

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRKİYE ELEKTRİK İLETİM ŞEBEKESİNİN  
TRAKYA BÖLÜMÜNÜN KONTROLLÜ  
ÇALIŞMA BÖLGELERİNE AYRILMASININ İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Elk. Müh. Okan USLU**

**Ana Bilim Dalı : ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ**

**Programı : ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ**

**OCAK 2008**

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRKİYE ELEKTRİK İLETİM ŞEBEKESİNİN  
TRAKYA BÖLÜMÜNÜN KONTROLLÜ  
ÇALIŞMA BÖLGELERİNE AYRILMASININ İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Elk. Müh. Okan USLU  
(504971326)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 24 Aralık 2007  
Tezin Savunulduğu Tarih: 31 Ocak 2008**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Mustafa BAĞRIYANIK (ITU)  
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ömer USTA(İTÜ)  
Yrd. Dç. Dr. Mehmet Bayrak(SAÜ)**

**OCAK 2008**

## **ÖNSÖZ**

Elektrik iletim sisteminde kontrollü çalışma bölgelerinin (ada çalışma bölgelerinin) ele alındığı bu tez çalışmamda bana olan yardım ve rehberliği için Sn. Doç. Dr. Mustafa Bağrıyanık'a, sürekli maddi ve manevi destekleri için Müdür ve Müdür Yardımcım Sn. Erol Türksen ve Sn. Tayyip Zengin'e, özellikle manevi desteğinin yanı sıra, tezin kaleme alınma aşamasında yardımlarını esirgemeyen eşim Yasemin Uslu'ya teşekkürlerimi bir borç bilirim.

**Aralık 2008**

**Okan USLU**  
**Elektrik Mühendisi**

## İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xı
SUMMARY	xiii
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amaç	1
<b>2. İLETİM SİSTEMLERİNİN İŞLETİLMESİ</b>	<b>5</b>
2.1. Türkiye Şebekesinin Enterkonnekte Yapısı ve İşletilmesi	10
2.2. İletim Sistem İşletmesinde Kararlılık	11
2.2.1. Açısız Kararlılık(Rotor Açısı Kararlılığı)	13
2.2.2. Gerilim Kararlılığı	15
2.2.3. Frekans Kararlılığı	18
<b>3. TEMEL YÜK AKIŞ KURALLARI VE HESAP YÖNTEMLERİ</b>	<b>19</b>
<b>4. BİR İLETİM ŞEBEKESİNİN KONTROLLÜ ÇALIŞMA BÖLGELERİ ŞEKLİNDE İNCELENMESİ</b>	<b>25</b>
4.1. Kontrollü Çalışma Bölgesi Uygulamasına Bir Örnek: Tokyo Metropolünün Aktif Ve Reaktif Güç Denge Kontrolü ile Ada Koruma Sistemi ve Gerçek Bir İşletme Tecrübesi	28
4.2. OBDD Tabanlı Benzetim İle Kontrollü Ada Çalışma Bölgeleri Bulma Çalışması	33
<b>5. KONTROLLÜ ÇALIŞMA BÖLGESİ UYGULAMASININ TÜRKİYE'NİN TRAKYA BÖLGESİNE UYARLANMASI</b>	<b>35</b>
5.1. Kontrollü Çalışma Bölgesi Uygulanacak Olan Bölgenin Ayrıntılı Tanıtılması	35
5.2. İncelenecek Olan Gerçek İletim Şebekesi	42
5.2.1. Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılmamış İletim Şebekesinin İncelenmesi	42
5.2.2. Senaryo 1	45
5.2.3. Senaryo 2	49
5.2.4. Senaryo 3	53
5.2.5. Senaryo 4	56
5.2.6. Senaryo 5	59
5.2.7. Sonuçlar,Değerlendirme Ve Öneriler	59

<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER</b>	<b>62</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>65</b>
<b>EKLER</b>	<b>68</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>96</b>

## KISALTMALAR

<b>TEİAŞ</b>	: Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
<b>PSAT</b>	: Power System Analyzing Toolbox
<b>PSSE</b>	: Power System Simulation
<b>E.N.H</b>	: Enerji Nakil Hattı
<b>D.G.K.Ç.S.</b>	: Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali
<b>UCTE</b>	: Union for the co-ordination of transmission of electricity (Avrupa elektrik iletim koordinasyon birliği)
<b>SVC</b>	: Statik Var Kompanzator
<b>STATCON</b>	: Statik Kondansator
<b>FACTS</b>	: Flexible AC transmission system
<b>OLTC</b>	: On load tap changer
<b>PAR</b>	: Phase Angle Recover
<b>HSR</b>	: High speed reclosure of transmission lines
<b>AVR</b>	: Automatic Voltage Regulator
<b>TWVO-SRs</b>	: Değişken çıkışlı kademeli sargı içeren şönt reaktör
<b>VCPI</b>	: Voltage Collapse Proximity Indicator
<b>ENTERKONNEKTE</b>	: Birleşik ağ şebeke
<b>OBDD</b>	: Ordered binary decision diagram
<b>SCADA</b>	: Supervisory Control and Data Acquisition

## TABLO LİSTESİ

	<b>Sayfa No</b>
<b>Tablo 5.1</b> Tüm Trakya İletim Sistemi Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılmadan Önce Yapılan Yük Akışında Özet Durum.....	45
<b>Tablo 5.1</b> Tüm Trakya İletim Sistemi Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılmadan Önce Yapılan Yük Akışında Özet Durum.....	44
<b>Tablo 5.2</b> Trakya İletim Sisteminin Senaryo1'e göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrıldıktan Sonra Yük Akışında Özet Durum.....	48
<b>Tablo 5.3</b> Trakya İletim Sisteminin Senaryo2'ye göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrıldıktan Sonra Yük Akışında Durum.....	52
<b>Tablo 5.4</b> Trakya İletim Sisteminin Senaryo3'e göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrıldıktan Sonra Yük Akışında Durum.....	55
<b>Tablo 5.5</b> Trakya İletim Sisteminin Senaryo4'e Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrıldıktan Sonra Yük Akışında Durum.....	58
<b>Tablo 5.6</b> Baralar Açısından Özet Değerlendirme Tablosu.....	60
<b>Tablo 5.7</b> Tüm Senaryolardaki Bara Kısa Devre Ortalamalarının Karşılaştırılması.....	60
<b>Tablo A.1</b> Trakya Bölgesi İletim Sistemi Enerji Nakil Hat ve Kablo Karakteristikleri.....	68
<b>Tablo B.1</b> Trakya İletim Sistemi Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılmadan Önce Yapılan Yük Akışında Bara Gerilim Değerleri.	71
<b>Tablo B.2</b> Trakya İletim Sistemi Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılmadan Önce Yapılan Yük Akışında Yük Akış Değerleri.....	72
<b>Tablo B.3</b> Trakya İletim Sistemi Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılmadan Önce Yapılan Yük Akışındaki Bara Gerilimlerinin Temel Değerlerinden Sapma Miktarları.....	75
<b>Tablo B.4</b> Kontrollü Ada Bölgeleri İçeren Birinci Senaryodaki Bara Gerilim Değerleri .....	76
<b>Tablo B.5</b> Senaryo1'e göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılan Sistemin Yük Akış Değerleri.....	77
<b>Tablo B.6</b> Senaryo1'e Göre Baralardaki Gerilimin Baz Değerlerine Göre Sapma Miktarları.....	80
<b>Tablo B.7</b> Kontrollü Çalışma Bölgeleri İçeren İkinci Senaryodaki Bara Gerilim Değerleri .....	81
<b>Tablo B.8</b> Senaryo2'ye göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılan Sistemin Yük Akış Değerleri .....	82
<b>Tablo B.9</b> Senaryo2'ye Göre Baralardaki Gerilimin Baz Değerlerine Göre Sapma Miktarları.....	85
<b>Tablo B.10</b> Senaryo3'e Göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılan Sistemin Bara Gerilim Değerleri.....	86
<b>Tablo B.11</b> Senaryo3'e göre Kontrollü Ada Bölgelerine Ayrılan Sistemin Yük Akış Değerleri.....	87
<b>Tablo B.12</b> Senaryo3'e Göre Baralardaki Gerilimin Baz Değerlerine Göre	

	Sapma miktarları.....	90
<b>Tablo B.13</b>	Kontrollü Çalışma Bölgeleri İçeren Dördüncü Senaryodaki Bara Gerilim Değerleri.....	91
<b>Tablo B.14</b>	Senaryo4'e göre Kontrollü Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılan Sistemin Yük Akış Değerleri.....	92
<b>Tablo B.15</b>	Senaryo4'e göre Baralardaki Gerilimin Baz Değerlerine Göre Sapma Miktarları.....	95

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
<b>Şekil 4.1</b> : Tokyo Metropolitan İletim Sistemi.....	29
<b>Şekil 4.2</b> : İletim sistemi ve Ada koruma sistemi konfigürasyonu.....	29
<b>Şekil 4.3</b> : Dengeleme koruma şeması.....	31
<b>Şekil 4.4</b> : Hesaplama Algoritması İçin Basitleştirilmiş İletim Sistemi.....	32
<b>Şekil 4.5</b> : OBDD nin üç aşamalı çalışma şekli .....	34
<b>Şekil 5.1</b> : Trakya Bölgesi İletim Haritası.....	37
<b>Şekil 5.2</b> : 18/08/2006 Tarihli max yaz puantındaki 380 kV baralardaki gerilim profilleri.....	38
<b>Şekil 5.3</b> :27.12.2006 Tarihli max kış puantındaki 380 kV baralardaki gerilim profilleri.....	38
<b>Şekil 5.4</b> :24.10.2006 tarihli minimum yükteki 380 kV baralarda gerilim profilleri.....	38
<b>Şekil 5.5</b> : 18.08.2006 tarihli yılın max yaz puantında 24 saatlik MWh bazında üretim tüketim eğrisi.....	40
<b>Şekil 5.6</b> : 27.12.2006 tarihli yılın max kış puantında 24 saatlik MWh bazında üretim tüketim eğrisi.....	40
<b>Şekil 5.7</b> : 24.10.2006 tarihli yılın minimum tüketim olduğu günde 24 saatlik MWh bazında üretim tüketim eğrisi.....	40
<b>Şekil 5.8</b> : Trakya Bölgesi İletim Sistemi.....	43
<b>Şekil 5.9</b> : Trakya İletim Sistemi Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılmadan Önce Yapılan Yük Akışında 380 kV Bara Gerilim Grafiği .....	44
<b>Şekil 5.10</b> : Trakya İletim Sistemi Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılmadan Önce Yapılan Yük Akışında 154 kV Bara Gerilim Grafiği.....	44
<b>Şekil 5.11</b> : Senaryo 1'e Göre oluşturulan Kontrollü Çalışma Bölgeleri.....	47
<b>Şekil 5.12</b> : Senaryo1'e Göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılan Sistemin 380 kV Bara Gerilim.....	48
<b>Şekil 5.13</b> : Senaryo1'e Göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılan Sistemin 380 kV Bara Gerilim.....	48
<b>Şekil 5.14</b> : Senaryo2'ye Göre Oluşturulan Kontrollü Çalışma Bölgeleri.....	51
<b>Şekil 5.15</b> :Senaryo2'ye Göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılan Sistemin 380 kV Bara Gerilim Grafiği.....	52
<b>Şekil 5.16</b> : Senaryo2'ye Göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılan Sistemin 154 kV Bara Gerilim Grafiği.....	52
<b>Şekil 5.17</b> : Senaryo3'e Göre Oluşturulan Kontrollü Çalışma Bölgeleri.....	54
<b>Şekil 5.18</b> :Senaryo3'e Göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılan Sistemin 380 kV Bara Gerilim Grafiği.....	55
<b>Şekil 5.19</b> : Senaryo3'e Göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılan Sistemin 154 kV Bara Gerilim Grafiği.....	55
<b>Şekil 5.20</b> : Senaryo4'e Göre Oluşturulan Kontrollü Çalışma Bölgeleri.....	57

<b>Şekil 5.21</b> :Senaryo4'e Göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılan Sistemin 380 kV Bara Gerilim Grafiği.....	58
<b>Şekil 5.22</b> : Senaryo4'e Göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılan Sistemin 154 kV Bara Gerilim Grafiği.....	58

