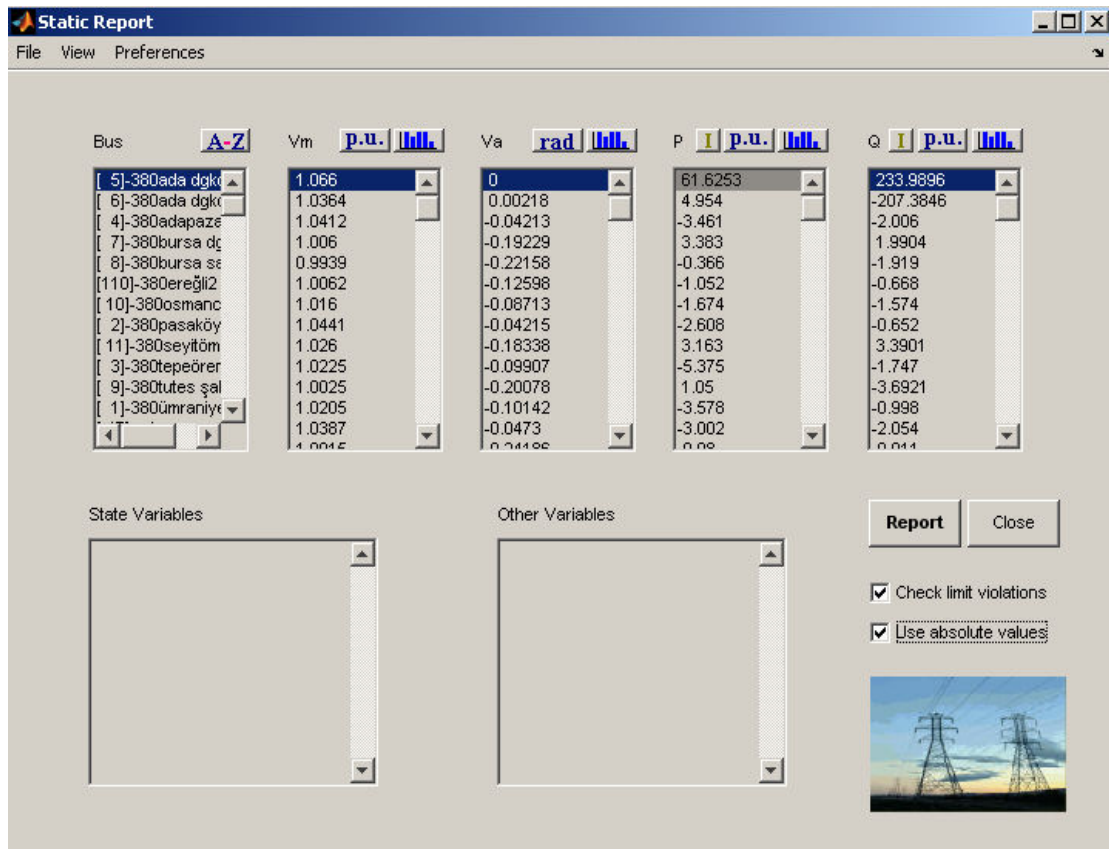


Şekil 5.11. Güç akışı sonucunda yapılan iterasyonları gösteren analiz ekranı

Şekil 5.11.'de şeklin sol alt köşesindeki küçük pencerede grafik eğrisi üzerinde görülen minik daireler ise programın sonuçlanana kadar kaç tane iterasyon yaptığını göstermektedir.

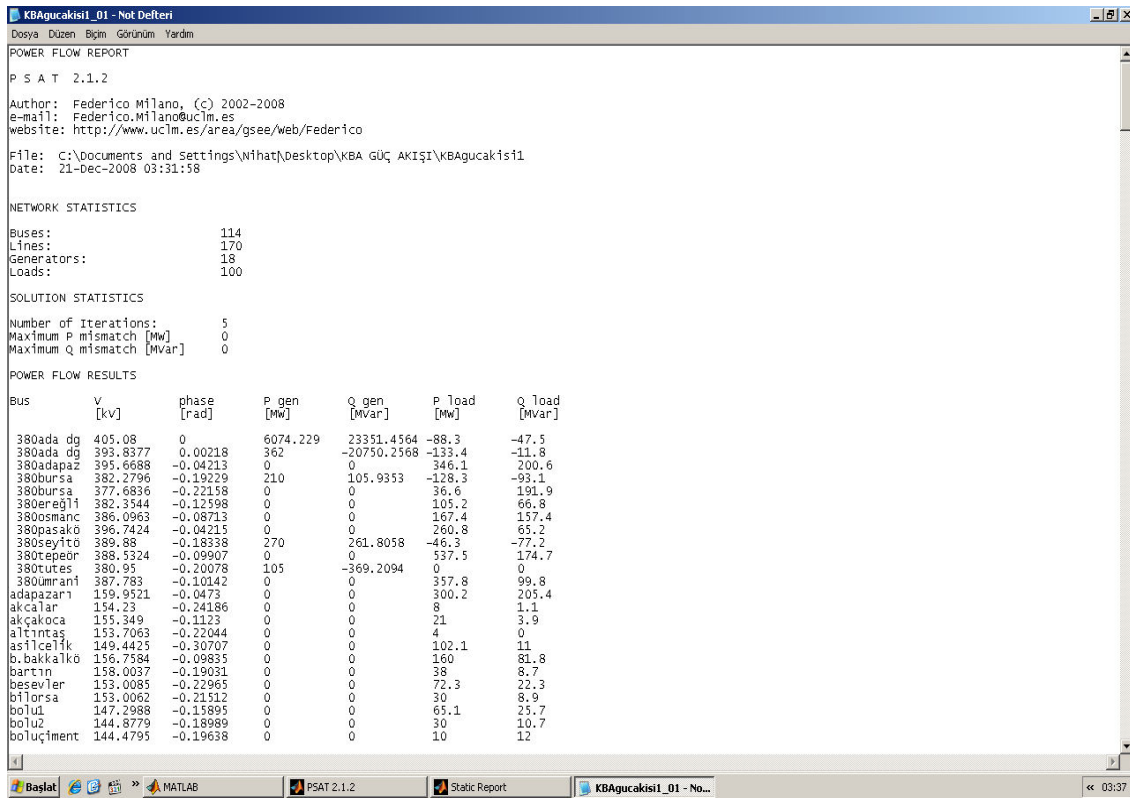
Ayrıca bu program, tek hat şeması çizip kütüphanesinden alınan çeşitli sistem sembollerini de kullanarak daha görsel bir çalışma ortamında sunmaktadır. Ancak böyle bir çalışmada bilgisayar grafik yöntemler kullandığı için yavaşlamalara maruz kalabileceği endişesi ile bu yöntem kullanılmamıştır.

Şekil 5.12'de Güç akışı analizi sonucu program tarafından oluşturulan özet rapor gösterilmiştir.

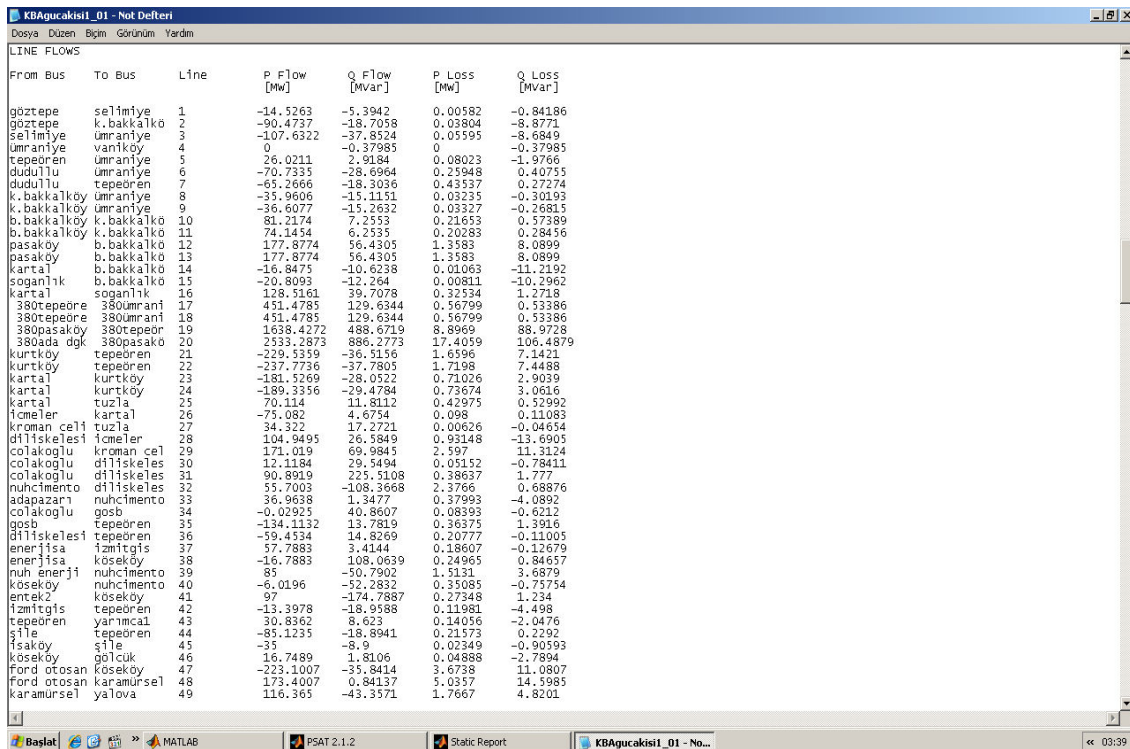


Şekil 5.12. Psat programı tarafından oluşturulan özet rapor

Şekil 5.13 ve Şekil 5.14.de ise daha kapsamlı yük akışları ile santral üretim bilgilerini ve bara gerilimlerini gösteren rapor örneği verilmiştir.



Şekil 5.13. Raporun analiz sonucu bara gerilimlerini gösteren bir bölümü



Şekil 5.14. Raporun analiz sonucu yük akışlarını gösteren bir bölümü

Söz konusu programın Türkiye elektrik iletim sisteminin Kuzeybatı anadolu bölgesi için uygulanmış ve diğer ticari programlarla ve gerçek değerlerle benzer sonucun alındığı görülmüştür. Mevcut küçük farkların ise trafo merkezlerinden alınan olması her zaman muhtemel olan ölçü ve okuma hatalarından kaynaklanmaktadır.

## **5.2. PSAT Programındaki Veri Kategorilerinin Tanımlanması**

Psat 2.1.2 versiyonu için gerekli veri kategorileri aşağıda özetlenmiştir [33].

**5.2.1. Bara verileri :** Bu kategoride baralarla ilgili veriler tanımlanmıştır.

1. Bara numarası
2. Bara gerilimi
3. Bara gerilim genliğinin tahmini başlangıç değeri ( p.u. cinsinden )
4. Faz geriliminin tahmini başlangıç değeri ( radyan cinsinden )
5. Bölge numarası

**5.2.2. Yük verileri :** Bu kategoride yüklerle ilgili veriler tanımlanmıştır.

1. Bara numarası
2. Bara gücü ( MVA )
3. Bara gerilimi ( KV )
4. Aktif yük ( p.u. cinsinden )
5. Reaktif yük ( p.u. cinsinden )
6. Maksimum voltaj ( p.u. cinsinden )
7. Minimum voltaj ( p.u. cinsinden )
8. Bağlantı durumu

**5.2.3. Jeneratör verileri :** Bu kategoride jeneratörlerle ilgili veriler tanımlanmıştır.

1. Bara numarası
2. Jeneratör gücü ( MVA )
3. Bara gerilimi ( KV )

4. Aktif güç ( p.u. cinsinden )
5. Voltaj büyüklüğü ( p.u. cinsinden )
6. Maksimum reaktif güç ( p.u. cinsinden )
7. Minimum reaktif güç ( p.u. cinsinden )
8. Maksimum voltaj genliği ( p.u. cinsinden )
9. Minimum voltaj genliği ( p.u. cinsinden )
10. Kayıp katılma katsayısı

**5.2.4. Slack bara verileri :** Bu kategoride slack bara ile ilgili veriler tanımlanmıştır.

1. Bara numarası
2. Bara gücü ( MVA )
3. Bara gerilimi ( KV )
4. Voltaj büyüklüğü ( p.u. cinsinden )
5. Referans açısı ( radyan cinsinden )
6. Maksimum reaktif güç ( p.u. cinsinden )
7. Minimum reaktif güç ( p.u. cinsinden )
8. Maksimum voltaj genliği ( p.u. cinsinden )
9. Minimum voltaj genliği ( p.u. cinsinden )
10. Tahmini aktif güç ( p.u. cinsinden )
11. Kayıp katılma katsayısı

**5.2.5. Hat verileri :** Bu kategoride hatlarla ilgili veriler tanımlanmıştır. Hatların empedansları 100 MVA p.u. bazında girilmiştir.

1. Baradan, baraya
2. Hat gücü ( MVA )
3. Bara gerilimi ( KV )
4. Frekansı
5. Hattın rezistansı, reaktansı ve suseptansı ( p.u. cinsinden )
6. Hattın maksimum voltaj genliği ( p.u. cinsinden )
7. Hattın minimum voltaj genliği ( p.u. cinsinden )

**5.2.6. Kesici verileri :** Bu kategoride kesicilerle ilgili veriler tanımlanmıştır.

1. Baradan, baraya
2. Kesici gücü ( MVA )
3. Bara gerilimi ( KV )
4. Frekansı
5. Bağlantı durumu
6. Kesici açma süresi

**5.2.7.Ototrafo verileri :**

Bu kategoride ototrafolar kısa hatlar gibi tanımlanmıştır.

### **5.3.PSAT Yazılımında Kullanılan Yük Akışı Metotları**

Psat'da yük akışı problemini çözmek için aşağıdaki iterasyon metotları kullanılabilir [23,24].

1. Newton-Raphson metodu
2. XB fast decoupled metodu
3. BX fast decoupled metodu
4. Runge Kutta metodu
5. Iwamoto metodu
6. Simple robust metodu

KBA şebekesindeki yük akışı analizinde daha az iterasyon ile çözüm elde edildiğinden Newton-raphson metodu tercih edilmiştir.

Decoupled (ayrık) Newton-raphson metodunun modifiye edilmiş hali olan bu metot ile her iterasyon iki 'yarım iterasyon'dan oluşmaktadır. Birinci yarım iterasyonda gerilim genlikleri sabit tutularak gerilim faz açılarının yeni değerleri hesaplanır, ikinci yarım iterasyonda ise gerilim faz açıları sabit tutularak gerilim genliklerinin yeni değerleri hesaplanır.

#### 5.4. Kuzey Batı Anadolu Şebekesinin Sisteme Uyarlanması

İlk önce kuzey batı anadolu şebekesine ait 380 ve 154 Kv'luk tüm hat değerleri p.u. sistemine çevrilmiştir. Ototrafoların değerleri teiaş yük tevzi daire başkanlığı tarafından hazırlanan karakteristik kitabından alınarak kullanılmıştır [18].

Tüm baralara 1'den 114'e kadar numaralar verilmiştir. Yapılan çalışmada orta gerilimden sisteme bağlı olan otoprodüktör ve serbest üretim santrallerine yer verilmemiştir ancak orta gerilim seviyesinde üretim yapıp ta özel 154 Kv şalt sahası olan (Enerjisa, Entek. gibi) santraller dikkate alınmıştır.

Diğer otoprodüktörler ise direkt bağlı olduğu baradaki trafo yüküne etki ettiği için ayrıca yük akışı analizi için gösterilmemişlerdir. Baraları numaralandırma işlemi bittikten sonra her bir baranın gerilim ve hesaplanmaya başlanacak olan değerleri data dosyasına (bus.con satırı altında) girilmiştir.

380 Kv Ada doğalgaz I trafo merkezi (sw.con satırı altında) slack bara olarak seçilmiş olup,tüm hat kayıplarının bu baradan sağlandığı kabul edilmiştir. Gerçekte de bu bara zaten güçlü bir jeneratör barasıdır. (1350 MW)

Diğer bölgelere bağlandığı trafo merkezleri ise (pq.con satırı altında) eksi yük olarak tanımlanmıştır. Mevcut santraller ise (pv.con satırı altında) gerilime etki eden santraller olarak data dosyasına girilmiştir.

Tüm baralardaki analiz yapmak istediğimiz andaki trafo yükleri p.u.cinsinden (pq.con satırı altında) programa girilmiştir. Yüklerden sonra sistemdeki mevcut baralar arasındaki hatlar (line.con satırı altında) data dosyasına girilmiştir.

İki barasıda bağımsız farklı veya aynı adayı besleyebilen fakat kuplaj kesicisinin kapatılması ile tek bir baraya dönüştürülme ihtimali olan istasyonlardaki (Adapazarı, Bursa doğalgaz, Eskişehir3 gibi) kuplaj kesicisi ise çok kısa hat gibi düşünülerek tanımlanmıştır. Ototrafolar ise iki bara arasındaki bir hat gibi düşünülerek gerçek



plaka değerleri kullanılmış per-unit değerler ile işlem yapıldığı içinde gerilim seviyesi farkı söz konusu olmamıştır.

Ayrıca breaker.con satırı altında da hatlara ait kesici bilgileri yerleştirilerek sistem işletmesi açısından da arıza veya başka bir nedenle devrede olmayan hat veya ototrafoların durumu 0 olarak gösterilmiştir.

Yukarıda verilen bilgiler işığı altında program çalıştırılmış ve analiz sonuçları elde edilmiştir.

## **BÖLÜM 6. KUZEYBATI ANADOLU ŞEBEKESİNİN YÜK AKIŞI VE KISITLILIK ANALİZİ**

Kuzeybatı anadolu şebekesinde, trafo merkezlerindeki gerilimleri, trafo merkezleri arasındaki aktif ve reaktif güç akışlarını belirlemek amacıyla yük akışı analizi yapılmıştır.

Normal işletme koşullarında jeneratörlerin üretimleri, hatlardaki yük akışları ve yüklenme oranları ile trafo merkezlerindeki gerilimler belirlenmeye çalışılmıştır. 2008 yılı için hazırlanan sistemde (n-1) kısıtlılık analizi yapılarak trafo merkezlerine güvenilir ve kesintisiz enerji sağlamak için gerekli önlemler araştırılmıştır. Yapılan kısıtlılık analizi ile önemli hatlar belirlenmiştir.

Yük akışı analizinde aşağıdaki varsayımlar dikkate alınmıştır:

**6.1. Yükler :** 2008 yılı için ölçülen ve trafo merkezi bazında TEİAŞ tarafından belirlenen değerler baz alınmıştır. Güç faktörü kış puantı için 0,9 olarak kabul edilmiştir.

2009 yılı için oluşturulan trafo merkezi bazındaki yükler, yük tahmininin trafo merkezlerine dağılmış olarak belirlendiği şekilde temsil edilmiştir.

**6.2. Kapasitörler :** Sistemdeki tüm kapasitörlerin (arızalı olan ve yeni tesis edilecek olan kapasitörlerinde dahil) devrede olduğu varsayılmıştır. Trafo merkezlerinin yüksek gerilim baralarında temsil edilmiştir.

**6.3. Üretimler :** Kuzeybatı anadolu şebekesindeki üretim santralleri Ada DGKÇS 1, Ada DGKÇS 2, Bursa DGKÇS, Tutes şalt, Seyitömer, Sarıyar, Enerjisa, Entek 1, Entek 2, Çolakoğlu, Nuh enerji, Yeni çates, Bozöyük Akenerji, Tutes A, Tutes B ve

Orhaneli trafo merkezlerindeki ünitelerden karşılanmıştır. İletim hatlarının empedansları ise 4.Bölüm’de verilmiştir.

#### **6.4. 2008 Yılı Kuzeybatı Anadolu Şebekesinin Yük Akışı**

2008 yılı puant yük koşulunda toplam tüketim, santral iç tüketimleri, ve hatlardaki kayıplar hariç 8481,5 MW’tır. Sistemdeki kapasitörlerin tamamı devrede olduğu varsayılmıştır. Hatlarda meydana gelen aktif güç kayıplarının toplamı 250,229 MW’tır. Üretilen 8731,729 MW’ın yaklaşık % 2,865’i iletim hatlarında kaybolmaktadır.

2008 yılı puant yük koşulunda (puant yük koşulu aralık ayında gerçekleşmektedir.) kuzeybatı anadolu şebekesinde tüm iletim hatları ve transformatörlerin devrede olduğu normal işletme koşulunda taşıma kapasitesine göre % 83,2 yüklenme oranı ile en fazla yüklenen iletim hattı Bursa Sanayi ile Bursa arasındaki 954 MCM iletkenli enerji iletim hattıdır. Bu durumda hatta, Bursa sanayi trafo merkezinden Bursa trafo merkezine doğru 298,7 MW ve 75 MVAR akmaktadır.

380 Kv işletme gerilimindeki iletim sisteminde en yüksek gerilim 405,080 Kv (1,0660 p.u.) ile Ada Doğalgaz I trafo merkezinde, en düşük gerilim ise 377,683 Kv (0,9989 p.u.) ile Bursa sanayi trafo merkezinde gerçekleşmiştir. 154 Kv işletme gerilimindeki iletim sisteminde en yüksek gerilim 160,189 Kv (1,0402 p.u.) ile Paşaköy trafo merkezinde, en düşük gerilim ise 144,396 Kv (0,9376 p.u.) ile Gerkonsan trafo merkezinde gerçekleşmiştir.

#### **6.5.2008 Yılı Kuzeybatı Anadolu Şebekesi Kısıtlılık Analizi**

İletim sistemi elemanlarından birinin (n-1 kriteri) devre dışı olması durumunu ifade eden kısıtlılık analizinde, sistem performansının, diğer elemanların taşıma kapasitelerini aşmadan, normal işlevini yapması beklenir. İletim sistemi elemanları iletim hattı ve transformatör olabilir. Bu durumu test etmek için kısıtlılık analizi yapılmıştır. Tüm hatlar tek tek devre dışı edilerek, sistem elemanları kontrol

edilmiştir. Aynı direkler üzerindeki çift devre hatların iki devresinin de aynı anda devre dışı olduğu (örneğin direklerin yıkılması) dikkate alınmıştır. 2008 yılı için yapılan kısıtlılık analizinin özet sonuçları Tablo 6.1’de gösterilmiştir.

Tablo 6.1.Kuzeybatı anadolu şebekesinin 2008 yılı kısıtlılık analizi özeti

Kısıtlılık (n-1)	Yüklenen Hat, Yüklenme Oranı (%)	Gerilim < 0,9 p.u	Gerilim >1, 08 p.u
Tutes Şalt - Tutes B	Kütahya - Tutes Şalt (107,0)	-	-
Adapazarı - Köseköy	Nuh çimento - Köseköy (105,3)	-	-
Diliskelesi - Çolakoğlu	Diliskelesi - İçmeler (103,3)	-	-
Tepeören - Ümraniye	Ümraniye - Küçükbakkalköy (128,4)	-	-
Bursa Doğalgaz - Bursa Sanayi (1) Bursa Doğalgaz - Bursa Sanayi (2)	Demirtaş - Bursa Doğalgaz (138,6)	-	-
	Bursa Doğalgaz - Otosantit (117,1)	-	-
	Bursa Sanayi - Bosen (130,7)	-	-

Bu sonuçlarda bir hattın devre dışı olması durumunda, diğer hatlarda veya transformatörlerde taşıma kapasiteleri üzerindeki yük akışları ve baralarda gerilim limitleri dışında ( kısıtlılık analizinde gerilimler 1,08 p.u. ile 0,9 p.u. arası normal olarak kabul edilmiştir.) gerçekleşen gerilimler gösterilmektedir.