## SEMBOL LİSTESİ

$V_s, V_r$	: İlk baradaki gerilim, karşı baradaki gerilim
$X$	: Hat reaktansı
$\sin \delta$	: Karşılıklı iki bara arasındaki gerilim vektör açıları farkı
$V, V_1$	: Anma gerilimi, Bara gerilimleri
$Z$	: Hat empedansı
$I_{11}, I_{12},$	: Hat akımı, Bara akımları
$Y_{11}, Y_{12}$	: Bara ve hat admitansları
$\cos \delta$	: Yük faktörü
$\beta$	: İki bara arasındaki hattın karakteristik açısı
$P$	: Aktif güç
$Q$	: Reaktif güç
$S$	: Görünür Güç
$Q_{Gj}$	: j. Baradaki reaktif üretim
$P_{Gj}$	: j. Baradaki aktif üretim
$\delta_i$	: i. Bara açısı
$f_1, f_2$	: nonlineer eşitlik operatörleri
$k_1, k_2$	: Sabitler
$x_1^{(0)}, x_2^{(0)}$	: Kesin olmayan sonuçlar
$\Delta x_1^{(0)}, \Delta x_2^{(0)}$	: Düzeltmeler

# **TÜRKİYE ELEKTİK İLETİM ŞEBEKESİNİN TRAKYA BÖLÜMÜNÜN KONTROLLÜ ÇALIŞMA BÖLGELERİNE AYRILMASININ İNCELENMESİ**

## **ÖZET**

Elektrik üretim santralleri kullanılan hammaddeye yakın olma, çevresel şartlar ve güvenlik gibi sebeplerden dolayı genellikle elektriğin tüketildiği noktalardan uzakta kurulurlar. İşte bu noktada ise iletimin önemi ortaya çıkar. 19. yüzyıl sonlarında Avrupa ve Amerika'da elektriğin iletilmesine başlanmış fakat düşük gerilim ve doğru akım şeklindeki bu elektriğin uzak mesafelere iletilmesi kayıplar ve gerilim düşümü açısından mesafe sınırlamaları getirmiştir. 19. yüzyılın sonunda transformatörlerin icadıyla Amerika'da 500V' a yükseltilecek gerilimle elektrik 1600 metreye iletilmiştir. Aynı tarihlerde İtalya'da 110 kW'lık bir güç 2000 volt ile 27 kilometreye taşınmıştır. 3 fazlı alternatif akımla yapılan ilk enerji taşıma ise 1891 yıllarında Almanya 'da gerçekleşmiş, 150 kW 'lık bir güç 15 kV 'luk bir gerilimle 170 km 'ye taşınmıştır.

Türkiyede ise 1902 yılında Tarsus 'ta bir değirmenden elde edilen 2 kW 'lık bir gücün şehre taşınmasını saymazsak 1914 yılında üretime başlayan ve Zonguldak'tan getirilen kömürle çalışan İstanbul Silahtarağa termik santrali 15 MW kurulu gücüyle işletmeye açılmıştır. 1948 yılında 64,6 MW güçle kurulan Çatalağzı Termik Santrali ile 154 kV seviyesindeki iletim hatları vasıtasıyla 1952 yılında bu iki santral birbirine bağlanarak Türkiye'nin ilk enterkonnekte yapısı oluşturulmuştur. Daha sonra onu büyük şehirlerde kurulan santraller ve iletim şebekeleri izlemiştir. Bugün yurdumuzda pek çok hidrolik, termik, gaz türbinli ve dizel santraller elektrik enerjisi üretmekte, üretilen bu enerji en yükseği 380 kV olan gerilimlerle ve enterkonnekte bir sistemle yurdun bir çok bölgelerine taşınmaktadır. 1950'li yıllarda 400 MW civarında olan kurulu güç günümüz itibarıyla 40.000 MW'ı aşmıştır.

Böyle büyük bir ivme ile gelişen böylesine büyük bir yapı içerisinde bir çok nedenden dolayı pek çok işletme şekillerine de kaçınılmaz olarak ihtiyaç duyulmaktadır. İşte bu işletme şekillerinden biri de dünyada modern iletim şebekelerinde uygulanmakta olan "ada çalışma bölgeleri" (kontrollü çalışma bölgeleri) uygulamasıdır.

Bu tez çalışmasının amacı bir iletim sisteminin kontrollü çalışma bölgelerine ayrılarak işletilmesinin irdelenmesine yöneliktir. Bu kapsamda tezin giriş bölümünde genel bir enterkonnekte şebeke tanımı yapılmış ikinci bölümde güç iletim sistemleri işletimi temel bilgileri verilerek enterkonnekte sistem için gerekli açısız, gerilim ve frekans kararlılığı bilgileri verilmiş, üçüncü bölümde temel yük akış kuralları ve hesap yöntemleri açıklanmış, dördüncü bölümde ise bir iletim şebekesinin kontrollü çalışma bölgeleri şeklinde incelenmesi yapılarak literatürden örnekler verilmiş, beşinci bölümde Türkiye'nin Trakya bölgesine ait iletim sistemi tanıtılarak şu anda uygulanan ve gelecekte uygulanabilecek kontrollü çalışma bölgelerine ait beş adet senaryo üretilerek bu senaryolar karşılaştırılmış ve optimum sonucu veren senaryolar değerlendirilmiştir.

Söz konusu senaryo çalışmaları esnasında temel yük akış işlemlerinde Newton Raphson yöntemi'ni kullanan ve matlab programı altında çalışan PSAT programı koşturulmuştur. Kısa devre etütlerinde ise PSSE programı kullanılmıştır.

# **THE STUDY OF SYSTEM SPLITTING STRATEGIES FOR CONTROLLED OPERATION OF THE THRACE PART OF TURKISH POWER TRANSMISSION SYSTEM**

## **SUMMARY**

Since power plants are built the places where are close the energy sources, the long transmission lines are installed to transmit electric power to customers in the cities. The environmental conditions and security, reliability of the transmission system and infrastructure concerns become important. At the end of 19th century in Europe and America; The utilities were started to install transmission lines to transmit big amount of the electric power. Because the early transmission systems had low voltage level and was DC(direct current ) systems, the transmission distance was restricted because of losses and voltage drop problem. At the end of the 19 century the voltage level of the electricity was raised to 500 V and transmitted to 1600 m by the invention of the transformers. At the same time, the 110 kW of power was transmitted to 27 km at the level of the 2000V in Italy. The first 3 phased electricity transmission was realized in 1891 in Germany. Its voltage level was 15 kV and it was capable to transmit 150 kW of electric power to 170 km away .

After 2 kW capacity dynamo was installed in Tarsus to produce electric power, we can consider the Silahtaraga Thermic Plant by the 15 MW capacity, which was started to work in the year of 1914 by the coal transported from Zonguldak, as a first big power plant of the Turkey. The Catalagzi Thermic Power Plant, established in 1948, with the capacity of 64,6 MW and the Silahtaraga Thermic Power Plant were connected to the system via high voltage overheadlines, thus first transmission grid was founded. Today lots of hydraulic, thermic and gas turbined power plants are producing electricity in Turkey. Produced electricity is transmitted throughout Turkey at the maximum level of 380 kV by the Turkey grid system. While Turkey's installed capacity was about 400 MW in 1950s, today it exceeds 40.000 MW. Because of the fast extending of the system, different grid system operation types appeared. One of the operational types of the grid system which is practised all over the world; is " controlled islanding study".

The aim of this thesis is the inspection of the regions of the controlled splitting regions transmission system. In that scope the term of general interconnection grid is described in the introduction part the thesis. At the second section power transmission systems operation is explained and necessary information about angular, voltage and frequency stability are given. Basic power flow rules and its calculation methods are given at the third section. At the fourth section, controlled splitting regions of a transmission grid are inspected and some examples are excerpt from literature. In fifth section, transmission system of Turkey's Thrace Region is introduced and present applications about islanding regions are examined and five scenarios which will be applied in the future are produced and they are compared and the scenarios which give the optimum results have been evaluated.

While making a scenario study, the fundamental power flow calculations are made by PSSE and PSAT program which runs under matlab program . The PSAT uses the Newton Raphson iteration method.

## 1. GİRİŞ

### 1.1 GİRİŞ VE ÇALIŞMANIN AMACI

Toplumların itici gücü enerjidir. Isınmak aydınlanmak üretmek üretileni ulaştırmak için hep büyük miktarlarda enerjiye gereksinim duyulmaktadır. Yaklaşık elli yıldır dünya politikalarının temel belirleyicisi enerji olmuştur. Günümüzde bir ülkenin gelişmişlik düzeyi kişi başına düşen yıllık enerji tüketim miktarıdır. Geçtiğimiz yüzyıl içerisinde dünya nüfusu dört kat artarken enerji tüketimi ise dokuz kat artmıştır. Enerji deyince ilk akla gelen elektrik enerjisi ise toplumların ekonomik sosyal ve kültürel yönlerden kalkınmasını sağlayan ve çağdaş uygarlığın en önemli araçlarından biridir. Büyük elektrik güçleri 4 ana metotla üretilirler. Bunlar hidrolik, kömür, doğalgaz ve nükleer enerjidir. Daha küçük güçler ise dizel generatörler, rüzgar santralleri ve güneş panelleri ile elde edilirler. Büyük güçler 4,16 kV, 13,8 kV, 18 kV ve 22 kV seviyesinde üretilirler ve yükseltici trafolarla iletim seviyelerine yükseltilirler. Gücün tüketildiği yerler ise genellikle üretimden uzak yerlerdir. Bu nedenle yükler bu tüketim yerlerine yaygın olarak 154 kV ve 380 kV gerilim seviyesinde iletilirler ve indirici trafolarla farklı değerlerdeki kullanım seviyelerine indirilirler. İşte bu noktada enterkonnekte şebeke kavramı devreye girer ve önemini iyice hissettirir. Büyük güçteki elektrik enerjisi depolanamadığından üretim ve tüketimin eş zamanlı ve dengede olması zorunludur. Öte yandan tüketim miktarı bölgelere, mevsimlere ve hatta günün saatlerine göre de büyük değişiklikler gösterebilir.

Enterkonnekte sistemlerde üretim tüketimdeki değişimlere göre ayarlanır. Enterkonnekte sistem ile elektriğin iletilmesi yüksek gerilim hatları aracılığı ile gerçekleştirilir. Gerilim seviyesi yükselmesi ile birlikte ters orantılı olarak iletim sisteminde kayıplar adına ciddi tasarruflar sağlanmasının yanı sıra, aynı güç için daha düşük akım gerekeceğinden iletilen gücün miktarı da otomatik olarak artmış olur.

Enterkonnekte sistemlerde farklı yerlerdeki üretimler bir havuzda birleştirilerek olası bir teçhizat arızasında veya bakım onarım nedeniyle herhangi bir teçhizatın devre dışı kalması anında sistem yedeklenmiş olduğu için ilgili bölgeye elektrik enerjisi başka bir bölgeden bağlantı hatları ile aktarılabilir ve olası bir elektrik kesintisinin önüne geçilmiş olur.

Üretimin, iletimin, dağıtımın ve bölgeler arası yük değişiminin kontrolü merkezi bir yerden yapılmaktadır. Bu kontrolün yeterli ve bilinçli bir şekilde yapılması için sürekli-hal yük akış durumu bilinmelidir. Bu nedenle tüm sistem bir ağ olarak modellenerek bilgisayar programları vasıtasıyla yük akışı analizleri ve benzetimler yapılmaktadır [1].

Güç sistemlerinin planlanması tasarımı ve işletilmesi, performansının geliştirilmesi, sistemin güvenliği, verimi ve ekonomikliği açısından dikkatli ve ayrıntılı çalışmalar gerektirir. Modern enterkonnekte güç sistemleri binlerce bara ve teçhizattan oluşan karmaşık bir sistem bütünüdür. Bu sistemlerde güç iletiminin iyileştirilmesi için bir çok çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmalar arasında, yük akış analizi, empedans modellemesi, kısa devre analizi, geçici kararlılık analizi, güç faktörü düzeltilmesi, harmonik analizi, flicker analizi, izolasyon koorninasyonu, topraklama şebekesi analizi v.s. sayılabilir [1].

Güç iletim sistemleri ekonomik nedenlerden dolayı giderek artan baskı altındadırlar. Bu sistemler işletme limitlerine yakın değerlerde çalıştırıldıkları için zayıf bağlar, beklenmeyen olaylar, koruma sistemlerindeki görünmeyen arızalar, insan hataları ve diğer faktörler sistemin kararlılığını kaybederek çökmesine sebep olabilirler. Bu nedenle sistemli çalışma ve kapsamlı bir sistem kontrol stratejisi belirleme ihtiyacı önem kazanmıştır. Bu kontrol stratejilerinden birisi de sistemi çökmekten kurtaracak olan kontrollü çalışma bölgesi uygulamasıdır. Modern bir enterkonnekte iletim şebekesi işletiminde uygulanması kaçınılmaz olan ve Türkiye'nin Trakya Bölgesi iletim sisteminde de uygulanan ve bu tezin de ana konusu olan kontrollü çalışma bölgeleri uygulaması son derece önemlidir.