Tablo 6.1.’den de görüleceği gibi Tepeören – Ümraniye arasındaki hat devre dışı olduğu durumda Ümraniye – Küçükbakkalköy arasındaki hat %128,4 oranında yüklenmektedir. Bursa DGKÇS – Bursa Sanayi arasındaki aynı direkler üzerinde giden çift devre hattın iki devresinin de devre dışı olduğu durumda, sistemde aşırı yüklenen hatlar ; Demirtaş – Bursa DGKÇS % 138,6 Bursa DGKÇS – Otosantit %117,1 Bursa Sanayi – Bosen arasındaki hat ise %130,7 oranında yüklenmektedir. Kuzeybatı Anadolu şebekesi’ndeki iki elemanın aynı anda kaybedilmesi önemli sorunlara büyük bir bölgenin enerjisiz kalmasına sebep olacaktır.

## **BÖLÜM 7. SONUÇLAR**

Mevcut güç sistemlerinin en iyi şekilde işletilmesi kadar, gelecekte sistemlerde meydana gelebilecek gelişmelerin planlanması yönünden de güç akışı analizi çok önemlidir. Bu nedenle bu çalışmada kuzeybatı anadolu şebekesindeki elektrik enerjisinin gelişimi, enerji iletim sistemlerinin mevcut durumları hakkında bilgiler verilmiş, sistemin güç akışı ve kısıtlılık analizleri yapılarak güç sistemlerinin planlanması üzerinde durulmuştur.

Psat programı yardımıyla kuzeybatı anadolu şebekesindeki farklı yük durumları için güç akışı analizi yapılarak, 2009 yılı içerisinde kuzeybatı anadolu şebekesinde tamamlanması gereken tesisler belirlenmiş, yapılan yüksek yük ve normal yük tahminlerine göre uygun üretim planlaması hazırlanmış ve baralardaki tüm değerler bulunmuştur.

### **7.1. 2008 Yılı Kuzeybatı Anadolu Şebekesi Yük Akışı ve Kısıtlılık Analizi Sonucu**

2008 yılı kış puantı için yapılan yük akışı analizine göre tüm hatların ve transformatörlerin devrede olduğu normal işletme koşullarında, hatlarda ve transformatörlerde nominal taşıma kapasitelerinin üzerinde yüklenen hat ve transformatör bulunmamakta, gerilimler limitler dahilinde kalmaktadır.

Kısıtlılık analizinde ise, Tepeören – Ümraniye arasındaki ve Bursa DGKÇS – Bursa Sanayi arasındaki çift devrenin açması durumlarında sistemde diğer hatlar taşıma kapasitelerinin çok üzerinde yüklenmektedir. Böyle bir durumda yük atmak gerekecektir. Psat'dan elde edilen değerler ile kuzeybatı anadolu yük tevzi müdürlüğünden alınan gerçek sistem değerlerinin karşılaştırıldığı özet Tablo 7.1'de verilmiştir.

Tablo 7.1.Psat değerleri ile gerçek sistem değerlerinin karşılaştırılması

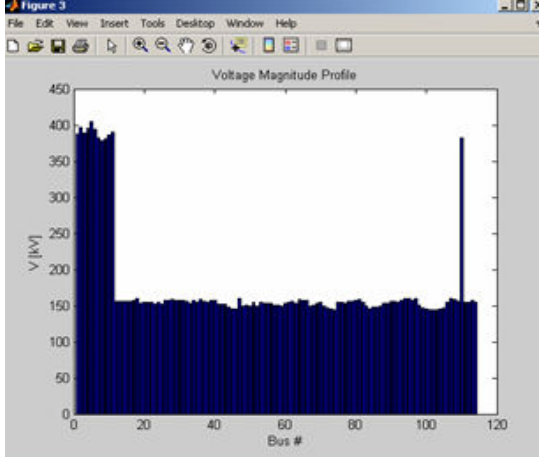
Karşılaştırılan Değerler	Trafo Merkezi	Gerilimi	Açısı	Generatör Aktif Gücü	Generatör Reaktif Gücü	Aktif Güç Kaybı (MW)	Reaktif Güç Kaybı (MVAR)
Psat Değerleri	380 Seyitömer	389,88	-0,1834	270	262	-46,3	-77,2
	380 Osmanca	386,09	-0,0871	0	0	167,4	157,4
	154 Bursa Dgkçs	154,385	-0,2656	215	439	11,3	7,4
	154 Eskişehir 2	148,152	-0,3425	0	0	100,4	15,7
	154 Hendek	156,716	-0,0864	0	0	37	8,6
	154 Orhaneli	158,004	-0,2237	130	141	7,8	3,6
	154 Yarımca 1	155,584	-0,1205	0	0	55,4	9,4
	154 Paşalar	153,312	-0,2097	0	0	58	28,8
Gerçek Sistem Değerleri	380 Seyitömer	387	-0,16	270	213	-42	-73
	380 Osmanca	384	-0,09	0	0	159	144
	154 Bursa Dgkçs	155	-0,25	220	403	14	6
	154 Eskişehir 2	150	-0,31	0	0	93	13
	154 Hendek	155	-0,12	0	0	34	7
	154 Orhaneli	155	-0,24	130	134	5	5
	154 Yarımca 1	154	-0,11	0	0	52	8
	154 Paşalar	154	-0,19	0	0	53	23

Tablo7.1'dende görüleceği gibi program yük akış değerleri ile gerçek yük akış değerleri birbirine çok yakındır. Gerçek sistem ile programdan elde edilen değerler arasındaki küçük farklar ise, TM'lerinden alınan okuma ve ölçme hataları ile programdaki iterasyon metotlarından kaynaklanır. Psat programında Newton-raphson metodu kullanılmıştır. Bu yöntemin kullanılmasının nedeni, Gauss siedel'e göre ötelemeleri daha yavaş yapmasına rağmen, özellikle büyük sistemlerde daha az ötelemede yakınsayarak sonuca ulaşmasıdır.

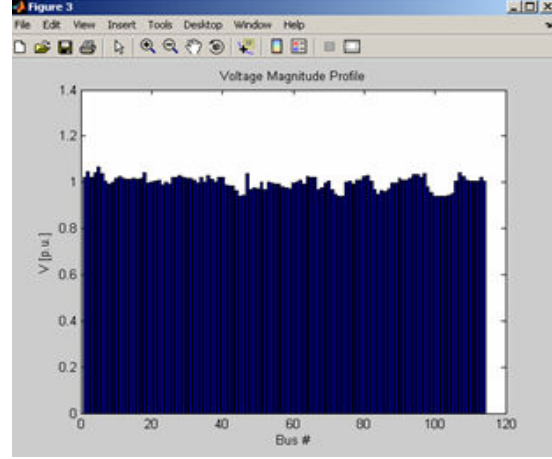
2009 yılı master planına göre iletim sistemine ilave edilmesi gerekli enerji iletim hatları ise; İsaköy-Yarımca 1, Adapazarı-Karasu ve Kaynarca-Hyundai enerji iletim hatlarıdır. 380 Kv işletme gerilimine geçmek için öncelikle tamamlanması gereken TM ise; Kartal TM'dir.

380 Kv'luk sistem için gerekecek yeni donanım konusunda da standart kapasite ve değerler belirlenmeli ve ilerideki yatırımlarda bu standart donanımın kullanılmasına özen gösterilmelidir. Uzun dönem için oluşturulan 'hedef' sistemde yapılan analizler 380/154 Kv ototrafoların 250 MVA ve 380/34,5 Kv'luk indirici transformatörlerin

100(125) MVA standart güçlere sahip olmaları gerektiğini göstermiştir. Kuzeybatı anadolu şebekesinin 380 Kv işletme gerilimine yükseltilmesi ile iletim sisteminin, önümüzdeki 20-25 yıllık dönemde, iletim işlevini etkin ve verimli bir şekilde yürütecek düzeye ulaşacağı düşünülmektedir. Ancak bu amacın gerçekleşebilmesi için sistemin doğu kesiminin de planlı olarak ele alınması gerekecektir.

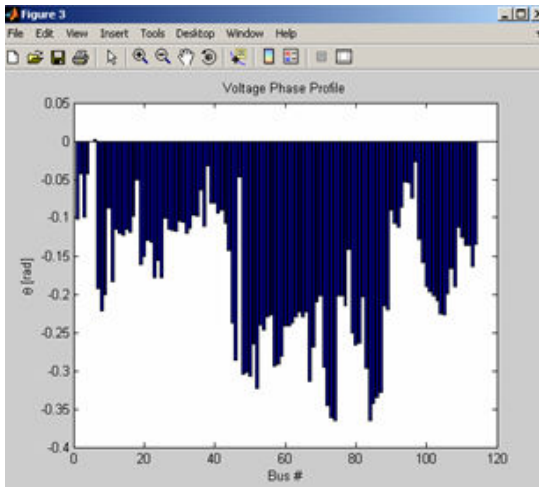


Şekil 7.1. Bara gerilimlerinin değerleri

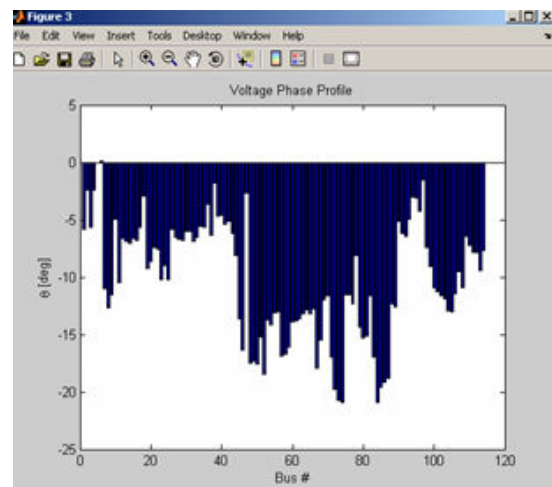


Şekil 7.2. Bara gerilimlerinin p.u değerleri

Şekil 7.1.'de kuzeybatı anadolu şebekesindeki 380 ve 154 Kv'luk bara gerilimlerinin genlik profili verilmiştir. Profilden de görüldüğü gibi ilk 11 bara ve 110 nolu bara 380 Kv'luk bara, diğerleri ise 154 Kv'luk baralardır. Şekil 7.2.'de ise sistemde bulunan mevcut baraların per-unit değerleri gösterilmiştir.

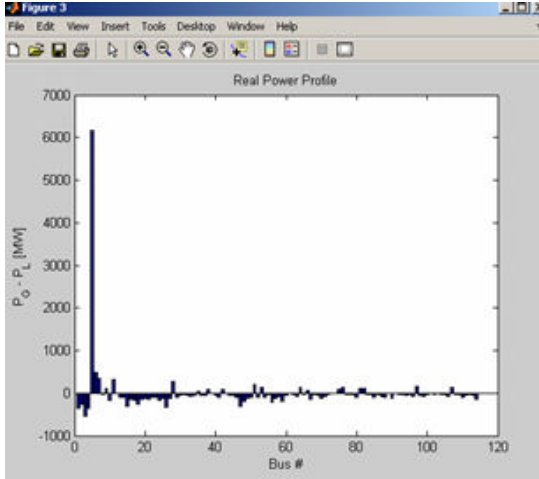


Şekil 7.3. Bara gerilimlerinin açıları (rad)

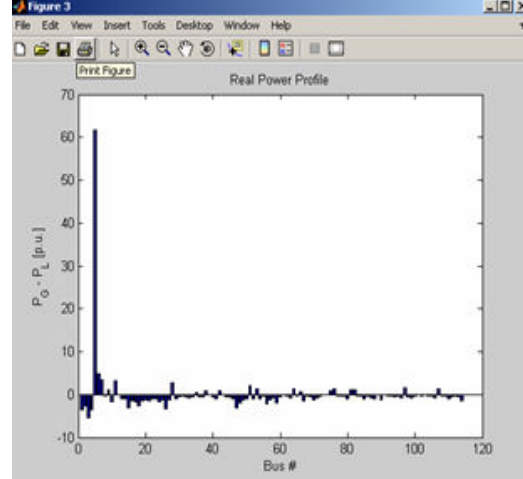


Şekil 7.4. Bara gerilimlerinin açıları (deg)

Şekil 7.3.'de sistemde bulunan mevcut bara gerilimlerinin radyan cinsinden faz açıları, Şekil 7.4.'de ise mevcut bara gerilimlerinin derece cinsinden faz açıları gösterilmiştir. 5 nolu salınım barası olan 380 Kv Ada doğal gaz 1 barası dışındaki tüm bara gerilimlerinin faz açılarının negatif olduğu görülmüştür.

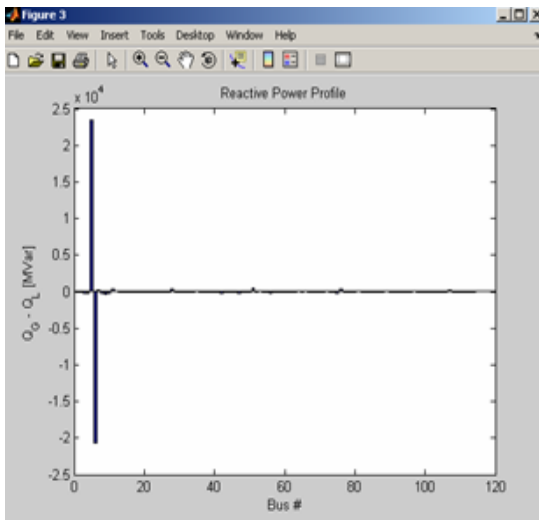


Şekil 7.5.İstasyonların aktif gücü

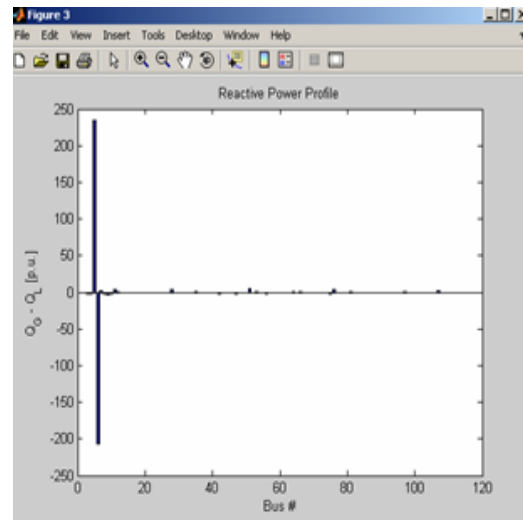


Şekil 7.6.İstasyonların aktif gücü ( p.u )

Şekil 7.5.'de sistemdeki tüm baraların aktif gücü gösterilmiştir. Tüm aktif enerji ihtiyacının 5 nolu salınım barası olan 380 Kv Ada doğal gaz 1 barası üzerinden karşılandığı görülmektedir. Şekil 7.6.'da ise sistemdeki mevcut baraların aktif gücü per-unit cinsinden gösterilmiştir.



Şekil 7.7.İstasyonların reaktif gücü



Şekil 7.8.İstasyonların reaktif gücü ( p.u )



Şekil 7.7.'de sistemdeki tüm baraların reaktif gücü gösterilmiştir. Tüm reaktif enerji ihtiyacının 5 nolu salınım barası olan 380 Kv Ada doğal gaz 1 barası üzerinden karşılandığı görülmektedir. Şekil 7.8.'da ise sistemdeki mevcut baraların reaktif gücü per-unit cinsinden gösterilmiştir.

Karasu, Kaynarca ve İsaköy trafo merkezleri iletim sistemine tek hatla bağlı olduklarından, bağlantı hatlarının açması durumunda enerjisiz kalmaktadır. Şile – Tepeören enerji iletim hattı devre dışı olduğunda ise İsaköy, Şile , Osmanca – Melen hattı devre dışı olduğunda ise Melen ve Karasu trafo merkezleri enerjisiz kalmaktadır.

Trafo merkezlerini enerjisiz bırakmamak için aşırı yüklenen hatların kapasitelerinin artırılması gerekecektir. İletim hatlarının kapasitelerinin artırılmasında uygulanabilecek metotlar aşağıda anlatılmıştır :

1. Mevcut iletim hattında kullanılan iletkenin taşıma kapasitesi istenilen kapasiteden az ise, taşıma kapasitesi yüksek olan iletken ile değiştirilebilir. Bu metot ile mevcut hattaki direklerin değiştirilmesi gerekmeden (uygunsa) ekonomik bir çözüm olabilmektedir.
2. Yeni iletim hatlarının tesis edilmesi. Bu yöntem ile yük akışı için yeni güzergahlar ilave edildiğinden mevcut hatların yüklenmeleri azalacaktır. Ayrıca trafo merkezlerinin sisteme bağlantısı birkaç noktadan olacağı için sistem güvenilirliği de artacaktır. Bu yöntem ile yeni güzergahların belirlenmesinde yaşanacak zorluklar olacaktır.
3. Tek devre olan iletim hattını çift devre yaparak iletim kapasitesi artırılabilir. Bu yöntem ile mevcut hattaki direklerin tamamı buna uygun değilse değiştirilecektir.
4. Uzun iletim hatlarına seri kapasitörler ilave edilerek iletim kapasitesi artırılabilir. Seri kapasitörlerle iletim hattının empedansı azalacağından daha fazla güç iletmek mümkün olacaktır.

5. Diğer bir metot ise işletme geriliminin yukseltilmesidir. İşletme gerilimi 154 Kv olan 954 MCM iletkenli bir enerji iletim hattı bu gerilimde 132,14 MVA taşırken, 380 Kv işletme geriliminde 264,28 MVA taşımaktadır. Aynı iletken ile işletme gerilimi 154 Kv'tan 380 Kv'a yukseltildiğinde taşıma kapasitesi iki katına çıkmaktadır.

## **BÖLÜM 8. ÖNERİLER**

Enerji iletim sisteminin üç temel fonksiyonu vardır. Üretim sisteminde üretilen enerjiyi iletim sistemine aktarmak, dağıtım sistemine iletmek ve diğer sistemlerle enerji alış verişini uygun hale getirmek. İletim sisteminin güvenilir olarak temel fonksiyonu yerine getirebilmesi, planlama kriterleri ve prensipleri ile mümkündür.

İletim hatlarının tesis edilmesi için uzun zaman gereklidir. Gerekli olduklarında devrede olacak şekilde önceden planlama yapmak gerekir. Gelecekte olası bir işletme koşulu değişikliğinde örneğin belli bir bölgedeki öngörülmemiş yük artışı ve üretim sistemindeki değişiklik gibi belirsizlikler, iletim sistemi planlayıcısının en ekonomik çözümü sağlamak için birkaç alternatifi dikkate alarak planlama yapması gerekir. İletim hatları planlamasına başlamadan önce, uzun dönem yük tahminleri ve üretim tahminleri tamamlanmalıdır. Uzun dönem yük tahminleri, iletim sisteminin her bölgesindeki mevcut durum dikkate alınarak, 25 yılı kapsayacak şekilde maksimum ve minimum yüklerin yıllık olarak belirlenmesi gerekir. Yük tahminleri, mevcut ve geçmişte gerçekleşen yük eğilimleri, nüfus artışı ve ekonomik göstergeler baz alınarak yapılır. Üretim planlanmasında, tüketim tesislerine ekonomik, yeterli kalitede ve güvenilir yedek kapasiteli üretim kaynakları seçilir. Yeni üretim kaynaklarının tesis edilmesi veya mevcut tesislerin kapasitelerinin artırılması, öngörülen yükleri karşılamak ve belirlenen zamanda devrede olacak şekilde planlanmalıdır.

Uzun dönem yük tahminleri ve üretim planlaması sonucunda iletim sistemi temel fonksiyonlarını yapacak şekilde uzun dönemde alacağı durum tasarlanır. İletim sistemi planlanmasında aşağıdakilerin belirlenmesi gerekir:

1. Yeni hatların güzergahı
2. Hatların devre sayısı

3. Gerilim seviyesi
4. Hatların taşıma kapasitesi
5. TM sayısı ve yeri
6. Bara ve kesici konfigürasyonu
7. Kesici kapasiteleri
8. Transformatörlerin sayısı, yeri,
9. Transformatörlerin gerilimi ve kapasiteleri

Güç sistemi planlanmasında, temel prensiplerle, bir veya birkaç elemana bağımlı kalmayacak şekilde sistem elemanlarını dengeli ve eşit oranda kullanmak planlanmalıdır.

1-) Yükün büyüklüğüne, üretim ünitesi ve üretim tesisi büyüklüğüne, bir veya birkaç iletim hattı ile iletilen enerji miktarına ve diğer sistemlerle olan bağlantı kapasitesi temel alınarak, güç sistemi elemanlarında dengeli bir yüklenme sağlanmalıdır. Bu,

a-) Bir noktada veya bir bölgede gereğinden fazla kapasiteli üretim ünitesinin veya üretim tesisinin olmasından kaçınarak,

b-) Bir transformatör, herhangi hat, devre, direk veya herhangi bir TM ile gereğinden fazla enerji iletmekten kaçınarak,

c-) Diğer güç sistemleri ile üretim ünitelerini, üretim tesislerini ve sistem yüklerini eşit oranda paylaşacak kapasitede enterkonnekte hatların yapılması sağlanarak yapılır.