Ada çalışma şekli ile kontrollü çalışma şekli birbirlerine çok yakın fakat birbirlerinin aynısı değildir. Bu yakınlıktan dolayı bir sistemin ada çalışmasının şartlarının bir çoğu kontrollü çalışma bölgeleri için de sağlanmalıdır. Ada çalışmada sistem tamamen izole kalırken kontrollü çalışma bölgelerinde ise sistem bir veya birkaç noktadan ana sisteme bağlı olarak çalışmaktadır.

Elektrik enerji iletim sisteminin, çeşitli amaçlar doğrultusunda, uygun hatların açılarak üretim ve yük dengesi altında kontrollü bölümler halinde çalıştırılması, kontrollü çalışma olarak adlandırılır. Generatörlerin senkron çalışmasının kaybolmasına yol açabilecek (kararlılık problemi oluşabilecek) arızalar meydana geldiği durumlarda, acil durum manevraları ile elektrik enerji sisteminin bir bütün halinde işletilmesi sağlanamayabilir ve sistem yaygın büyük ölçekli bir kesinti yaşayabilir. Sistemin kontrollü bölümler halinde çalıştırılması, sorunun sistem geneline yayılarak, büyük çaplı bir kesintiye dönüşmesini engelleyebilir. Bu nedenle elektrik enerji sistemleri ihtiyaç duyulduğunda seçilmiş uygun hatlar açılarak enterkonnekte durumdan kontrollü çalışma durumuna çok kısa sürede geçilmesi ile sistem üzerindeki büyük ölçekli kesinti engellenebilir. Elektrik sisteminin kontrollü çalışma bölgelerine ayrılmasında, bölgelerdeki üretim (bölgedeki üretim değeri ve bölgeye olan enerji akışı) ve tüketim dengesinin sağlanmasının yanı sıra, sistemde yer alan hatların aşırı yüklenmemesi ve gerilim değerlerinin de sınırlar içinde kalması dikkate alınmalıdır. Literatürde, acil durum koşulları (büyük bozucu etkiler altında) olduğunda sistemin kontrollü çalışma bölgelerine ve adalara ayrılmasına ilişkin çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

Kontrollü ve Ada çalışma bölgelerinin incelenmesinde yük akışı analizi sonuçları, bara gerilimini, hat akımlarını, aktif ve reaktif güç akışını ve hat kayıplarını değerlendirmek için kullanılabilir. Sonuçlar trafo yüklerini ve bara gerilimlerini değerlendirmek için kullanılır. Genelde bir güç sisteminde yük akışı analizlerinin gerçekleştirilmesine aşağıdaki şartlar altında ihtiyaç duyulur;

- farklı sistem yüklerinde (minimum ve maksimum yük şartlarında)
- belli bir teçhizatın arızadan servis harici olduğu zamanlarda
- sisteme üretim birimi eklendiğinde
- diğer sistemlerle paralel olduğunda
- yük artışı çalışmalarında olabilecek hat arızalarında [1].

Bu tez çalışmasında güç sistemi işletiminde kontrollü çalışma bölgeleri oluşturulması konusu incelenerek, ülkemiz iletim sisteminin Trakya bölümü için uygulaması gerçekleştirilen çalışma durumlarının yük akışları ve bara kısa devreleri temelinde irdelenmesi yapılmıştır.

Analizler için oluşturulan bir iletim sistemine ait model fiziksel bir durumun matematiksel olarak yaklaşık bir ifadesidir. Model izlenen davranışları basit ve anlaşılabilir kurallar yardımıyla anlatmaya çalışır. Bu kurallar belli fiziksel şartlarda deney sonuçlarını tahmin eden kurallardır. Kullanışlı bir model verilen durumla ilgili her şeyi ifade eder. Bu nedenle bazı modeller deneyler yerine kullanılabilir. Modeller mühendislere laboratuvar, ekipman,zaman gibi deney masraflarından tasarruf sağlar[2]. Bu kapsamda bu çalışmada kullanılan elektriksel model Trakya iletim sisteminin matematiksel tanımından ibaret olarak düşünülebilir. Bu açıdan Matlab ortamında PSAT programı kullanılarak benzetimler gerçekleştirilmiş,PSSE programı kullanılarak da bara kısa devre analizleri yapılmış, elde edilen sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılarak optimum sonuca ulaşılmıştır.

Tez çalışmasında genel olarak güç sistem işletimi konusunun yük akışı,kararlılık ve sistem işletmesi açısından değerlendirilmesi sonrasında, kontrollü çalışma bölgeleri konusuna odaklanılarak literatürdeki uygulamalar incelenmiştir. Tezde ayrıca ülkemizde kontrollü çalışma bölgeleri uygulamasının gerçekleştirildiği Trakya bölgesi elektrik iletim sisteminin tanıtılması, bu bölgedeki uygulamalar ve alternatifler ile oluşturulmuş olan çeşitli çalışma durumlarına ilişkin senaryolara ilişkin benzetimlere de yer verilerek göz önüne alınan çeşitli çalışma durumları karşılaştırılarak sonuçlar açıklanmıştır.

## 2. İLETİM SİSTEMLERİNİN İŞLETİLMESİ

Elektrik iletim sistemi; sistemin normal çalışma koşullarında, santrallerin azami üretimini sisteme aktarmalarının ve sistemdeki arızasız veya çeşitli kısıtlılık durumlarında (N-1 gibi), gerilim ve frekansın belirli limitler içerisinde kalması sağlanarak, iletim tesislerinin ısı limitlerinin altında yüklenmesi, herhangi bir tüketicinin kaybedilmemesi, sistem kararlılığının bozulmaması ve sistemin izole(ayrık) adalara bölünmemesi sağlanacak şekilde işletilebilmek için planlanır[13]. Bu tanımda yapılan izole ada bölgesi ile bu tez çalışma konusunu oluşturan kontrollü ada çalışma bölgeleri uygulaması birbirinden farklı olup karıştırılmaması gerekmektedir.

Enterkonnekte sistemin amacı bir ülkenin coğrafi koşullarının zorunlu duruma getirdiği doğal, büyük enerji kaynakları ile o ülkenin büyük tüketim bölgelerini birleştirerek üretici ve tüketici merkezler arasında elektrik enerjisini en az kayıpla, en güvenilir ve ekonomik olarak iletmektir. Günümüzde artık bir iletim şebekesinin enterkonnekte olmaması düşünülemez, Ayrıca Avrupa’da bir çok ülke iletim şebekelerini ve rezervlerini birleştirerek daha büyük güçlü bir elektrik şebekesi ve elektrik piyasası oluşturmuş ve daha verimli, kaliteli ve ekonomik bir elektrik enerjisine ulaşmıştır. Türkiye iletim sisteminin de UCTE olarak adlandırılan bu “Avrupa İletim Koordinasyon Birliği”ne katılım çalışması sürmekte olup, yakın bir gelecekte bu birliğe katılacağı düşünülürse enterkonnekte şebekenin ve bu şebekenin bir uygulaması olan kontrollü ada çalışma bölgeleri uygulamasının önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

Kontrollü ada çalışma bölgesi uygulamasının ayrıntısına girmeden önce genel anlamda modern bir enterkonnekte şebeke işletmesi için bazı temel kavram ve bilgilerin bilinmesi gerekmektedir.

Öncelikle Teçhizatların ve bazı uygulamaların sisteme etkilerine bakacak olursak;

- Direnç yükleri ve endüksiyon motorları;yükler genelde gerilim bağımlıdır. Direnç yükleri gerilimi fazla etkilemezler. Endüstriyel yüklerin ana kısmını oluşturan

asenكرون motorlar, gerilim azaldıkça sürekli sabit güç çekeceklerinden dolayı gerilim kararlılığına ters etki yaparlar, çünkü belli bir gerilim seviyesinin altında, motorlar aşırı akım korumadan servis harici olana kadar büyük reaktif güç çekmeye devam ederler ve sonunda dururlar.

- İletim Hatları Ve Kablolar; Hat ve kabloların seri reaktans özelliklerinden dolayı reaktif tüketimleri artar fakat şönt kapasitelerinden dolayı reaktif güç üretirler.
- Yük Altında Kademe Değiştiriciler (OLTCs); Kademe değiştiricilerin amacı tüketici noktasındaki gerilimin belli bir seviyede tutulmasını sağlamaktır, bununla birlikte bir çok durumda hat tarafından bakıldığındaki zararlı etkisi gerilim çökmesini kolaylaştırmasıdır. Bu olay şöyle açıklanabilir; Tüketim barasında gerilim düştüğü anda, indirici transformatördeki kademe değiştiricideki(OLTCs) otomatik gerilim regülatörü(AVRs) transformatör çevirme oranını düşürür. Sonrasında primer taraftan görülen yük empedansı çevirme oranının karesi kadar düşer. Bunun sonucu olarak gerilim çöküşü hızlanır.
- Tüketiciler: Tüketicilerin sistem üzerinde güçlü etkisi vardır. Öncelikle aktif ve buna bağlı olarak ani reaktif güç artışlarında sistem çökmesi yaşanabilir.
- Statik ve dinamik kompanzasyon: Generatörler üretimleri ile statik( kapasitörler ile reaktörler) üretimleri eşit düşünülemez. Generatörler dinamik yapıları sebebiyle anlık ve doğru bir cevap verirler, barayı aşırı ikaz sınırları elverdiği ölçüde sabit bir gerilimde tutarlar. Bu sistem güvenliği açısından önemli bir olaydır.
- Generatörler ve Otomatik Gerilim Regülatörleri; Modern otomatik gerilim regülatörleri(AVRs) çok hızlı ve etkilidir. Modern generatörler geçici olarak aşırı ikaz kapasiteleri müsaade ettiğince ilave reaktif güç verseler de, iyi bir güç faktörünün önemi yadsınamaz. Generatörlerin çoğu teçhizatları aşırı ısınmaktan korumak için aşırı ikaz sınırlayıcıları ile kararlılık sebebi ile de düşük ikaz sınırlayıcıları ile donatılmışlardır. Pompalar ve fanlar gibi santralin yardımcı servis teçhizatları gerilim düşümü ve gerilim çöküş limitlerine yaklaşıldığında generatör davranışını etkilerler.
- Reaktörler ve Statik Var kompanzatorler(SVCs); Halen pahalı olmasına rağmen statik var kompanzasyonu(SVCs), hızlı cevap vermesinden dolayı yararlıdır, fakat generatörler kadar iyi sonuç vermezler ve planlama aşamasında, sistemin geleceğinin de hesaba katılması gereklidir. Değişken çıkışlı kademeli sargı içeren şönt reaktörler,

(TWVO-SRs) daha yavaş cevap vermelerine karşın yük artışlarında istenen yeterlilikte reaktif güç verebilirler. Bu teçhizatlar daha az maliyet gerektirirler, SVC lerden daha az kayıpları vardır ve daha fazla güvenilirlerdir. Ayrıca daha az bakım gerektirirler ve harmonik üretmezler.

- Sekonder otomatik Gerilim Kontrolü; Sekonder gerilim kontrolü bir alan içerisindeki kaynaklara ait reaktif güç/gerilim(Q/V) bilgilerinin belirli bir veya birkaç dakikalık süre içerisindeki koordinasyonudur. Gerilim kontrol seçeneklerinin ve reaktif kompanzasyon yollarının kullanılması, sistem güvenliği açısından daha iyi sonuç verebilir.

- Gaz Türbini; sistemde uygun bir konumda bulduklarında, gaz türbinlerinin hızlı devreye girme özelliği gerilim çöküşlerinden kaçınmak için yararlı olabilir.

- Yük Atma; İstenmeyen bir uygulama olmasına rağmen yük atma gerilim çökmesi ile sonuçlanacak bir sistem göçmesinin önlenmesi açısından en son ve en etkili çaredir. Eğer yük atma elle yapılıyorsa, iletişimden ve operatörlerin tepki süresinden kaynaklanan gecikme nedeniyle etkisi azalır. Gerilim düşümünün hızlı olduğu durumlar için, zaman gecikmeli otomatik yük atma röleleri kullanılmalıdır

- İletişim Kanalları; Sistem işletim süresince gerçekleştirilen bir çok müdahale, iletişim gerektirdiği için iletişimin güvenilir, doğru ve gecikmesiz olması çok önemlidir.