2-) Kısıtlılık hallerinde sorun yaşamayacak şekilde ve işletmede sağlayacağı rahatlık dikkate alınarak, normal yük koşullarında iletilecek enerjiden daha fazla taşıma kapasiteli hatların tesis edilmesi

3-) Tüm sistem elemanlarının tasarlanmış yüklenme sınırları içerisinde kalacak şekilde güç sisteminin işletilmesi

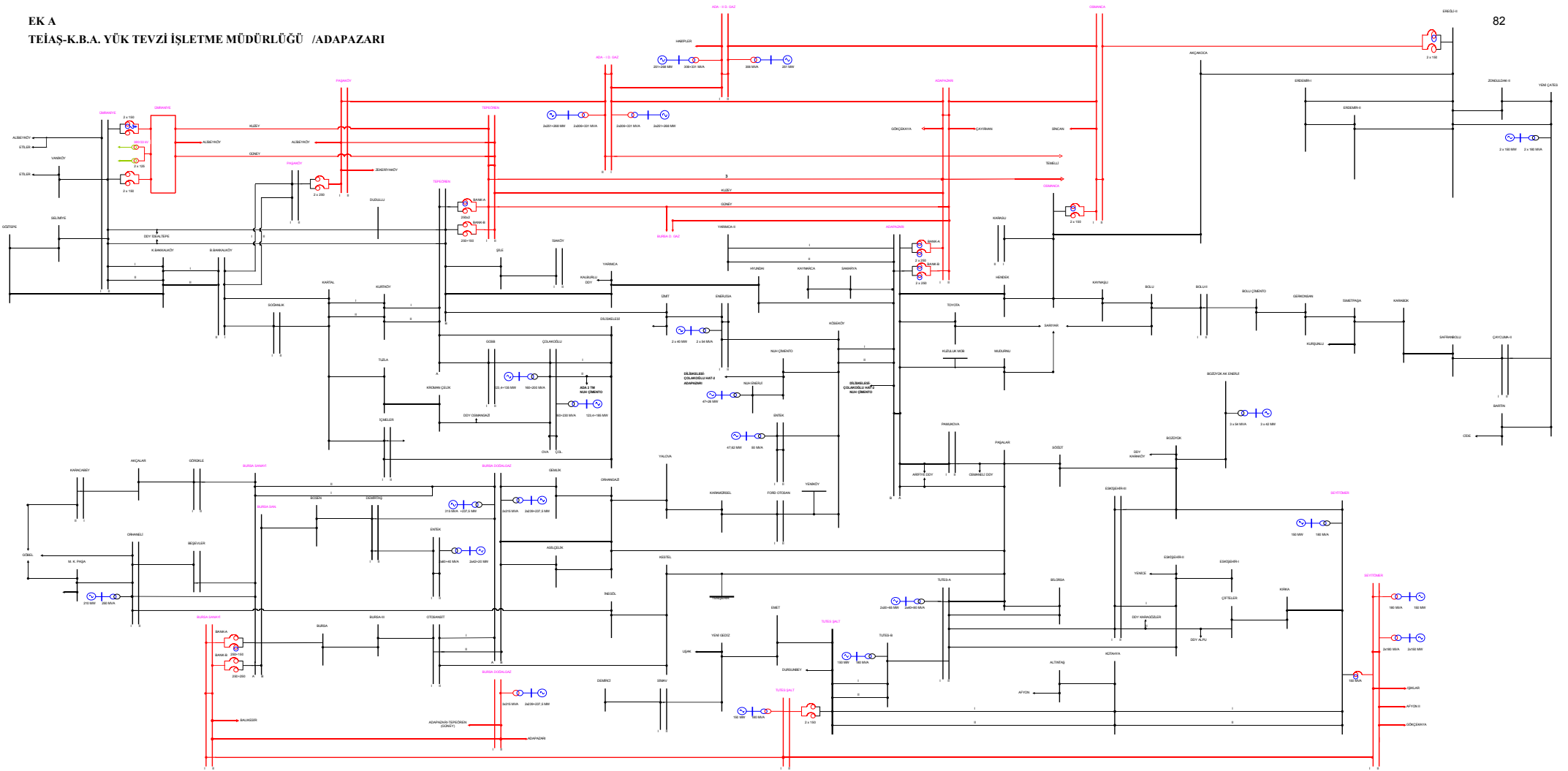
4-) Plansız ve kontrolsüz enerji kesintisine sebep olmadan sistem elemanlarının bakımını yapmak ve sistemi etkili olarak işletmek, herhangi bir arıza esnasında arızalı kısmı diğer sistemden en kısa sürede ayırarak ve sistemde devre dışı olan bölümü kısa sürede devreye alabilecek şekilde planlamaktır.

İletim sistemi elemanlarının yüklenme kriteri, elemanlarının taşıma kapasitelerine dayandırılır. İletim sistemi elemanlarının normal ve acil durumlarda taşıma kapasiteleri belirlenir. İletim elemanlarının acil durumlardaki taşıma kapasitesi, iletim sisteminde meydana gelen bir arızadan sonra bu elemanın tamiri süresince veya işletme değişikliği yapabilmek için gerekli süre içerisinde normal olarak işlevini yapabilmesidir.

Acil durumların süresi, örneğin büyük güçte bir üretim tesisinin kaybedilmesinden sonra veya iletim sisteminde meydana gelen bir arızadan sonra başka bir üretim tesisinin devreye girmesi için bu süre 2 saat olabilir. Bir iletim hattının tamir edilmesi 2-10 gün, transformatörün değiştirilmesi ise 1 ay süre alabilir. Böyle acil durumlarda iletim sistemi elemanlarının sorunsuz olarak işlevini yapması beklenebilir. Buldukları ortam göz önüne alınarak, iletim hatlarının acil durumlarda normal taşıma kapasitelerinin %110-%120 üzerinde, transformatörlerin ise normal taşıma kapasitelerinin %130-%150 oranında yüklenmeleri kabul edilebilir.

Sonuç olarak, artan elektrik enerjisi talebini en uygun şekilde karşılayabilmek için yapılacak planlama çalışmalarında, yük akışı ve kısıtlılık analizlerinin önemi ortaya çıkmıştır. Kısıtlılık analizi yapılarak üretim santrallerinin en uygun şekilde yüklenmeleri sağlanacak ve bu şekilde ülke ekonomisine katkı yapılacaktır.

EK A  
TEİAŞ-K.B.A. YÜK TEVZİ İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ /ADAPAZARI



## EK B PSAT ANALİZİNİN SONUÇLARI

### POWER FLOW REPORT

PSAT 2.1.2

Author: Federico Milano, (c) 2002-2008

e-mail: Federico.Milano@uclm.es

website: <http://www.uclm.es/area/gsee/Web/Federico>

File: C:\Documents and Settings\Nihat\Desktop\KBAGÜÇAKIŞIKBAgucakisi1

Date: 20-Dec-2008 20:46:35

### NETWORK STATISTICS

Buses:	114
Lines:	170
Generators:	18
Loads:	100

### SOLUTION STATISTICS

Number of Iterations:	5
Maximum P mismatch [MW]	0
Maximum Q mismatch [MVar]	0

### POWER FLOW RESULTS

Bus	V [kV]	phase [rad]	P gen [MW]	Q gen [MVar]	P load [MW]	Q load [MVar]
380ada dgkcs1	405,0800	0,0000	6074	23351	-88,3	-47,5
380ada dgkcs2	393,8377	0,0022	362	-20750	-133,4	-11,8
380adapazarı	395,6688	-0,0421	0	0	346,1	200,6
380bursa dgkcs	382,2796	-0,1923	210	106	-128,3	-93,1
380bursa sanayi	377,6836	-0,2216	0	0	36,6	191,9
380ereğli2	382,3544	-0,1260	0	0	105,2	66,8
380osmanca	386,0963	-0,0871	0	0	167,4	157,4
380pasaköy	396,7424	-0,0421	0	0	260,8	65,2
380seyitömer	389,8800	-0,1834	270	262	-46,3	-77,2
380tepeören	388,5324	-0,0991	0	0	537,5	174,7
380tutes şalt	380,9500	-0,2008	105	-369	0	0
380ümraniye	387,7830	-0,1014	0	0	357,8	99,8
adapazarı	159,9521	-0,0473	0	0	300,2	205,4

akcalar	154,2300	-0,2419	0	0	8	1,1
akçakoca	155,3490	-0,1123	0	0	21	3,9
altıntaş	153,7063	-0,2204	0	0	4	0
asilcelik	149,4425	-0,3071	0	0	102,1	11
b.bakkalköy	156,7584	-0,0983	0	0	160	81,8
Bartın	158,0037	-0,1903	0	0	38	8,7
besevler	153,0085	-0,2297	0	0	72,3	22,3
bilorsa	153,0062	-0,2151	0	0	30	8,9
bolu1	147,2988	-0,1589	0	0	65,1	25,7
bolu2	144,8779	-0,1899	0	0	30	10,7
boluçimento	144,4795	-0,1964	0	0	10	12
Bosen	152,7922	-0,2292	0	0	24	35,2
bozöyük	157,6095	-0,2668	0	0	108,1	14,8
bozöyük akenerji	158,6200	-0,2644	111	137	0	0
Bursa	149,9713	-0,2810	0	0	198,3	79
Bursa dgkcs	154,3850	-0,2656	215	439	0	0
Bursa sanayi	152,8742	-0,2272	0	0	210,2	268,1
Bursa3	150,1155	-0,2914	0	0	80	24,8
colakoglu	158,6200	-0,1168	274	366	0	0
demirci	144,6569	-0,3646	0	0	6	2,3
demirtas	153,5160	-0,2468	0	0	108,9	44,1
diliskelesi	157,3671	-0,1183	0	0	110,4	103,6
dudullu	154,9399	-0,1300	0	0	136	47
Emet	148,9488	-0,2956	0	0	84,5	2,2
enerjisa	154,0000	-0,0984	41	111	0	0
Entek1	154,0000	-0,2396	137	29	0	0
Entek2	151,5360	-0,0899	97	-175	0	0
erdemir1	154,5573	-0,1368	0	0	57	11,9
erdemir2	154,5724	-0,1366	0	0	35,2	8,5
Ereğli2	154,7096	-0,1346	0	0	151,3	46,2
eskişehir1	145,8156	-0,3655	0	0	33	11
eskişehir2	148,1527	-0,3425	0	0	100,4	15,7
eskişehir3	149,6046	-0,3277	0	0	87	9
ford otosan	148,5590	-0,1421	0	0	49,7	35
gemlik	150,3684	-0,3023	0	0	130	25,6
gerkonsan	144,3961	-0,2025	0	0	21	14,8
Gosb	157,0258	-0,1148	0	0	134	27,7
Göbel	157,2286	-0,2233	0	0	-55,7	-8,6
gölcük	151,5002	-0,1078	0	0	16,7	4,6
görükle	153,2025	-0,2421	0	0	47	6,3
göztepe	155,8915	-0,1233	0	0	105	24,1
hendek	156,7168	-0,0864	0	0	37	8,6
hyundai	155,7634	-0,1111	0	0	61,6	9,1
icmeler	154,0800	-0,1562	0	0	179,1	35,6
inegöl	149,1811	-0,3225	0	0	97	21,6
isaköy	156,5914	-0,1054	0	0	35	8,9



ismetpaşa	144,7183	-0,2080	0	0	0	2,5
izmitgis	153,3586	-0,1141	0	0	71	22,5
k.bakkalköy	156,0632	-0,1190	0	0	137	33,2
karabük	145,5430	-0,2257	0	0	35,5	6,3
karacabey	155,2969	-0,2379	0	0	26	5,9
karamürsel	144,7732	-0,2376	0	0	52	29,6
karasu	155,0973	-0,1127	0	0	23	4,6
kartal	154,2226	-0,1500	0	0	113,9	21,2
kaynarca	157,1644	-0,0814	0	0	13	4,4
kaynaşlı	150,7669	-0,1286	0	0	44,9	27,5
kestel	149,2045	-0,3137	0	0	142,9	21,8
kroman celik	152,6304	-0,1781	0	0	134,1	41,4
kurtköy	155,2594	-0,1328	0	0	95	10,8
kuzuluk	159,2172	-0,0550	0	0	22	5
köseköy	152,3363	-0,0944	0	0	97,3	76,7
kütahya	153,6121	-0,2156	0	0	88,2	26,3
kırka	149,3852	-0,2967	0	0	37,2	3,3
m.k.pasa	157,0048	-0,2301	0	0	25	7,7
melen	155,5416	-0,1075	0	0	14	2,8
mudurnu	157,3097	-0,0743	0	0	68,5	18,1
nuh enerji	154,0000	-0,0317	85	-51	0	0
nuhcimento	157,5741	-0,0971	0	0	58	7,8
orhaneli	158,0040	-0,2237	130	141	0	0
orhangazi	148,9525	-0,3052	0	0	182,5	25,1
osmanca	156,3811	-0,0897	0	0	115,4	45,7
otosantit	150,9675	-0,2945	0	0	131,9	51,3
pamukova	155,2671	-0,1411	0	0	22	9,4
pasaköy	160,1890	-0,0510	0	0	260,6	109,6
paşalar	153,3125	-0,2097	0	0	58	28,8
safranbolu	146,6345	-0,2275	0	0	28,3	7,4
sakarya	157,3427	-0,0811	0	0	50	10,7
sarıyar	159,9998	-0,0270	160	31	0	0
selimiye	156,0908	-0,1208	0	0	93,1	33,3
seyitömer	154,4620	-0,2029	110	-127	0	0
simav	144,9411	-0,3615	0	0	15	4,1
soganlık	153,3274	-0,1608	0	0	149	50,7
sögüt	155,2997	-0,2504	0	0	31,6	2,2
tepeören	157,2438	-0,1012	0	0	340,8	126,9
toyota	159,3366	-0,0535	0	0	63,6	22,3
tutes A	154,0000	-0,2020	93	-164	0	0
tutes B	154,9240	-0,2013	130	295	0	0
tutes şalt	154,4956	-0,2024	0	0	125,5	23,2
tuzla	152,5528	-0,1787	0	0	104	28,6
vaniköy	156,4169	-0,1157	0	0	0	0
yalova	145,3241	-0,2858	0	0	87,8	14,6
yarımca1	155,5843	-0,1205	0	0	55,4	9,4

yarımca2	158,4250	-0,0642	0	0	47	18
yenigediz	146,1651	-0,3457	0	0	24,1	0
yeniçates	160,1600	-0,1659	128	165	0	0
yenişehir	150,1692	-0,2696	0	0	34	10
zonguldak	157,5306	-0,1644	0	0	46,9	30,3
çaycuma	154,7764	-0,1997	0	0	69,7	19,3
çifteler	147,8079	-0,3350	0	0	34,9	4,6
ümraniye	156,4167	-0,1157	0	0	318,3	67,8
şile	156,7439	-0,1041	0	0	50,1	10,9

## LINE FLOWS

From Bus	To Bus	Line	P Flow [MW]	Q Flow [MVar]	P Loss [MW]	Q Loss [MVar]
göztepe	selimiye	1	-14,53	-5,39	0,01	-0,84
göztepe	k.bakkalköy	2	-90,47	-18,71	0,04	-8,88
selimiye	ümraniye	3	-107,63	-37,85	0,06	-8,68
ümraniye	vaniköy	4	0,00	-0,38	0,00	-0,38
tepeören	ümraniye	5	26,02	2,92	0,08	-1,98
dudullu	ümraniye	6	-70,73	-28,70	0,26	0,41
dudullu	tepeören	7	-65,27	-18,30	0,44	0,27
k.bakkalköy	ümraniye	8	-35,96	-15,12	0,03	-0,30
k.bakkalköy	ümraniye	9	-36,61	-15,26	0,03	-0,27
b.bakkalköy	k.bakkalköy	10	81,22	7,26	0,22	0,57
b.bakkalköy	k.bakkalköy	11	74,15	6,25	0,20	0,28
pasaköy	b.bakkalköy	12	177,88	56,43	1,36	8,09
pasaköy	b.bakkalköy	13	177,88	56,43	1,36	8,09
kartal	b.bakkalköy	14	-16,85	-10,62	0,01	-11,22
soganlık	b.bakkalköy	15	-20,81	-12,26	0,01	-10,30
kartal	soganlık	16	128,52	39,71	0,33	1,27
380tepeören	380ümraniye	17	451,48	129,63	0,57	0,53
380tepeören	380ümraniye	18	451,48	129,63	0,57	0,53
380pasaköy	380tepeören	19	1638,43	488,67	8,90	88,97
380ada dgkcs1	380pasaköy	20	2533,29	886,28	17,4	106,49
kurtköy	tepeören	21	-229,54	-36,52	1,66	7,14
kurtköy	tepeören	22	-237,77	-37,78	1,72	7,45
kartal	kurtköy	23	-181,53	-28,05	0,71	2,90
kartal	kurtköy	24	-189,34	-29,48	0,74	3,06
kartal	tuzla	25	70,11	11,81	0,43	0,53
icmeler	kartal	26	-75,08	4,68	0,10	0,11
kroman celik	tuzla	27	34,32	17,27	0,01	-0,05
diliskelesi	icmeler	28	104,95	26,58	0,93	-13,7
colakoglu	kroman celik	29	171,02	69,98	2,60	11,3
colakoglu	diliskelesi	30	12,12	29,55	0,05	-0,78
colakoglu	diliskelesi	31	90,89	225,51	0,39	1,78

nuhcimento	diliskelesi	32	55,70	-108,37	2,38	0,69
adapazarı	nuhcimento	33	36,96	1,35	0,38	-4,09
colakoglu	gosb	34	-0,03	40,86	0,08	-0,62
gosb	tepeören	35	-134,11	13,78	0,36	1,39
diliskelesi	tepeören	36	-59,45	14,83	0,21	-0,11
enerjisa	izmitgis	37	57,79	3,41	0,19	-0,13
enerjisa	köseköy	38	-16,79	108,06	0,25	0,85
nuh enerji	nuhcimento	39	85,00	-50,79	1,51	3,69
köseköy	nuhcimento	40	-6,020	-52,28	0,35	-0,76
entek2	köseköy	41	97,00	-174,79	0,27	1,23
izmitgis	tepeören	42	-13,40	-18,96	0,12	-4,50
tepeören	yarımca1	43	30,84	8,62	0,14	-2,05
şile	tepeören	44	-85,12	-18,89	0,22	0,23
isaköy	şile	45	-35,00	-8,90	0,02	-0,91
köseköy	gölcük	46	16,75	1,81	0,05	-2,79
ford otosan	köseköy	47	-223,10	-35,84	3,67	11,08
ford otosan	karamürsel	48	173,40	0,84	5,04	14,60
karamürsel	yalova	49	116,36	-43,36	1,77	4,82
orhangazi	yalova	50	-26,22	63,48	0,57	0,70
380ada dgkcs2	380ada dgkcs1	51	-204,40	-20839,13	52,56	593,81
380ada dgkcs2	380osmanca	52	699,80	100,67	5,58	16,96
380adapazarı	380ada dgkcs1	53	-3335,62	-923,95	36,66	155,79
380adapazarı	380osmanca	54	169,98	27,92	0,74	-93,26
adapazarı	yarımca2	55	23,31	5,65	0,10	-3,35
adapazarı	yarımca2	56	23,89	5,91	0,10	-3,10
adapazarı	sakarya	57	63,56	15,24	0,54	1,06
sakarya	kaynarca	58	13,01	3,48	0,01	-0,92
adapazarı	hyundai	59	88,15	9,50	1,80	2,93
hyundai	yarımca1	60	24,75	-2,53	0,05	-1,26
adapazarı	köseköy	61	101,49	70,63	1,72	5,58
adapazarı	köseköy	62	159,16	86,77	3,82	9,87
osmanca	melen	63	37,14	5,30	0,09	-1,25
melen	karasu	64	23,04	3,74	0,04	-0,86
hendek	osmanca	65	5,02	0,02	0,01	-2,67
hendek	adapazarı	66	-42,02	-8,62	0,56	-1,94
kaynaşlı	osmanca	67	-113,12	-52,97	2,02	5,11
bolu1	sarıyar	68	-93,74	-20,44	4,61	9,71
sarıyar	toyota	69	13,01	-4,94	0,08	-8,15
mudurnu	sarıyar	70	-48,16	-8,02	0,49	-1,93
adapazarı	toyota	71	50,74	18,89	0,08	-0,20
adapazarı	kuzuluk	72	42,55	10,14	0,12	-0,40
kuzuluk	mudurnu	73	20,44	5,54	0,09	-4,54
bolu1	kaynaşlı	74	-67,40	-24,35	0,82	1,12
bolu1	bolu2	75	96,04	19,09	1,03	2,27
380ereğli2	380osmanca	76	-376,02	-56,77	1,66	-10,36
akçakoca	osmanca	77	-55,27	1,05	0,39	-0,26

akçakoca	ereğli2	78	34,27	-4,95	0,23	-1,52
erdemir1	ereğli2	79	-42,29	-9,24	0,02	-0,11
ereğli2	erdemir2	80	49,93	11,04	0,02	-0,05
erdemir1	erdemir2	81	-14,71	-2,66	0,00	-0,06
yeniçates	zonguldak	82	14,74	67,12	0,34	0,19
ereğli2	yeniçates	83	27,79	-39,62	0,26	-1,29
ereğli2	zonguldak	84	33,02	-37,42	0,51	-0,79
çaycuma	yeniçates	85	-100,72	-49,54	1,74	3,45
bartın	yeniçates	86	-38,00	-8,70	0,32	-1,63
çaycuma	safranbolu	87	31,02	30,24	0,79	-1,64
karabük	safranbolu	88	-1,87	-25,11	0,06	-0,63
ismetpaşa	karabük	89	33,78	-20,46	0,16	-1,65
gerkonsan	ismetpaşa	90	33,81	-19,04	0,03	-1,08
boluçimento	gerkonsan	91	54,87	-6,03	0,06	-1,79
bolu2	boluçimento	92	65,01	6,12	0,14	0,15
380adapazarı	380bursa dgkcs	93	513,40	62,38	8,51	6,10
380adapazarı	380tepeören	94	339,94	57,56	2,23	-22,68
380adapazarı	380tepeören	95	408,34	77,64	2,17	-28,21
380adapazarı	380tepeören	96	297,20	44,04	1,97	-31,43
380bursa sanayi	380bursa dgkcs	97	-840,19	-235,67	2,99	19,64
380bursa sanayi	380tutes şalt	98	-109,78	-52,76	0,28	-41,61
bursa sanayi	bursa	99	298,72	75,02	2,12	16,70
380seyitömer	380tutes şalt	100	217,81	225,76	0,99	-12,65
bozöyük	seyitömer	101	-65,06	36,91	0,99	1,38
bozöyük akenerji	bozöyük	102	111,00	136,84	0,38	0,97
adapazarı	pamukova	103	159,21	23,50	3,09	12,75
adapazarı	paşalar	104	168,13	21,05	5,51	23,26
pamukova	paşalar	105	134,12	1,36	1,84	7,14
paşalar	sögüt	106	57,95	-39,79	0,89	0,84
bozöyük	sögüt	107	-25,12	42,30	0,33	-0,53
kütahya	seyitömer	108	-37,50	-8,19	0,11	-0,99
kütahya	seyitömer	109	-25,31	-8,33	0,04	-1,35
altıntaş	kütahya	110	-4,00	0,00	0,01	-3,67
kütahya	tutes şalt	111	-14,72	-3,02	0,07	-3,45
kütahya	tutes şalt	112	-14,68	-3,09	0,06	-2,97
tutes A	tutes B	113	-52,01	-164,19	0,21	0,89
paşalar	tutes A	114	-4,75	-4,88	0,01	-6,60
tutes B	tutes şalt	115	48,29	73,22	0,05	0,11
tutes B	tutes şalt	116	29,49	56,30	0,02	-0,10
kırka	seyitömer	117	-77,10	-1,36	2,32	3,51
çifteler	kırka	118	-39,43	0,60	0,47	-1,33
çifteler	eskişehir2	119	4,53	-5,20	0,01	-4,13
eskişehir1	eskişehir2	120	-33,00	-11,00	0,29	-1,26
eskişehir3	eskişehir2	121	59,93	23,25	0,24	0,10
bozöyük	eskişehir3	122	92,70	41,85	2,38	5,02
bilorsa	tutes A	123	-9,38	-5,19	0,03	-5,45