- Operatörler; Operatörler çok iyi eğitilmiş olsalar bile gerilim dengesizliği olayının gelişiminin analizi ve anlık verilen talimatların değerlendirilmesi çok zordur. Bu nedenle, sistemin üretim ve dağıtım yönleriyle tam olarak anlaşılması ve farklı seviyelerdeki operatörlerin (üretimde, dağıtımda, kontrol merkezinde, trafo merkezinde) kusursuz iletişimi çok önemlidir. Arıza anında ayakta kalma talimatları operatörlere doğru şekilde, hatasız, açık ve anlaşılır olarak verilmelidir.

Şebekeden sorumlu operatör, sistem gerilim dengesizliği ile karşı karşıya kalacağını hissettiği anda bir veya birkaç farklı yöntem uygulayarak riski değerlendirmelidir. Olabilecek arıza ihtimallerini değerlendirerek arıza sonrası şebeke sınır değerleri ile sistem çökme durumunun kestirilmesi önemlidir.

Güçlü ve kararlı bir şebeke için bazı yöntemler aşağıda verilmiştir [11,20];

- İletilen güç, gerilimin karesi ile doğru orantılı olduğundan iletim sistemi gerilimini yükselterek iletilen aktif gücün büyük oranda artırılması sağlanabilir.
- İletim hatlarında iletilen aktif güç, meydana gelen gerilim düşümü ve reaktif iletim kayıpları üzerinde etkisi olan iletim hatlarının seri reaktansı, demet iletkenler kullanılarak, çift-devre hatlar veya seri kapasitörler kullanılarak düşürülebilir.
- İletim hatlarının reaktansını azaltmaya yönelik seri kompanzasyon, ters etki yapan en etkili ve ekonomik bir yöntemdir. Seri kompanzasyon, seri kapasitörün negatif reaktansının hattın pozitif reaktansından çıkartılması esasına göre yapılır. Özellikle 400 ve 1000 km üzerindeki hatlarda seri kapasitörün kullanımı, iletim kapasitesinin artmasını sağlayacaktır. Bu yöntem aynı zamanda çevresel etki açısından ilave hat yapımını ve daha yüksek gerilim seviyelerinin kullanımını da önler.

Türkiye iletim sisteminde doğu ile kuzey-batıyı birbirine bağlayan hatlarda senkron kapasitörler açısız kararlılık için kullanılmakla birlikte tez çalışmasının konusu olan Trakya Bölgesinde en uzun hat 150 km civarında olduğu için böyle bir ihtiyaç belirmemiş durumdadır. Seri kapasitör aynı zamanda gerilim düşümünü azaltırken, gerilim ve dinamik kararlılığı yükseltir ve kesitleri farklı olan paralel hatların uygun olarak yüklenmesini sağlar.

- Çok özel teçhizatlarla donatılmadıysa, arıza anında ilk salınım anında türbin gücünde fark edilir bir azalma olmaz iken elektriksel çıkış azalır. Bunun sonucu olarak rotor hız değişimiyle türbin ve jeneratör arasında hız farkları oluşur ve bu durumda arızayı çok çabuk temizlemek, bu hız farkının ve dolayısıyla açı farkının artmasını önlemek açısından önemlidir.
- Çok Hızlı Tekrar Kapamalar(HSR) iletim sistemlerinde çok yoğun ve sık kullanılır. Tekrar kapamaların tipi, bağlantı hatları kesintiye uğrayacak olan santral tipleri, iletim ağının konfigürasyonu, kesici ve koruma röle tipleri, yerel tecrübeler ve bilgilerle belirlenir. Tekrar kapamalar, üç faz, tek faz, seçicili, sıralı ve universal tipte olabilir.

Türkiye sistemi istatistiklerine baktığımızda 380 kV hatlarda arızaların %90'ı tek faz toprak, %10 ise faz faz arası olduğu görülür. Ve faz toprak arızalarının %90 dan daha fazlasını tekrar kapama röleleri ile elimine edildiği görülür[15].

Bu tez çalışmasında söz konusu olan Trakya Bölgesinde de tekrar kapama röleleri mevsimsel ve işletme şartları da göz önünde tutularak devreye alınmaktadır.

- Hızlı cevap verme özelliğinden dolayı statik ikaz sistemleri düşük zaman sabitleri, yüksek kazanç ve yüksek üst sınır gerilimleri üstünlüğü ile geçici kararlılığı kuvvetlendirirler.

- Yüksek gerilim hatlarına monte edilen güçlü senkron kompanzatörler sistemi ideal olarak ikiye bölerler. Ve bir tarafta oluşan arıza çok az bir etki ile diğer tarafa geçer. Bununla birlikte modern sistemlerde senkron kompanzatörlerin kullanımı yüksek işletme ve kurulum maliyeti sebebiyle azalmıştır.

Statik VAR Kompanzatörleri(SVCs) ve Statik kondansatör (STATCON) aynı görevi yaparlar ve bu cihazların hareketli parçaları da yoktur. SVCs ler ayrıca küçük dalgalanmaları bastırarak dinamik kararlılığı da sağlarlar.

Nüfus yoğunluğunun fazla olduğu geniş ağ şebekelerde sistem dengesi ve reaktif güç-gerilim kontrolü senkron generatörlerle sağlanır. Bu hidrolik unitelerin boşa dönmesi ve gaz türbinlerine bağlı jeneratörlerin türbinden koparılarak boşa çalışması şeklinde olmakta ve bu tez konusu olan Trakya bölgesinde de bu tür uygulamalar özellikle gerilimin yüksek olduğu zaman dilimlerinde senkron generatörlerin ikaz sistemlerinin düşürülmesi ve eksi yönde yapılması ile sağlanmakta ve şebekedeki gerilimi yükselten reaktif enerji fazlalığı çekilmektedir.

Gerilim Sorunlarını azaltma veya yok etmek için yararlı yollar ise aşağıdaki gibidir;

- Mevcut hatta paralel olacak yeni hatlar transfer (iletim) empedansını düşürecektir. Dolayısıyla hatlardaki gerilim düşümü ve reaktif güç tüketimi de düşecektir. Bu durumun doğal sonucu olarak kayıplar da azalacaktır.

- Hatlardaki seri kapasitörler hatların elektriksel uzunluğunu düşürecektir. Dolayısıyla hatlardaki gerilim düşümü ile reaktif tüketim azalacaktır. Sonuç olarak dengeli bir gerilim seviyesinde iletilen aktif ve reaktif güçte büyük bir artış olacaktır.

- Static Var Compensator(SVCs)(Statik Kompanzasyon) gibi teçhizatlar etkili bir gerilim kontrolü sağladıkları ve gerilim çökmeleri önledikleri için senkron kapasitörlerin modern alternatifleridirler. Bununla birlikte yoğun olarak SVC lere bağlı kalan sistemlerde arıza olasılığının ötesinde öngörülemeyen arızalardan dolayı SVC ler üst limitlerinde çalışmaya zorlanabilir ve sistem çöküşü de yaşanabilir.

- Sistemi izin verilen maksimum gerilim seviyesinde işletmek iletilen gücün kayda değer bir şekilde artmasını sağlayacaktır ve hatları beslemek için generatörlerden çekilen reaktif güçte azalma olacaktır. Bunun sonucu olarak generatör reaktif limit değerlerinden uzaklaşacağı için gerilim ayarı için daha fazla boş bir alana sahip olacaktır.
- Düşük gerilim röleleri ile veya elle ve uzaktan kumanda ile yük atmak %5-10 gibi küçük yük atmalar bile sistemin ayakta kalması için yeterli olabilir. Şayet reaktif yükler çok dağınık ise elle yük atmak yavaş olacaktır. Bu nedenle ters zamanlı düşük gerilime bağlı yük atma rölesi daha etkili olacaktır.
- Bazı yüksek gerilim baralarında gerilim çok düşerse ve çökme limitlerine ulaşırsa, orta gerilimde kademe değiştiricileri kullanarak gerilim düzeltici bir harekete girilmemelidir. Çünkü bu olay gerilim çökmesini hızlandıracaktır. Eğer OLTC ler otomatik kontrollü ise bu özelliği, gerilim belli bir değer altına düştükten sonra, mevcut konumunda durdurulmalıdır.

Enterkonnekte şebekenin daha verimli ve güvenli kullanım yöntemlerinden biri ve bu tez çalışmasının da konusu olan “kontrollü ada çalışma bölgeleri uygulaması” na geçmeden önce bazı tamamlayıcı temel bilgiler verilecektir.

## **2.1 TÜRKİYE ŞEBEKESİNİN ENTERKONNEKTE YAPISI VE İŞLETİLMESİ**

Türkiye ve birçok komşu ülkelere yüksek gerilim seviyesinden elektrik iletim hizmeti veren TEİAŞ(Türkiye Elektrik İletim A.Ş.) ın enterkonnekte iletim sistemi, 14.000 km lik 380 kV seviyesinde, 30.000 km lik 154 kV seviyesinde iletim hatlarından, 61 adet 380 kV gerilim seviyesindeki trafo merkezinden, 450 adet 154 kV gerilim seviyesindeki trafo merkezinden, 135 adet 380 kV gerilim seviyesindeki ototrafodan, 904 adet 154 kV gerilim seviyesindeki güç trafosundan ve 40.000 MW'ın üzerinde kurulu güçten oluşmaktadır. Bu devasa büyüklükteki iletim sistemi Ulusal Yük Tevzi Merkezi (Gölbaşı) ile 7 adet Bölgesel Yük Tevzi Merkezinden (Adapazarı, Çarşamba, Keban, İzmir, Gölbaşı, İkitelli ve Erzurum) gözlenip yönetilmektedir. Güç sistemi işletmesi, sistemin 380 kV gerilim seviyesindeki tüm trafo merkezlerini, 154 kV seviyesindeki bir çok trafo merkezlerini ve 50 MW'ın üzerindeki tüm santralleri kapsayan SCADA ile yapılmaktadır. Günlük işletme

programları, sistem üretim tüketim dengesinin sağlanması, frekans regülasyonu, gerilim regülasyonu, arızalara müdahale ve manevralar, yıllık bakım ve revizyonların organizasyonları, veri toplama ve değerlendirme işlemlerini yapan sistem işletmecisi (yük dağıtım operatörü), bu sistem sayesinde daha kaliteli bir işletme için gerekli olan her tür sistem çalışmasını bu sistem sayesinde daha kolay ve etkili şekilde yapabilmektedir. Bu tezde yapılacak olan kontrollü çalışma bölgeleri ile ilgili uygulama ve öneriler de yukarıda sayılan kontrol ve kumanda merkezlerinden İkitelli merkezinden yönetilen Trakya bölgesinin iletim sistemini kapsamaktadır.

Bu tez kapsamında üzerinde çalışılan söz konusu Trakya iletim sistemi Türkiyenin Avrupa kıtası ve bu alanda mevcut ve birbirleri ile ilişkili olan tüm üretim iletim ve dağıtım sistemini kapsamaktadır. İnceleme yapılan bölgede 380 kV gerilim seviyesinde toplam 1177 km, 154 kV gerilim seviyesinde toplam 1547 km uzunluğunda Enerji Nakil Hattı , 380/154 kV gerilim seviyesinde 21 adet ototrafo, 154/34.5 kV gerilim seviyesinde 103 adet güç trafosu, 5500 MW kurulu santral gücü ve 2006 yılında 5127 MW, ve tezin yazıldığı zamana kadar da Aralık 2007 ayı içerisinde 5300 MW'lık bir puant gücü ve yıllık 28,8 milyar kWh lik tüketimi olan bir iletim bölgesidir[10,24].

## **2.2 İLETİM SİSTEM İŞLETMESİNDE KARARLILIK**

Eğer bir iletim sistemi güvenli ve normal işletme şartlarında ise, sistem sürekli durum(steady state) şartlarındadır, generatörler, hatlar ve trafolar gibi teçhizatlar normal işletme limitlerindedir, tüm yükler besleniyordur, kısa devre veya korumaların çalışmasıyla tek veya çift devre herhangi bir hat açma durumunda(n-1 şartı), herhangi bir generatör ve ototrafo servis harici olma durumunda(n-1 şartı), herhangi bir bara boşalması durumunda, birden fazla generatör grubu servis harici olması durumunda sistem, primer ve sekonder frekans kontrolü ve gerilim kontrolü sonucu diğer bir denge durumunda çalışmaya devam eder[11]

Yukarıda anlatıldığı şekliyle şayet sistemin diğer bir denge durumuna geçme ihtimali varsa sistem olağanüstü durum şartlarında çalışıyor demektir. Bu durumda işletme için alınacak acil önlemler aşırı yüklerin önlenmesi, aşırı gerilim yükselmelerinin önlenmesi, frekans sapsmalarının önlenmesi, koruma rölelerinin çalışarak teçhizatların servis harici olmasının önlenmesidir.