bilorsa	paşalar	124	-20,62	-3,71	0,02	-0,89
eskişehir3	tutes A	125	-56,61	4,58	2,22	0,27
eskişehir2	tutes A	126	-69,48	-3,37	2,04	2,96
paşalar	yenişehir	127	91,51	4,49	1,71	3,33
kestel	yenişehir	128	-55,05	8,89	0,75	0,05
emet	tutes şalt	129	-130,45	-4,37	3,96	10,37
emet	yeniğediz	130	45,95	2,17	0,73	-0,90
simav	yeniğediz	131	-21,01	-4,88	0,11	-1,81
demirci	simav	132	-6,00	-2,30	0,01	-1,52
orhangazi	paşalar	133	-69,46	1,87	2,10	2,43
bursa dgkcs	gemlik	134	145,91	50,87	2,05	5,66
bursa dgkcs	orhangazi	135	79,15	48,02	0,97	2,73
gemlik	orhangazi	136	13,86	19,61	0,07	-0,96
asilcelik	bursa dgkcs	137	-96,97	-35,25	1,64	3,70
asilcelik	orhangazi	138	-5,13	24,25	0,03	-0,34
bursa dgkcs	otosantit	139	115,37	67,64	0,67	3,59
bursa dgkcs	otosantit	140	103,87	63,84	0,52	3,42
bursa3	otosantit	141	18,18	-46,22	0,04	-0,13
bursa	bursa3	142	98,30	-20,69	0,12	0,73
kestel	otosantit	143	-103,56	-25,39	0,72	1,68
inegöl	kestel	144	-15,66	3,88	0,04	-1,42
bursa dgkcs	bursa sanayi	145	-124,57	64,22	1,15	4,24
bursa dgkcs	bursa sanayi	146	-114,27	57,30	1,00	3,80
m.k.pasa	orhaneli	147	-7,30	-6,85	0,02	-4,18
bursa sanayi	orhaneli	148	-17,12	-55,18	0,38	-0,37
inegöl	orhaneli	149	-81,34	-25,48	1,97	4,87
besevler	orhaneli	150	-21,06	-52,80	0,37	-0,43
besevler	bursa sanayi	151	-51,24	30,50	0,03	-0,01
göbel	orhaneli	152	-0,46	-6,44	0,00	-5,26
göbel	m.k.pasa	153	17,73	-0,63	0,02	-1,48
bursa sanayi	görükle	154	42,95	-16,58	0,08	-10,25
akcalar	görükle	155	4,15	10,98	0,02	-1,66
akcalar	karacabey	156	-12,15	-12,08	0,04	-1,47
göbel	karacabey	157	38,43	15,67	0,24	-0,84
demirtas	entek 1	158	-136,77	-27,77	0,23	0,84
bursa dgkcs	demirtas	159	-89,07	48,39	0,39	1,22
bosen	demirtas	160	61,84	-30,58	0,25	0,26
bosen	bursa sanayi	161	-85,84	-4,62	0,04	0,09
380ümraniye	ümraniye	162	544,02	158,40	0,35	7,80
380pasaköy	pasaköy	163	616,65	225,92	0,30	3,46
380tepeören	tepeören	164	1228,20	227,31	1,16	-24,86
380adapazarı	adapazarı	165	1260,67	453,80	0,71	-26,92
380osmanca	osmanca	166	318,37	1,10	0,04	-104,0
380ereğli2	ereğli2	167	270,82	-10,03	0,50	-2,80
380bursa sanayi	bursa sanayi	168	913,37	96,53	0,48	-35,54
380tutes şalt	tutes şalt	169	211,76	-141,95	0,04	-50,06

380seyitömer	seyitömer	170	98,49	113,25	0,04	2,81
--------------	-----------	-----	-------	--------	------	------

## LINE FLOWS

From Bus	To Bus	Line	P Flow [MW]	Q Flow [MVar]	P Loss [MW]	Q Loss [MVar]
selimiye	göztepe	1	14,53	4,55	0,01	-0,84
k.bakkalköy	göztepe	2	90,51	9,83	0,04	-8,88
ümraniye	selimiye	3	107,69	29,17	0,06	-8,68
vaniköy	ümraniye	4	0,00	0,00	0,00	-0,38
ümraniye	tepeören	5	-25,94	-4,89	0,08	-1,98
ümraniye	dudullu	6	70,99	29,10	0,26	0,41
tepeören	dudullu	7	65,70	18,58	0,44	0,27
ümraniye	k.bakkalköy	8	35,99	14,81	0,03	-0,30
ümraniye	k.bakkalköy	9	36,64	15,00	0,03	-0,27
k.bakkalköy	b.bakkalköy	10	-81,00	-6,68	0,22	0,57
k.bakkalköy	b.bakkalköy	11	-73,94	-5,97	0,20	0,28
b.bakkalköy	pasaköy	12	-176,52	-48,34	1,36	8,09
b.bakkalköy	pasaköy	13	-176,52	-48,34	1,36	8,09
b.bakkalköy	kartal	14	16,86	-0,60	0,01	-11,22
b.bakkalköy	soganlık	15	20,82	1,97	0,01	-10,30
soganlık	kartal	16	-128,19	-38,44	0,33	1,27
380ümraniye	380tepeören	17	-450,91	-129,10	0,57	0,53
380ümraniye	380tepeören	18	-450,91	-129,10	0,57	0,53
380tepeören	380pasaköy	19	-1629,53	-399,70	8,90	88,97
380pasaköy	380ada dgkcs1	20	-2515,88	-779,79	17,4	106,5
tepeören	kurtköy	21	231,20	43,66	1,66	7,14
tepeören	kurtköy	22	239,49	45,23	1,72	7,45
kurtköy	kartal	23	182,24	30,96	0,71	2,90
kurtköy	kartal	24	190,07	32,54	0,74	3,06
tuzla	kartal	25	-69,68	-11,28	0,43	0,53
kartal	icmeler	26	75,18	-4,56	0,10	0,11
tuzla	kroman celik	27	-34,32	-17,32	0,01	-0,05
icmeler	diliskelesi	28	-104,02	-40,28	0,93	-13,69
kroman celik	colakoglu	29	-168,42	-58,67	2,60	11,31
diliskelesi	colakoglu	30	-12,07	-30,33	0,05	-0,78
diliskelesi	colakoglu	31	-90,51	-223,73	0,39	1,78
diliskelesi	nuhcimento	32	-53,32	109,06	2,38	0,69
nuhcimento	adapazarı	33	-36,58	-5,44	0,38	-4,09
gosb	colakoglu	34	0,11	-41,48	0,08	-0,62
tepeören	gosb	35	134,48	-12,39	0,36	1,39
tepeören	diliskelesi	36	59,66	-14,94	0,21	-0,11
izmitgis	enerjisa	37	-57,60	-3,54	0,19	-0,13
köseköy	enerjisa	38	17,04	-107,22	0,25	0,85
nuhcimento	nuh enerji	39	-83,49	54,48	1,51	3,69
nuhcimento	köseköy	40	6,37	51,53	0,35	-0,76

köseköy	entek2	41	-96,73	176,02	0,27	1,23
tepeören	izmitgis	42	13,52	14,46	0,12	-4,50
yarımca1	tepeören	43	-30,70	-10,67	0,14	-2,05
tepeören	şile	44	85,34	19,12	0,22	0,23
şile	isaköy	45	35,02	7,99	0,02	-0,91
gölcük	köseköy	46	-16,70	-4,60	0,05	-2,79
köseköy	ford otosan	47	226,77	46,92	3,67	11,08
karamürsel	ford otosan	48	-168,36	13,76	5,04	14,60
yalova	karamürsel	49	-114,60	48,18	1,77	4,82
yalova	orhangazi	50	26,80	-62,78	0,57	0,70
380ada dgkcs1	380ada dgkcs2	51	256,96	21432,94	52,56	593,81
380osmanca	380ada dgkcs2	52	-694,21	-83,72	5,58	16,96
380ada dgkcs1	380adapazarı	53	3372,28	1079,74	36,66	155,79
380osmanca	380adapazarı	54	-169,23	-121,18	0,74	-93,26
yarımca2	adapazarı	55	-23,21	-9,00	0,10	-3,35
yarımca2	adapazarı	56	-23,79	-9,00	0,10	-3,10
sakarya	adapazarı	57	-63,01	-14,18	0,54	1,06
kaynarca	sakarya	58	-13,00	-4,40	0,01	-0,92
hyundai	adapazarı	59	-86,35	-6,57	1,80	2,93
yarımca1	hyundai	60	-24,70	1,27	0,05	-1,26
köseköy	adapazarı	61	-99,78	-65,05	1,72	5,58
köseköy	adapazarı	62	-155,34	-76,90	3,82	9,87
melen	osmanca	63	-37,04	-6,54	0,09	-1,25
karasu	melen	64	-23,00	-4,60	0,04	-0,86
osmanca	hendek	65	-5,01	-2,69	0,01	-2,67
adapazarı	hendek	66	42,58	6,68	0,56	-1,94
osmanca	kaynaşlı	67	115,14	58,08	2,02	5,11
sarıyar	bolu1	68	98,35	30,15	4,61	9,71
toyota	sarıyar	69	-12,93	-3,21	0,08	-8,15
sarıyar	mudurnu	70	48,64	6,08	0,49	-1,93
toyota	adapazarı	71	-50,67	-19,09	0,08	-0,20
kuzuluk	adapazarı	72	-42,44	-10,54	0,12	-0,40
mudurnu	kuzuluk	73	-20,34	-10,08	0,09	-4,54
kaynaşlı	bolu1	74	68,22	25,47	0,82	1,12
bolu2	bolu1	75	-95,01	-16,82	1,03	2,27
380osmanca	380ereğli2	76	377,68	46,40	1,66	-10,36
osmanca	akçakoca	77	55,66	-1,31	0,39	-0,26
ereğli2	akçakoca	78	-34,03	3,44	0,23	-1,52
ereğli2	erdemir1	79	42,32	9,13	0,02	-0,11
erdemir2	ereğli2	80	-49,91	-11,10	0,02	-0,05
erdemir2	erdemir1	81	14,71	2,60	0,00	-0,06
zonguldak	yeniçates	82	-14,40	-66,93	0,34	0,19
yeniçates	ereğli2	83	-27,52	38,33	0,26	-1,29
zonguldak	ereğli2	84	-32,50	36,63	0,51	-0,79
yeniçates	çaycuma	85	102,46	52,99	1,74	3,45
yeniçates	bartın	86	38,32	7,07	0,32	-1,63