Olağanüstü durum şartlarında sistem, sürekli durum(steady state) şartlarında fakat bir veya birden fazla teçhizat çalışma limitleri üzerinde çalışıyorsa, sistemde sınır değerleri dışında voltaj ve frekans sapmaları varsa ve/veya talep azalması varsa, sistemde bölünmeler oluşmuşsa sistemin normal çalışma şartlarına getirilmesi için önlemler alınmalıdır.

İletim sistem kararlılığı, açısal, frekans ve gerilim kararlılığı olarak ana başlıklara ayrılabilir. Bu tezin konusu olan kontrollü çalışma bölgelerinin ve ada çalışma bölgelerinin uygulanması için gerekli şartlar arasında olan kararlı çalışma durumlarının sağlanması konusu hakkında bilgi aşağıda verilmiştir.

Bir iletim sisteminde kararlılık, karşı kuvvetler arasındaki denge, kararsızlık ise arıza sonucu oluşan ve karşı kuvvetler arasında devam eden bir dengesizlik durumudur. İletim sistemi çevresel şartları, yükleri, jeneratör çıkışları, topolojisi ve parametreleri sürekli değişen çok yüksek dereceli bir nonlinear sistemdir[12].

Bu karşı kuvvetleri ana hatları ile üretim ve tüketim olarak ikiye ayırabiliriz.

Üretim açısından, normal işletme şartları altında yani kararlı veya dengeli durumda iletim sistemine bağlı tüm makineler(generatorler) senkron hızlarında çalışırlar. Arıza anında ise makine diğer makineye bağlı olarak salınır. Üretim tarafında olabilecek arızalar generatörün devre dışı kalmasıyla sonuçlanan üretim kaybı, gerilim çökmesine sebep olabilecek ikaz kaybı, senkronizm kaybı, rotor açılarının değişimi ve frekans değişimi olabilir.

Tüketim açısından iletim sisteminin, yük ve teçhizata bağlı olarak çok geniş etkiler altında kaldığı görülmektedir. Bu etkiler, hat arızaları, trafo arızaları, yük kaybı gibi durumlardır. Bu arızalar sebebiyle iletim sisteminde oluşabilecek elektromekaniksel geçici durum, önceden kolaylıkla tahmin edilemez. Bir sistemden başka bir sisteme bir teçhizattan başka bir teçhizata farklılık gösterebilir.

Geçici bir arızada sistem kararlı bir durumda ise yeni bir denge noktası söz konusudur ve sistem bu denge noktasında bir bütün olarak çalışıyordur. Bu geçici durum sona erdiğinde; tüm senkron makineler buldukları çalışma konumlarında kalırlar ve normal hızlarını terk ederler, tüm bara gerilimleri kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalırlar, sistem enterkonnekte olarak kalır (yani kopmaz ve ayrılmaz yani ada moduna geçmez) [12].

Söz konusu kabul edilebilir sınırlar, gerilim için normal işletme koşullarında; 380 kV seviyesinde 340 kV ile 420kV, 154 kVseviyesinde ise 140 kV ile 170 kV arasında değişir. 66 kV ve altındaki iletim sistemi için gerilim değişim aralığı  $\pm \% 10$ 'dur. Ayrıca, iletim sistemi içerisindeki mevcut dağıtım seviyesi ve iç ihtiyaçlar için gerilim seviyeleri 34.5 kV, 33 kV, 31.5 kV, 15.8 kV, 10.5 kV ve 6.3kV'tur. Sistemin nominal frekansı ise TEİAŞ tarafından 50 Hertz (Hz) etrafında 49.8 - 50.2 Hz aralığında kontrol edilir. İşletme sınırı 10 dakikadan daha uzun süre geçilemez[13].

İletim sisteminin bir arızaya tepkisi genelde teçhizatların tepkisi şeklindedir. Örneğin koruma röleleri çalışması sonucu, bir veya birkaç enerji nakil hattının veya trafonun servis harici olması, yük akışlarını, bara gerilimlerini, generatör rotor hızlarını değiştirir, gerilim değişimi; transformatör kademe ve generatörlerin gerilim regülatör ayarı değişimini başlatır, generatör rotor hız değişimi ise; regülatörler vasıtasıyla gaz yakıt valflerini hareketlendirir, gerilim ve frekans değişimi ise çeşitli derecelerde ve karakteristiklerine bağlı olarak sistem yüküne etki eder. Ayrıca özel teçhizatları koruyan cihazlar sistem parametrelerinin değişimlerinden etkilenerek iletim sisteminin performansına etki ederler. Modern bir iletim sistemi dinamik performansı, farklı tepki ve karakteristikteki teçhizatın bir arada düzenlenmesini ve uyumlu çalışmasını gerektiren yüksek dereceli çok değişkenli işlemler bütünüdür. Bu nedenle kararsızlık durumu, sistem yapısına, işletme durumuna, arızanın şekline bağlı olarak bir çok şekilde meydana gelebilir[12].

Kararlılık kavramını açısal, gerilim ve frekans kararlılığı olarak üç başlık altında incelenebilir.

### **2.2.1 AÇISAL KARARLILIK (Rotor açısı kararlılığı)**

Açısal kararlılık iletim sistemi ile bir araya getirilmiş senkron makinaların normal işletme şartlarında ve arıza sonrasında senkron çalışabilme kabiliyetinin devam ettirilmesidir. Bu ise sistemdeki her bir senkron makinanın elektromagnetik ve mekanik kuvvetler arasındaki dengenin sürdürülmesi veya yeniden kurulmasına bağlıdır[11].

Senkronizma kaybı, makine veya makine grupları ile sistemin geri kalan kısmı arasında oluşur, gruplar ve sistem arasında senkronizmanın, senkronizma kaybı olan makine veya makinaların ayrılmasından sonra devam etmesi de mümkündür.

Uzun hatların iletim kapasitesini sistem transfer reaktansı sınırlar. Kararsızlık durumu sistem konfigürasyonu ve işletme durumlarına bağlı olarak açısız kararsızlık(geçici,dinamik ve sürekli) olarak ortaya çıkabilir. Buna örnek olarak uç özelliklerde iki iletim sistemini göz önüne alalım;

Sonsuz güç çeken bir baraya iletim hatları ile bağı senkron generatörleri göz önüne alacak olursak bu durum “saf açısız dengesizlik” ile sonuçlanır.Yani senkronizma kaybı olur. Ve bunun yanında açısız dengesizliğe bağı olarak meydana gelen gerilim düşümü gerilim çöküşüne benzeyebilir, fakat bu durum bir gerilim dengesidir[14].

Bununla birlikte büyük transfer empedansından ve geniş iletim açısından kaynaklanan dengesizliklere karşı, iletim performansı senkron kapasitörler kullanılarak artırılır[11].

Açısız kararlılığı iki kategoriye ayırabiliriz: küçük işaret kararlılığı(sürekli durum kararlılığı-small signal stability) ve geçici kararlılık(büyük rotor açı sapması-large disturbance rotor angle stability). Sürekli ve geçici kararlılık durumu sistemde meydana gelen bir arıza ile ilgilidir.

#### Sürekli durum kararlılığı:

Eğer sistem küçük bir arıza sonucu sürekli işletme şartlarına veya bu şartların çok yakınına geri dönüyorsa sistem sürekli kararlı durumdadır. Sürekli kararlılık durumu limiti ise küçük bir arızada sistemin senkronizm kaybına uğradığı işletme şartlarıdır. Küçük yük değişimleri gibi durumlar sistemde sürekli karşılaşılan durumlardır ve küçük işaret kararlılık tanımına girerler.

#### Geçici kararlılık:

Büyük bir arıza sonrası tüm generatörler anma hızlarına geri dönmüşlerse, tüm baralar anma gerilimlerine veya bu gerilimin çok yakınına geri dönmüşlerse, izole ada bölgeleri oluşmamışsa geçici kararlılık durumu sağlanmış demektir.

AC iletim şebekesinin nonlineer olan doğası bir durumdan diğer duruma geçişinin hesaplanmasını sınırlandırmaktadır.

Arıza halindeki geçici açısız kararlılığın arıza ile bozulduğu sistemlerde ise geçici açısız kararsızlık oluşur böyle bir durum çok yüklü hatlarda ve hattın açması ile sonuçlanan kısa devre durumlarına maruz kalan hatlarda oluşur. Ani yük ve üretim

kayıpları da geçici kararsızlık durumları oluşturur. Eğer bir arıza, sistemi bir durumdan başka bir kararlılık durumuna geçiriyorsa yeni kararlılık durumu bir önceki durumdan farklı olacaktır. Arızayı takip eden kararsızlık durumu generatör hızlarında meydana gelen geniş sapmalardan, rotor açılı farklarından ve arıza ile değişen yüklerden dolayıdır.

Büyük sistemlerdeki geçici kararlılık çalışmalarında , yaygın olarak generatör empedans üzerinden şebekeye bağlı sürekli bir gerilim kaynağı olarak düşünülür. Bu kabulleniş, generatör boşluklarındaki sürekli akıya karşılık gelir ve geçici kararlılık durumları için bir hata söz konusu olmaz özellikle de 100-120 ms de temizlenen arızalar için[11].

Açısal Kararlılığın matematiksel ifadesi:

Açısal denge açısından sisteme bakıldığında sistem güç iletim kapasitesini belirleyen ve çok yaygın olarak bilinen basit eşitlik aşağıda formül 2.1’de verilmiştir.

$$P = \frac{V_s V_r}{X} \sin \delta = \frac{V^2}{X} \sin \delta \quad (2.1)$$

Bu formülde şönt admitans ve hatların dirençleri ihmal edilmiştir.  $\delta$ , yükün aktığı iki bara arasındaki ( $V_s$  ve  $V_r$ ) gerilim vektörü,  $V$  anma gerilim değeri,  $X$  jeneratör ve trafo reaktansı da dahil toplam transfer reaktansıdır.

Küçük işaret kararlılığı ve geçici kararlılık kısa dönemli olaylar olarak kategorize edilirler.

### **2.2.2 GERİLİM KARARLILIĞI**

Gerilim kararlılığı normal işletme şartları altında ve maruz kalınan bir arıza sonrasında iletim sistemindeki tüm baralardaki gerilimi sabit bir seviyede tutma olayıdır. Gerilim kararsızlığı bazı baralarda gerilimin düşme veya yükselme yönünde devam etmesi ile meydana gelir. Gerilim dengesizliğinin olası sonucu gerilimin kabul edilemez sınırlar altına düşen bazı bölgelerdeki yük kaybı veya sistem bütünlüğünün bozulmasıdır. Gerilimdeki sürekli düşüş rotor açılarının limit dışına çıkmasıyla da ilgilidir. İki grup makinanın rotor açısı farkları  $180^\circ$  ye yaklaşırsa veya bu değeri aşarsa gittikçe senkronizmden uzaklaşan sistemin orta yerlerindeki gerilim seviyesi çok düşük değerlere inecektir[16]. Tam tersi olarak, rotor açısal kararlılığının

sorun olmadığı durumda da gerilim dengesizliği ile ilgili olarak güçlü bir gerilim düşümü meydana gelebilir.

Gerilim kararsızlığına katkıda bulunan ana etken genellikle hatların endüktif reaktansından akan aktif ve reaktif güçlerdir ve bu durum iletim hatlarının iletim kapasitesini sınırlamaktadır. Güç iletimi limiti bazı generatörlerin reaktif güç sınırlarına ulaşmasıyla sınırlanmış olur. Gerilim dengesizliğinin itici gücü arızaya tepki olarak çalışan gerilim regülatörleri, kademe değiştiriciler ve termostatlar nedeniyle tekrardan eski haline dönen yüklerdir. Tekrar eski haline gelen yükler yüksek gerilim şebekesinde daha fazla gerilim düşümü için bir baskı oluşturur. Gerilim düşümüne sebep olan iniş durumu yüklerin tüketimi eski haline getirmeye çalışması ile ve iletim sisteminin ve üretim sisteminin kapasitesi üzerinde yüklenmesi ile oluşur[16]. En alışılmış gerilim kararsızlığı şekli baradaki gerilimin giderek düşmesi olması iken aşırı gerilim ihtimali de vardır[17]. Bu durum iletim hattının kapasitesinin oldukça altında yüklenmesiyle ve düşük ikaz limitleyicisinin generatörün reaktif enerji fazlasının absorbe etmesini sınırladığı durumlarda oluşur. Bu gibi durumlarda, trafo kademe değiştiricileri gerilimi düzeltme çabaları gerilim kararsızlığına sebep olabilirler. Açısız kararlılıkta olduğu gibi gerilim kararlılığını da iki alt kategoriye ayırmak faydalı olacaktır.

#### Büyük bozucu etkili gerilim kararlılığı:

Bu durum hat arızası, üretim kaybı gibi büyük bir arıza sonrası sistemin geriliminin kontrol edilebilme yeteneğidir. Bu yetenek sistem yük karakteristikleri ve sürekli ve ayrık kontrol ve korumaların etkileşimi ile belirlenir. Büyük bozucu kararlılığın belirlenmesi sistemin belli bir süre içerisinde yük altında kademe değiştiriciler ve generatör alan akım sınırlayıcıları gibi teçhizatların etkileşimini gözleyerek yeterli dinamik performansının tespit edilmesini gerektirir. Bu süre birkaç saniye ile onlarca dakika olabilir. Bu nedenle analiz için sürekli benzetimler gerekir [18].

#### Küçük bozucu etkili gerilim kararlılığı:

Bu durum yük artışı gibi küçük bozucu etkiler sonrasında sistemin geriliminin kontrol edilebilme yeteneğidir. Bu kararlılık şekli belli bir andaki yük karakteristiğinin bilinmesi ile, sürekli kontrol ile ve ayrık kontrol ile belirlenir. Bu kavram her hangi bir anda sistem geriliminin sistemdeki küçük değişimlere nasıl cevap verdiğinin bilinmesi açısından oldukça kullanışlıdır. Küçük bozucu etkili

gerilim kararlılığı iletim sisteminin sürekli durumuyla(steady state) ilgilir. Bu nedenle statik analiz etkili olarak kararlılık sınırlarının tespitinde, kararlılığa etki eden faktörleri tanımada ve büyük çaplı sistemlerde ve çok sayıda olabilecek arızalar sonrasındaki durumu kestirmek için kullanılır[19]. Küçük bozucu etkili gerilim kararlılığı kriteri, sistemdeki her bir bara için verilen şartlarda, o baraya giren reaktif gücün artmasıyla o baranın geriliminin de artmasıdır. Şayet sistemdeki en az bir barada baraya giren reaktif güç(Q) artarken o baranın gerilimi(V) düşüyorsa sistemde gerilim kararsızlığı var demektir. Başka bir deyişle V-Q oranı pozitif ise sistem gerilim açısından kararlı, eğer tek bir barada dahi V-Q oranı negatif ise sistem gerilim açısından kararsızdır. Gerilim kararlılığı için gözlem süresi birkaç saniyeden onlarca dakikaya kadar değişebilir. Bu nedenle gerilim kararlılığı kısa dönem bir olay olarak ta uzun dönem bir olay olarak ta düşünülebilir. Gerilim kararsızlığı her zaman o saf formunda meydana gelmez. Sıklıkla, açısal kararsızlıkla gerilim kararsızlığı içi içe oluşur. Biri diğerini tetikler, aradaki fark çok açık olmayabilir. Bununla birlikte açısal kararlılıkla gerilim kararlılığı arasındaki farkı ayırmak problemin altında yatan sebebi anlamak uygun dizayn ve uygun işletme şartları geliştirmek açısından önemlidir.

Gerilim kararsızlığı yüklü ve uzun hatlar için önemli bir olaydır[20].

Senkron generatörlerin Kombine statik/indüksiyon yükleri beslemesi durumunda ise “saf voltaj dengesizliği” ile karşılaşılır. Yani gerilim çökmesi yaşanır[11].

#### Gerilim Kararlılığın matematiksel ifadesi:

Voltaj dengesi açısından sisteme matematiksel yönden baktığımızda güç iletim kapasitesi aşağıdaki 2.2 formülündeki gibi ifade edilir:

$$P_{r,max} = \frac{V_s^2}{2Z} \frac{\cos \varphi}{1 + \cos(\beta - \varphi)} \quad (2.2)$$

Burada  $Z < \beta$ ,  $V_s$  sabit gerilimindeki jeneratör eşdeğer devresi ucu ile statik yük barası empedansı ( $Z_L=Z$ ) arasındaki iletim sisteminin transfer empedansıdır.  $P_{r,max}$  voltaj çökmesi şartlarına en yakın şartlardaki iletilen max güçtür. Bu durum herhangi bir güç faktörü olan yük empedansının iletim sisteminin transfer empedansına eşit olduğu durumdur.

Açısal veya gerilim kararlılığı sağlamak ve devam ettirmek için, iletilen gücün belli sınırlar içerisinde 2.1 ve 2.2 formüllerinden sırasıyla elde edilen güçlerden düşük olması gerekir. Çok devreli sistemlerde 2.1 formülünde  $\delta = \pi / 2$  alınarak hesaplanan gücün %60-70'i elde edilir. 2.2 formülü ile hesaplanan max. güce bağlı olarak gerilim kararlılığı için de benzer sınır değerlerine ihtiyaç vardır. Bu sınır değerleri yükün miktarı ve tipi ile ve  $\cos\phi$  ile ve gerilimin kalitesi ile ilgilidir.

Arıza halindeki bir sistemin gerilim kararsızlığı, iletim sisteminin sürekliliği için tüm baralarda ve arıza sonrasında belli sınırlar içerisinde bulunması gerekmektedir. Sistem; arıza anında, yük talep artışlarında, sistem durum değişimlerinde sürekli ve kontrol edilemeyen bir gerilim düşümü ile sonuçlanan bir gerilim kararsızlığı durumuna girer. Generatör arızaları, hat arızaları, yük artışları gibi durumlarda, diğer reaktif üreten teçhizatların eksikliği gerilim kararsızlığı meydana gelmesine yol açabilir.

### **2.2.3 FREKANS KARARLILIĞI**

Frekans, sistemdeki alternatif akımın Hertz olarak ifade edilen bir saniyedeki devir sayısını ifade eder[21]. Frekans kararlılığı, üretim ve tüketim arasında oluşan ciddi bir dengesizlik sonucu oluşan bozucu bir etki sonrası iletim sisteminin frekansının normal işletme şartları limitleri içerisinde çalışması kabiliyetidir.

Ciddi sistem bozulmaları frekansta, yük akışlarında, gerilim ve diğer sistem değişkenlerinde değişimler meydana getirir, sistem parametrelerinin değişmesinden dolayı işlemler, kontrol sistemleri ve koruma sistemleri mevcut geçici kararlılık ve gerilim kararlılığı cinsinden modellenemezler. Büyük enterkonnekte sistemlerde bu durum ada çalışma bölgeleri ile ilişkilendirilir. Bu durumda kararlılık problemi her bir adanın minimum yük kaybı ile kabul edilebilir denge şartlarında çalışıp çalışmaması olayına dönüşür. Genel olarak, frekans kararlılık problemi yetersiz teçhizat cevabı ile, kontrol ve koruma teçhizat koordinasyonunun zayıflığı ile veya yetersiz üretim rezervi ile ilişkilendirilir.

Bir güç sisteminin çalışması genel yük akış kuralları ile ifade edilir. Bu temel yük akış kuralları gelecek bölümde biraz ayrıntısı ile işlenmiştir.

### 3. TEMEL YÜK AKIŞ KURALLARI VE HESAP YÖNTEMLERİ

Yük akış problemlerinin çözümü için tüm şebekenin, generatörlerin, transformatörlerin ve şönt kapasitörlerin modellenmesi gerekir. Bunun sonucu olarak aranacak büyüklükler baraların gerilimi (V), hatlardaki akım (I) ve bu hatlardan akacak aktif ve reaktif güçlerdir. Bara gerilimi ve hat akımları arasındaki ilişki aşağıda formül 3.1. de verilmiştir.

$$[V]=[Z].[I] \quad (3.1)$$

Burada [Z] sistemin bara empedans matrisidir. Bara gerilimleri bilindiği için

$$[I]=[Y][V] \quad (3.2)$$

ilişkisi kullanılarak hatlardan geçecek akımlar belirlenir. Buradaki [Y] ise bara empedans matrisinin tersi olan bara admitans matrisidir[1]. (3.2) ifadesinin matris açılımı ise aşağıda formül 3.3 te verilmiştir.

$$\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \cdot \\ I_{(n-1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \cdot & Y_{1,(n-1)} \\ Y_{2,1} & Y_{2,2} & \cdot & Y_{2,(n-1)} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ Y_{(n-1),1} & Y_{(n-1),2} & \cdot & Y_{(n-1),(n-1)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \cdot \\ V_{n-1} \end{pmatrix} \quad (3.3)$$

Burada I'lerden oluşan eşitliğin sol tarafındaki sütun baralara giren akımları ifade eder, baraya giren akımın işareti pozitifdir, baradan çıkanın ise negatiftir. V sütunu ise referans barasına göre gerilim değerini belirten bara gerilim matrisidir. Y matrisi singular olmayan (n-1)x(n-1) boyutunda kare bara admitans matrisidir. n adet bara biri referans toprak barası olmak üzere n-1 adet eşitlikle ifade edilir [3].

Empedans ve admitans matrisinin uygulama ve yapı farklarını şöyle izah edebiliriz; empedans matrisinde gerilim eşitliği, bilinen gerilim sabiti ve sistem empedansı ile bilinmeyen hat akımları cinsinden yazılır. Admitans matrisinde ise; akım eşitliği, bilinen admitans ve bilinmeyen bara gerilimleri vasıtasıyla yazılır[3].

Bu matris eşitsizlikleri çeşitli değişkenler için çözülür. Bu değişkenler P,Q,V ve  $\delta$  dır. Formül 3.4 eşitliğinde sırasıyla verilen bu değişkenler aktif güç, reaktif güç, bara gerilimi genliği ve bara gerilimi açısıdır.

$$I = \frac{(P-jQ)}{|V|} e^{+j\delta} \quad (3.4)$$

Yük akışı eşitsizliklerini çözmek için her bara için dört değişkenden ikisinin bilinmesi gerekir. Yine yük akışı problemlerinde literatürde yaygın olarak bilinen üç çeşit bara vardır. Bunlar, tüketimin olduğu hesaplamalarda aktif ve reaktif gücün bilindiği fakat gerilimi ve açısı bilinmeyen yük barası, üretimin yapıldığı gerilimin ve aktif gücün ikaz sistemi vasıtasıyla sabit tutulduğu reaktif gücü ve bara açısı hesaplanacak olan üretim barası(P-V barası) ve gerilimin ve açısının bilindiği veya tarafımızdan tanımlandığı fakat aktif ve reaktif gücün bilinmediği gevşek bara(slack bus) tır.

Yük akışının çözümünün amacı her barada bilinmeyen iki değişkenin bulunmasına dayanır. 3.2. eşitliği lineerdir. Fakat P ve Q içeren eşitsizlikler ise nonlineerdir ve bu nedenle çözüm için iterasyon tekniklerinin kullanılması söz konusudur[1].

Temel yük akışı eşitlikleri

$$\bar{S}_k^* = P_k - jQ_k = \bar{V}_k^* \sum_{i=1}^n \bar{Y}_{ki} \bar{V}_i, \quad k=1,2,3,\dots,n-1 \quad (3.5)$$

Ve

$$P_n - jQ_n = \bar{V}_n^* \sum_{i=1}^n \bar{Y}_{ni} \bar{V}_i \quad (3.6)$$

3.6 eşitliği slack bara içindir. 3.5 eşitliği slack bara hariç aynı anda n-1 adet bilinmeyenli kompleks eşitliği gösterir ve bu baralar yük barası olarak isimlendirilir. Dolayısıyla baraların yükü verildiği zaman problemin çözümü 3.5 eşitliklerinin çözümü ile bulunacak olan n-1 adet baranın gerilim fazörlerinin bulunması olacaktır. Bu bara gerilimleri bulunduğu zaman ise 3.6 eşitliğindeki gevşek baranın gücü bulunacaktır. J. Bara şayet direkt olarak jeneratör bağlı ise üretim barası olacaktır.

Bij barasındaki bilinmeyenler ise  $Q_{Gj}$  reaktif üretim ve  $\delta_j$  bara açısı olacaktır. Çünkü gerilimin genliği  $V_j$  ve aktif güç  $P_{Gj}$  önceden tanımlanmıştır.

Analizde bir sonraki adım ise 3.5 eşitliğinin her hangi bir iterasyon metodunun kullanılarak bara gerilimi için çözümdür. Bir kere bara gerilimi bulunduğu kompleks ifadeli yük akışı ve kompleks ifadeli kayıplar tüm sistem için bulunur[4].