safranbolu	çaycuma	87	-30,23	-31,88	0,79	-1,64
safranbolu	karabük	88	1,93	24,48	0,06	-0,63
karabük	ismetpaşa	89	-33,63	18,81	0,16	-1,65
ismetpaşa	gerkonsan	90	-33,78	17,96	0,03	-1,08
gerkonsan	boluçimento	91	-54,81	4,24	0,06	-1,79
boluçimento	bolu2	92	-64,87	-5,97	0,14	0,15
380bursa dgkcs	380adapazarı	93	-504,88	-56,28	8,51	6,10
380tepeören	380adapazarı	94	-337,72	-80,25	2,23	-22,68
380tepeören	380adapazarı	95	-406,17	-105,86	2,17	-28,21
380tepeören	380adapazarı	96	-295,24	-75,47	1,97	-31,43
380bursa dgkcs	380bursa sanayi	97	843,18	255,32	2,99	19,64
380tutes şalt	380bursa sanayi	98	110,06	11,15	0,28	-41,61
bursa	bursa sanayi	99	-296,60	-58,31	2,12	16,70
380tutes şalt	380seyitömer	100	-216,82	-238,41	0,99	-12,65
seyitömer	bozöyük	101	66,05	-35,53	0,99	1,38
bozöyük	bozöyük akenerji	102	-110,62	-135,86	0,38	0,97
pamukova	adapazarı	103	-156,12	-10,76	3,09	12,75
paşalar	adapazarı	104	-162,62	2,21	5,51	23,26
paşalar	pamukova	105	-132,28	5,79	1,84	7,14
sögüt	paşalar	106	-57,05	40,63	0,89	0,84
sögüt	bozöyük	107	25,45	-42,83	0,33	-0,53
seyitömer	kütahya	108	37,61	7,20	0,11	-0,99
seyitömer	kütahya	109	25,36	6,98	0,04	-1,35
kütahya	altıntaş	110	4,01	-3,67	0,01	-3,67
tutes şalt	kütahya	111	14,79	-0,43	0,07	-3,45
tutes şalt	kütahya	112	14,74	0,12	0,06	-2,97
tutes B	tutes A	113	52,22	165,08	0,21	0,89
tutes A	paşalar	114	4,76	-1,72	0,01	-6,60
tutes şalt	tutes B	115	-48,23	-73,11	0,05	0,11
tutes şalt	tutes B	116	-29,47	-56,40	0,02	-0,10
seyitömer	kırka	117	79,42	4,88	2,32	3,51
kırka	çifteler	118	39,90	-1,94	0,47	-1,33
eskişehir2	çifteler	119	-4,52	1,07	0,01	-4,13
eskişehir2	eskişehir1	120	33,29	9,74	0,29	-1,26
eskişehir2	eskişehir3	121	-59,70	-23,15	0,24	0,10
eskişehir3	bozöyük	122	-90,33	-36,83	2,38	5,02
tutes A	bilorsa	123	9,40	-0,26	0,03	-5,45
paşalar	bilorsa	124	20,65	2,82	0,02	-0,89
tutes A	eskişehir3	125	58,83	-4,31	2,22	0,27
tutes A	eskişehir2	126	71,52	6,33	2,04	2,96
yenişehir	paşalar	127	-89,80	-1,16	1,71	3,33
yenişehir	kestel	128	55,80	-8,84	0,75	0,05
tutes şalt	emet	129	134,41	14,74	3,96	10,37
yenigediz	emet	130	-45,22	-3,07	0,73	-0,90
yenigediz	simav	131	21,12	3,07	0,11	-1,81
simav	demirci	132	6,01	0,78	0,01	-1,52



paşalar	orhangazi	133	71,56	0,57	2,10	2,43
gemlik	bursa dgkcs	134	-143,86	-45,21	2,05	5,66
orhangazi	bursa dgkcs	135	-78,19	-45,29	0,97	2,73
orhangazi	gemlik	136	-13,79	-20,56	0,07	-0,96
bursa dgkcs	asilcelik	137	98,61	38,95	1,64	3,70
orhangazi	asilcelik	138	5,16	-24,59	0,03	-0,34
otosantit	bursa dgkcs	139	-114,69	-64,05	0,67	3,59
otosantit	bursa dgkcs	140	-103,35	-60,41	0,52	3,42
otosantit	bursa3	141	-18,13	46,09	0,04	-0,13
bursa3	bursa	142	-98,18	21,42	0,12	0,73
otosantit	kestel	143	104,28	27,07	0,72	1,68
kestel	inegöl	144	15,71	-5,30	0,04	-1,42
bursa sanayi	bursa dgkcs	145	125,72	-59,98	1,15	4,24
bursa sanayi	bursa dgkcs	146	115,27	-53,51	1,00	3,80
orhaneli	m.k.pasa	147	7,31	2,66	0,02	-4,18
orhaneli	bursa sanayi	148	17,50	54,81	0,38	-0,37
orhaneli	inegöl	149	83,30	30,35	1,97	4,87
orhaneli	besevler	150	21,43	52,37	0,37	-0,43
bursa sanayi	besevler	151	51,27	-30,51	0,03	-0,01
orhaneli	göbel	152	0,46	1,18	0,00	-5,26
m.k.pasa	göbel	153	-17,70	-0,85	0,02	-1,48
görükle	bursa sanayi	154	-42,87	6,33	0,08	-10,25
görükle	akcalar	155	-4,13	-12,63	0,02	-1,66
karacabey	akcalar	156	12,19	10,61	0,04	-1,47
karacabey	göbel	157	-38,19	-16,51	0,24	-0,84
entek1	demirtas	158	137,00	28,60	0,23	0,84
demirtas	bursa dgkcs	159	89,47	-47,17	0,39	1,22
demirtas	bosen	160	-61,59	30,84	0,25	0,26
bursa sanayi	bosen	161	85,88	4,71	0,04	0,09
ümraniye	380ümraniye	162	-543,67	-150,60	0,35	7,80
pasaköy	380pasaköy	163	-616,35	-222,46	0,30	3,46
tepeören	380tepeören	164	-1227,04	-252,16	1,16	-24,86
adapazarı	380adapazarı	165	-1259,95	-480,72	0,71	-26,92
osmanca	380osmanca	166	-318,32	-105,07	0,04	-104,1
ereğli2	380ereğli2	167	-270,31	7,23	0,50	-2,80
bursa sanayi	380bursa sanayi	168	-912,89	-132,07	0,48	-35,54
tutes şalt	380tutes şalt	169	-211,72	91,88	0,04	-50,06
seyitömer	380seyitömer	170	-98,44	-110,43	0,04	2,81

TOTAL GENERATION

8731,73

REAL POWER [MW]

REACTIVE POWER [MVar]

3797,90

TOTAL LOSES

REAL POWER [MW]

250,23

REACTIVE POWER [MVar]

599,30

## KAYNAKLAR

- [1] TINNEY, W.F., HART, C.E., 'Power Flow Solution by Newton's Method', IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, pp.86, 1967.
- [2] DOMMEL, H.W., TINNEY, W.F., 'Optimal Power Flow Solutions,' IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, pp.87, 1968.
- [3] RASHED, A.M.H., KELLY, D.H., 'Optimal Load Flow Solution Using Lagrangian Multiplers and The Hessian Matrix' , IEEE, 1974.
- [4] HAPP, H.H., 'Optimal Power Dispatch-A Comprehensive Survey' , IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, pp. 96, 1977.
- [5] BURCHETT, R.C., HAPP, H.H., VIEARATH, D.R., WIRGAU, K.A., 'Devopments in Optimal Power Flow', IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, pp.101, 1982.
- [6] SUN, D.I., ASHLEY, B., BREWER, B., HUGHES, A., TINNEY, W.F., 'Optimal Power Flow by Newton Approach', IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, pp. 103, 1984.
- [7] ALSAC, O., BRIGHT, J., PRAIS, M. , STOTT, B., 'Further Developments in LP-Based Optimal Power Flow,' IEEE Transactions on Power Systems, pp.5, 1990.
- [8] WU, Y., DEBS, A.S. , MARSTEN, R.E., 'Direct Nonlinear Predictor-Corrector Primal-Dual Interior Point Algorithm for Optimal Power Flows,' IEEE Power Industry Computer Applications Conference, 1993.
- [9] LUKMAN, D., BLACKBURN, T.R., 'Modified algorithm of load flow simulation for loss minimization in power systems', Australian Universities Power Engineering Conference,AUPEC 2001,Curtin University, pp.1,2001.
- [10] ZHIQIANG, Y., ZHIJIAN, H., CHUANWEN, J., 'Economic Dispatch and Optimal Power Flow Based on Chaotic Optimization'. IEEE, 2002.
- [11] TEİAŞ APK Dairesi Başkanlığı, Etüd ve Raporlama Müdürlüğü, 2008 yılı Faaliyet Raporları, sf.19,20. Ankara, 2008.

- [12] GÜNEY, İ., 'Elektrik Tesisleri 1', Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, İstanbul, 1993.
- [13] www.teias.gov.tr , Aralık 2008.
- [14] SULLIVAN, R.L., 'Power system planning', McGraw-Hill International Book Company, USA, 1985.
- [15] www.epdk.gov.tr , Aralık 2008
- [16] DENGİZ, H.H., 'Enerji Hatları Mühendisliği', Kardeş Kitabevi, İstanbul, 1991.
- [17] SANER, Y., 'Güç İletimi(Enerji Taşınması)', Birsen Yayıncılık, 2004.
- [18] TEİAŞ, 'Türkiye Ulusal Elektrik Ağındaki Havai Hatların, Trafoların ve Generatörlerin Elektriki Karakteristikleri', SA-2006/1.
- [19] RAMASAMY, N., 'Computer-Aided Power System Analysis', Marcel Dekker, Inc., pp. 1-5, 11-25, 27-47, 49-52, NewYork, USA, 2002.
- [20] ÇAKIR, H., 'Elektrik Güç Sistemleri Analizi', Y.T.Ü Mühendislik Fakültesi, sf.321, İstanbul, 1986.
- [21] KÜÇÜK, S., 'Elektrik Tesislerinde Arızalar', Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş. , sf.299, İzmit, 2005.
- [22] JAMES, A.M., 'Electric Power System Applications of Optimization', Marcel Dekker, Inc., pp.65-90, NewYork, USA, 2001.
- [23] PSAT 2.1.2. 'Program Application Guide', Power Technologies, Inc. , Genova, ITALY , 2008.
- [24] PSAT 2.1.2. 'Program Operation Manuel', Power Technologies, Inc. , Genova, ITALY , 2008.
- [25] WEEDY, B.M., 'Electric Power Systems Third Edition', John Wiley & Sons Ltd. , Great Britain , pp.211-241, 247-253, 1979.
- [26] WEEDY, B.M., CORY, B.J., 'Electric Power Systems Fourth Edition', John Wiley & Sons Ltd. , West Sussex, pp.229-231, 242-255, 273-276, 1998.
- [27] PAI, M.A., 'Computer Techniques in Power System Analysis', McGraw-Hill , NewDelhi , pp.110-112 ,114-117 ,120-126, 1979.
- [28] ARİFOĞLU, U. , 'Güç Sistemlerinin Bilgisayar Destekli Analizi', Alfa Basım Yayımlar Dağıtım Ltd. Şti. , sf. 187-189, 225-261, İstanbul , 2002.

- [29] WILLIAM, D., STEVENSON, JR., 'Elements of Power Systems Analysis' Fourth Edition , McGraw-HILL, pp.37 -65,68-87,425-429,Singapore,1982.
- [30] CHOUSEİN KİÖSE, O., 'KKTC Elektrik Üretim İletim Sisteminde Yük Akışı ve Gelişim Planı' Yüksek Lisans Tezi , Ankara , 2006.
- [31] BAŞARAN, Ü., 'Türkiyedeki 380 Kv'luk Enterkonnekte Güç Sisteminde Çeşitli Güç Akışı ve Ekonomik Dağıtım Analizleri' Yüksek Lisans Tezi , Eskişehir , 2004.
- [32] TARKAN, O., 'Power System Planning', Metu , Electrical Engineering Department , pp. 1-15 , Ankara , 1981.
- [33] [www.power.uwaterloo.ca/~fmilano/psat.htm](http://www.power.uwaterloo.ca/~fmilano/psat.htm), Ekim 2008.

## ÖZGEÇMİŞ

Nihat Pamuk, 25.04.1982 de Malatya 'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Elazığ 'da tamamladı. 2000 yılında Elazığ Mehmet Akif Ersoy süper lisesinden mezun oldu. 2000 yılında başladığı Fırat Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünü 2004 yılında bitirdi. 2007 yılında Sakarya Elektrik Dağıtım A.Ş.'de işletme ve bakım mühendisi olarak çalıştı. Bu süre içerisinde şirketin sorumluluğunda bulunan Kocaeli, Sakarya, Bolu ve Düzce illerindeki bakım onarım projelerinin kontrolünde aktif rol aldı. Aynı yıl Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans çalışmalarına başladı. 2008 yılında Türkiye Elektrik İletim A.Ş. 5.İletim Tesis ve İşletme Grup Müdürlüğünde Bölge mühendisi olarak görev yapmaya başladı. Halen aynı görevi sürdürmektedir.