En genel manada yük akışı için karşımıza çıkacak eşitlikler aşağıdaki formatta olacaktır:

$$\left. \begin{aligned} f_1(x_1, x_2) &= k_1 \\ f_2(x_1, x_2) &= k_2 \end{aligned} \right\} \quad (3.7)$$

Başlangıçta  $x_1^{(0)}$  ve  $x_2^{(0)}$  olarak kesin olmayan çözümleri ve kesin çözüme ulaşmak için gerekli düzeltmeler olan  $\Delta x_1^{(0)}$  ve  $\Delta x_2^{(0)}$  değerleri tahmini olarak belirlenir. Bunun sonucu olarak 3.7 eşitlikleri

$$\left. \begin{aligned} f_1(x_1^{(0)} + \Delta x_1^{(0)}, x_2^{(0)} + \Delta x_2^{(0)}) &= k_1 \\ f_2(x_1^{(0)} + \Delta x_1^{(0)}, x_2^{(0)} + \Delta x_2^{(0)}) &= k_2 \end{aligned} \right\} \quad (3.8)$$

Olarak yeniden yazılabilir. 3.8 eşitliklerini Taylor serisine açtığımızda

$$\left. \begin{aligned} f_1(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}) + \left. \frac{\partial f_1}{\partial x_1} \right|^{(0)} \Delta x_1^{(0)} + \left. \frac{\partial f_1}{\partial x_2} \right|^{(0)} \Delta x_2^{(0)} + \dots &= k_1 \\ f_2(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}) + \left. \frac{\partial f_2}{\partial x_1} \right|^{(0)} \Delta x_1^{(0)} + \left. \frac{\partial f_2}{\partial x_2} \right|^{(0)} \Delta x_2^{(0)} + \dots &= k_2 \end{aligned} \right\} \quad (3.9)$$

İfadeleri karşımıza çıkar. Kısmi türevdeki (0) indisi türevin derecesini belirtir. Yüksek dereceli terimleri ihmal ederek 3.9 eşitlikleri matrissel formda aşağıdaki gibi yeniden yazılabilir.

$$\begin{bmatrix} \left. \frac{\partial f_1}{\partial x_1} \right|^{(0)} & \left. \frac{\partial f_1}{\partial x_2} \right|^{(0)} \\ \left. \frac{\partial f_2}{\partial x_1} \right|^{(0)} & \left. \frac{\partial f_2}{\partial x_2} \right|^{(0)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x_1^{(0)} \\ \Delta x_2^{(0)} \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} k_1 - f_1(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}) \\ k_2 - f_2(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}) \end{bmatrix} \quad (3.10)$$

3.10 eşitliğindeki kısmi türev ifadeleri içeren matris jakobiyen matristir ve tahmini başlangıç değerleri ile çözümüne başlanır. 3.10 eşitliğinin iki yanını jakobiyen matrisinin tersiyle çarptığımızda tahmini sonuca ulaşmak için gerekli yaklaşık düzeltme miktarlarını buluruz. Bu işleme tahmini sonuç belli bir toleransa yaklaşıncaya kadar devam edilebilir. Özet olarak,  $\ell$ . İterasyon için elde edilecek düzeltme terimleri 3.10 eşitliğinde ve bu anda güncellenen çözüm tahminleri ise 3.11 ve 3.12 eşitliklerinde verilmiştir.

$$\begin{bmatrix} \Delta x_1^{(\ell)} \\ \Delta x_2^{(\ell)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left. \frac{\partial f_1}{\partial x_1} \right|^{(\ell)} & \left. \frac{\partial f_1}{\partial x_2} \right|^{(\ell)} \\ \left. \frac{\partial f_2}{\partial x_1} \right|^{(\ell)} & \left. \frac{\partial f_2}{\partial x_2} \right|^{(\ell)} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} k_1 - f_1(x_1^{(\ell)}, x_2^{(\ell)}) \\ k_2 - f_2(x_1^{(\ell)}, x_2^{(\ell)}) \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

$$x^{(\ell+1)} = x^{(\ell)} + \Delta x^{(\ell)} \quad (3.12)$$

Orjinal nonlinear denklem takımının çözümü lineer denklem eşitliklerinin tekrarlı çözümü haline dönüşmüş olur. Bu çözüm jakobiyen matrisin her iterasyon sonucu yeni değerlerle değerlendirilmesini gerektirir.

Yük akışı eşitlikleri, Newton-Raphson tekniği çerçevesinde reel ve imajiner güçler ile gerilim genlik ve faz açıları bilinmeyenlerine ayrılarak çözülürler. Bu durumda 3.11 eşitliği yük akışı için aşağıdaki gibi 3.13 eşitliğinde yeniden yazılabilir.

$$\begin{bmatrix} \Delta \underline{\delta}^{(\ell)} \\ \Delta \underline{V}^{(\ell)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left. \frac{\partial \underline{P}}{\partial \underline{\delta}} \right|^{(\ell)} & \left. \frac{\partial \underline{P}}{\partial \underline{V}} \right|^{(\ell)} \\ \left. \frac{\partial \underline{Q}}{\partial \underline{\delta}} \right|^{(\ell)} & \left. \frac{\partial \underline{Q}}{\partial \underline{V}} \right|^{(\ell)} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \underline{P}(\text{liste}) - \underline{P}^{(\ell)} \\ \underline{P}(\text{liste}) - \underline{Q}^{(\ell)} \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

3.13 deki altı çizili değişkenler iki adet Newton-Raphson eşitliğini genel yük akışı eşitliklerine genişleten vektörleri göstermektedir. (liste) şeklinde belirtilen değerler ise baralardan sisteme giren aktif ve reaktif güçleri göstermektedir.  $\underline{P}^{(\ell)}$  ve  $\underline{Q}^{(\ell)}$  ise

sisteme göre hesapla bulunan ve sisteme verilen aktif ve reaktif güçleri göstermektedir ve aynı şekilde  $\ell$ . gerilim açısı ve genliği de hesaplanan bu değerleri göstermektedir. Bara gerilimi faz açısı ve bara gerilimi genliği tahminleri her iterasyonda güncellenerek jakobiyen matris tekrardan hesaplanır, listelenen ve hesaplanarak bulunan aktif ve reaktif güçler her iterasyonda yeniden hesaplanarak sonuçlar değerlendirilir. İterasyon bulunan değerdeki hatalar belli bir limitin altına düşene kadar veya maksimum iterasyon sayısını aşana kadar tekrarlanır. Çözüme ulaşıldığında, üretim(P-V barası) barası reaktif güç girişleri ve salınım barası kompleks güç(görünen güç, aktif ve reaktif güç) girişleri değerlendirilebilir.

İlk defa 1974 yılında Stott ve Alsac tarafından sunulmuş daha sonra birkaç defa geliştirilerek genelleştirilmiş olan ve bu tez uygulamasındaki yük akışlarında kullanılan bilgisayar programında da kullanılmış olan bir yöntem de hızlı ayrık yük akışı algoritmasıdır.(fast decoupled power flow). Bu algoritma Newton-Raphson çözümünü, gerçek güç ile bağlantılı olan bara gerilimi faz açısını ve reaktif güç bağlantılı olan bara geriliminin genliği arasındaki matematiksel bağı kullanarak, basitleştirir. Bu işlem jakobiyen matrisin gerçek gücün bara gerilimine bağlı olan kısmi diferansiyel ifadesinin ve reaktif gücün bara gerilim faz açısına bağlı olan kısmi diferansiyel ifadesinin sıfıra eşitlenmesi olayıdır. Dahası geriye kalan kısmi diferansiyel ifadeleri ise yaklaşık olarak bara admitans matrisinin sanal(imajiner) kısımlarına eşittir. Bu yaklaşıklık ise aşağıdaki eşitlikleri verir:

$$\left. \begin{aligned} \Delta \delta^{(\ell)} &= [B']^{-1} [\underline{P}(liste) - \underline{P}^{(\ell)}] \\ \Delta V^{(\ell)} &= [B'']^{-1} [\underline{Q}(liste) - \underline{Q}^{(\ell)}] \end{aligned} \right\} \quad (3.14)$$

3.14 eşitliğinde  $B'$  aktif yük akış eşitliklerinin bara gerilimi faz açılarına bağlı kısmi türevli ifadelerinin yaklaşık değeri ve  $B''$  ise reaktif yük akış eşitliklerinin bara gerilim genliklerine bağlı kısmi türevli ifadelerinin yaklaşık değeridir.  $B'$  ve  $B''$  ifadeleri iterasyon için jakobiyen matrisin güncellenmesinde gerekli eliminasyonların yapılabilmesi için sıradan bir sabit olarak alınır. Hızlı ayrıklaştırma algoritması daha az işlem gerektirdiği için Newton-Raphson yöntemine göre daha fazla kullanım alanı bulmuştur.

Burada  $B'$  ve  $B''$  aşağıdaki sadeleştirmelerle birlikte admitans matrisi olarak düşünülebilir.

Bu tez çalışması esnasında yapılan uygulamalardaki hesaplamalarda ise PSAT ve PSSE programı kullanılmıştır. Açık kaynak şeklinde mevcut olan PSAT programı matlab programının bir uygulaması olarak çalışmaktadır(\*). PSSE ise bu konu ile ilgili profesyonel bir programdır.

---

(\*) Söz konusu programın elde edilebileceği internet adresleri:

<http://tech.groups.yahoo.com/group/psatforum/>

<http://www.power.uwaterloo.ca/~f milano/>

<http://www.power.uwaterloo.ca/~f milano/>



#### **4. BİR İLETİM ŞEBEKESİNİN KONTROLLÜ ÇALIŞMA BÖLGELERİ ŞEKLİNDE İŞLETİLMESİ**

Elektrik enerji iletim sisteminin, çeşitli amaçlar doğrultusunda, uygun hatların açılarak üretim ve yük dengesi altında kontrollü bölümler halinde çalıştırılması, ada çalışma olarak adlandırılır. Generatörlerin senkron çalışmasının kaybolmasına yol açabilecek (kararlılık problemi oluşabilecek) arızalar meydana geldiği durumlarda, acil durum manevraları ile elektrik enerji sisteminin bir bütün halinde işletilmesi sağlanamayabilir ve sistem yaygın büyük ölçekli bir kesinti yaşayabilir. Sistemin adalar halinde çalıştırılması, sorunun sistem geneline yayılarak, büyük çaplı bir kesintiye dönüşmesini engelleyebilir. Bu nedenle elektrik enerji sistemleri ihtiyaç duyulduğunda (yaratacağı kesinti yayılma eğiliminde olan büyük arıza meydana gelmesi gibi) seçilmiş uygun hatlar açılarak enterkonnekte durumdan ada çalışma durumuna çok kısa sürede geçilmesi ile sistem üzerindeki büyük ölçekli kesinti engellenebilir. Elektrik sisteminin adalara ayrılmasında, adalardaki üretim (adadaki üretim değeri ve adaya olan enerji akışı) ve tüketim dengesinin sağlanmasının yanı sıra, sistemde yer alan hatların aşırı yüklenmemesi ve gerilim değerlerinin de sınırlar içinde kalması dikkate alınmalıdır. Literatürde, acil durum koşulları (büyük bozucu etkiler altında) olduğunda sistemin kontrollü adalara ayrılmasına ilişkin çeşitli çalışmalar bulunmaktadır [27-31].

Göz önüne alınacak olan Trakya bölgesindeki kontrollü çalışma ile ilgili bu tezde yapılacak olan çalışma ise yukarıda tanımlanan acil durumlara yönelik bir önlem olarak düşünülen ada çalışma türü olmayıp, sistemin sürekli olarak ve kontrollü çalışma bölgeleri halinde çalıştırılması biçimindedir. Sürekli kontrollü çalışma bölgeleri şeklinde çalışıldığında, uygun bölgelerin belirlenmesinde, yukarıda belirtilen üretim-tüketim dengesi ve sistemin sınırlar içinde çalıştırılması (hatların aşırı yüklenmemesi ve gerilimlerin sınırlar içinde kalması) yanı sıra sistemin güvenilirlik durumu, iletim kayıpları, arıza ve kararlılık açısından da değerlendirilmesi ile birlikte baralarda oluşacak olan kısa devre güçlerinin de göz önüne alınması uygun olacaktır. Sistemin kontrollü bölgeler halinde çalışması, meydana gelecek büyük arızalarda arızanın yayılarak genel büyük ölçekli kesintiye

yol açmasını önleyecek ve arızadan sadece çalışma bölgesi içinde yer alan tüketicilerin etkilenmesine neden olacaktır. Buna karşın sistemin enterkonnekte çalışmasında, bir arıza olduğunda arızalı kısmın devre dışı kalması halinde diğer bağlantılar nedeniyle sistem çalışmaya devam edebilecekken, ada çalışma nedeniyle (ada çalışma nedeniyle sistemin bazı kısımlarında oluşan radyal yapıdan dolayı), büyük ölçekli olmayan arıza durumlarında da adada yer alan tüketiciler enerjisiz kalabileceklerdir. Arıza akımlarının daha küçük değerlerde kalması ise ada çalışmanın bir yararı olarak verilebilir. Gözönüne alınan Trakya bölgesindeki mevcut işletme şekli 154 kV gerilim seviyesinde çalışma bölgelerinin oluşturulması ve bu bölgelerin temel olarak 380 kV/154 kV oto trafolar dikkate alınarak tasarlanması şeklindedir [32].

Güç sistemleri ekonomik nedenlerden dolayı giderek artan bir baskı altındadırlar. Güç sistemleri işletme limitlerine yakın değerlerde çalıştırdıkları için zayıf bağlar, beklenmeyen olaylar, koruma sistemlerindeki görünmeyen arızalar, insan hataları ve diğer faktörler sistemin kararlılığını kaybederek çökmesine sebep olabilirler. Bu nedenle sistemli çalışma ve kapsamlı bir sistem kontrol stratejisi belirleme ihtiyacı önem kazanmıştır. Bu kontrol stratejilerinden birisi de sistemi çökmekten kurtaracak olan kontrollü ada çalışma bölgesi uygulamasıdır [33]. Literatürde bu uygulamayı sağlayacak bir çok yöntem tavsiye edilmiştir. Bu yöntemlerin bazıları sadece statik yük akışlarını dikkate alırken bazıları da daha fazla hesap gerektiren dinamik yöntemleri de hesaba katmıştır. Gözlemler göstermiştir ki büyük arızalar sonrası generatör grupları birlikte salınırlar, dikkat edilmesi gereken nokta ise bölgeler arası generatör gruplarının kararlılığıdır [33]. Arızaya maruz kalan jeneratör gruplarına bağlı olarak meydana gelen yavaş uyumluluk olayı generatör hareketlerinin izlenmesine imkan sağladığı için bir çok yöntem geliştirilmesine imkan sağlamıştır. Sorun arıza sonrası birbirlerine uyum sağlayan generatör gruplarının bir arada kalacak şekilde hatların açılmasına dönüşmektedir. Bir çok analiz ve benzetimler sonucu görülmüştür ki, uyumlu çalışan generatör gruplarının ayrılması sistem yüklerinin değişmesine bağlı olarak değişmektedir [33].

Kai Sun ve arkadaşları [27] tarafından yapılan çalışmada sistemin kontrollü ada çalışma bölgelerine ayrılmasında OBDD (Ordered Binary Decision Diagram) yöntemine dayalı uygulama gerçekleştirilmiştir. Black-out (sistem çökmesi) önleyici bölgelere ayırma işleminin gerçekleştirilmesinde sürekli-hal çalışma kısıtlamalarının sağlanması

hedeflenmiştir. İleriki bölümlerde daha ayrıntılı olarak değinilen bu çalışmada sistemin kararlı çalışma durumunun korunması da göz önüne alınmıştır.

Sistemin ayrılarak fizibil kontrollü çalışma bölgelerinin belirlenmesine ilişkin yöntemler referans [34] de araştırılmıştır. Çalışmada önerilen yöntem, sistemin daha etkili çalışma bölgelerine bölünmesinde üretim-tüketim dengesi, iletim hattı kapasitesi gibi sürekli-hal kısıtlamaları ile beraber black-out önleyici kararlı çalışma durumunun belirlenmesini içermektedir. Generatörlerin sınıflandırılmasının da göz önüne alındığı yöntemin örnek sistem uygulama sonuçlarına yer verilmiş ve büyük ölçekli güç sistemleri için uygun olduğu belirtilmiştir.

Sistemin bölgelere ayrılmasına ilişkin Kararlılık kontrolü temelli bir yaklaşım Ming Jin ve arkadaşları tarafından sunulmuştur [35]. Sistemde yaşanan karmaşık salınım durumunda daha etkin çözümlere ulaşıldığını belirttikleri çalışmada, bozucu etkinin olması öncesi ön analiz ile gerçek-zamanlı çalışma koşulları ile karar-verme tablosundan uygun kontrol ölçütünün seçilerek uygulanması incelenmiştir. Gerçek-zamanlı ön-analiz safhasında, sistem salınım durumu, zaman-domeni geçici-hal kararlılık analizi yapılarak elde edilmektedir.

Yine konu ile ilgili bir çalışmada [7] ise büyük metropollerde kısa devre seviyelerinin kontrolünde ada çalışma bölgelerinin önemi açıklanmıştır. Söz konusu çalışmada kısa devre akımlarının sınırlandırılması için mevcut alternatif yollar: a)Sistemin bölgelere (bir nevi adalara) ayrılması: yani arıza anında görülen pozitif negatif ve sıfır empedanslarının azaltılması aslında mevcut baraların bölünmesi, b) İstasyonların güvenli ve esnek işletilmesini sağlayacak şekilde teçhizatların yenilenmesi, c)Akım sınırlayıcı cihazlar: akım sınırlayıcı iletkenler(bağlantı baralarına, trafoların üçüncü sargılarına, ve hatlara seri bağlanan hava çekirdekli akım sınırlayıcı iletkenler), tristör kontrollü seri indüktörler, seri kapasitör ve indüktörlü arıza akımı sınırlayıcılar, güç elektroniği devrelerinden oluşan akım sınırlayıcılar, süperiletkenli akım sınırlayıcılar, d)Bölgeler arası yüksek gerilim doğru akım bağlantısı, e) Fazlararası güç kontrolü, şeklinde sıralanarak maddelerin açılımı yapılmıştır.

Graf teorisine dayalı ada çalışma bölgelerinin belirlenmesine ilişkin başka bir yöntem de referans [31] de verilmiştir. Bu yöntem, verilen güç sistemi için zayıf bağlantılar arasında generatörlerin salınımlarına göre grublandırılmasına dayanır. Büyük ölçekli bir sistem optimal çözümden uzaklaşmaksızın daha küçük bir devreye indirgenir.

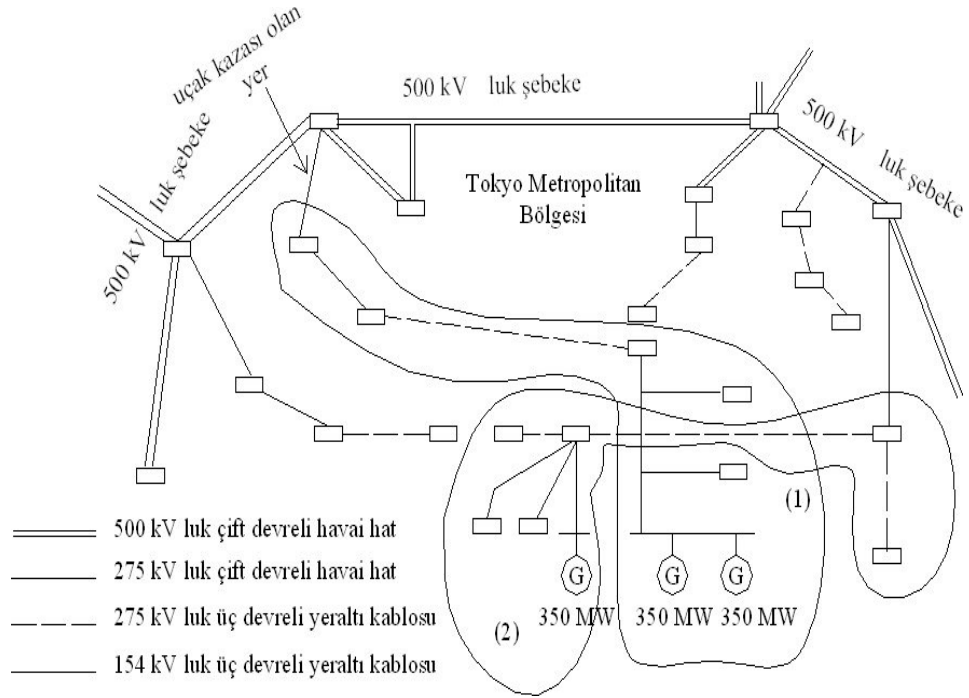
İndirgenmiş sistem, graf teorisi kullanılarak minimum üretim-tüketim dengesizliği ile alt devrelere ayrılır.

Kontrollü ada çalışma bölgesi uygulaması etkili bir şekilde sistemin tamamen çökmeye gitmesini (black out) önler. Bu ada çalışma bölgelerinin ihtiyaç anında ana sistemden ayrılması olayı önem kazanmaktadır. Aşağıda literatürdeki [5] ve [9] çalışmalar daha ayrıntılı olarak incelenmiştir.

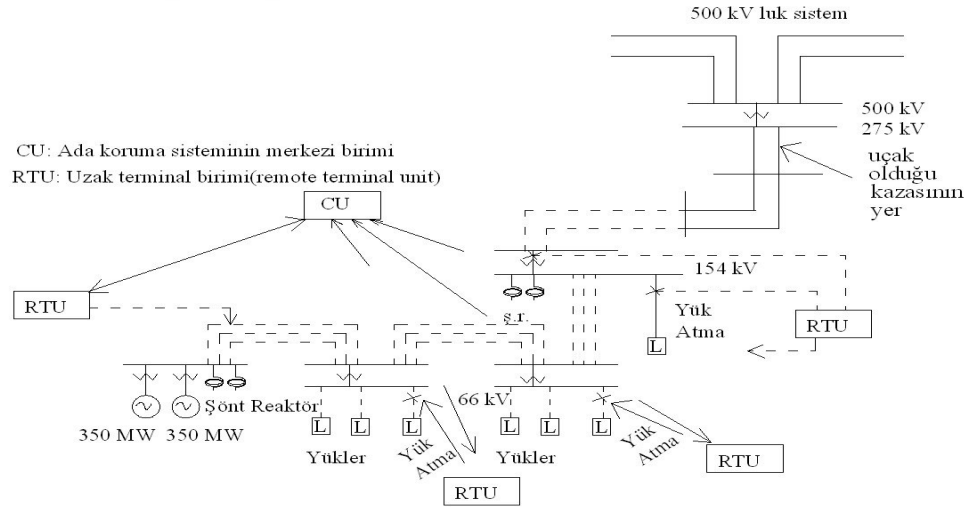
#### **4.1 KONTROLLÜ ÇALIŞMA BÖLGESİ UYGULAMASINA BİR ÖRNEK: TOKYO METROPOLÜNÜN AKTİF VE REAKTİF GÜÇ DENGESİ KONTROLÜ İLE ADA KORUMA SİSTEMİ VE GERÇEK BİR İŞLETME TECRÜBESİ [5]**

Bu çalışmada [5], Tokyo metropolünün alt iletim seviyesinde oluşturulan ada çalışma bölgeleri incelenmiş ve 275 kV alt şebekelerin 500 kV'luk üst şebekeye bağlantı noktasında meydana gelen bir kaza sonucu alt şebekenin nasıl izole edilerek çalıştırıldığı, şönt kapasitörlerin hatlarda aşırı reaktif yüke ve dolayısıyla aşırı gerilime sebep olmaları ve bu nedenle aktif ve reaktif yük dengesi kontrollü ada koruma sisteminin kullanılarak ciddi sistem çökmelerinin önüne geçilerek önemli yük kayıplarının önlenmesi anlatılmıştır.

Bir çok alt şebekeden (adalardan) oluşan Tokyo şebekesinde her bir alt şebeke(ada) 500 kV luk ana şebeke üzerinden ilk aşamada 275 kV'a indirilerek kablo ve havai hatlarla beslenmektedir. Bu alt şebekeler kısa devre güç sınırlamalarından dolayı diğer şebekelere yani adalara bağlanmamaktadırlar. Bu ada bölgelerinden bir tanesi de ekonomik ve politik olarak önemli bir stratejik bölgeyi beslemektedir ve bu ada bölgesinde kalan üretim kaynakları çok kısıtlıdır. Bu nedenle yükün büyük bir kısmı 275 kV paralel bağlantı hatları aracılığı ile 500 kV şebekeden sağlanmaktadır. Söz konusu iletim sistemi 275 kV, 154 kV ve 66 kV gerilim seviyelerindeki yer altı kablolarından oluşmaktadır. Şayet 500 kV'luk şebekeden gelen beslemenin arıza sonucu kesilmesi sonucu metropol sistemi izole bölge olarak ayrılacak ve sistem şönt kapasitörlerle birlikte aşırı yük altına girecektir. Bu nedenle "aktif ve reaktif yük dengesi kontrollü ada koruma sistemi" kullanılarak ciddi sistem çökmeleri sonucu önemli bölgelerin yük kaybının önüne geçilmiştir. Koruma sistemi Şekil4.1 ve 4.2 de verilen şebekeye uygulanmıştır.



**Şekil 4.1:** Tokyo Metropolitan İletim Sistemi[5]



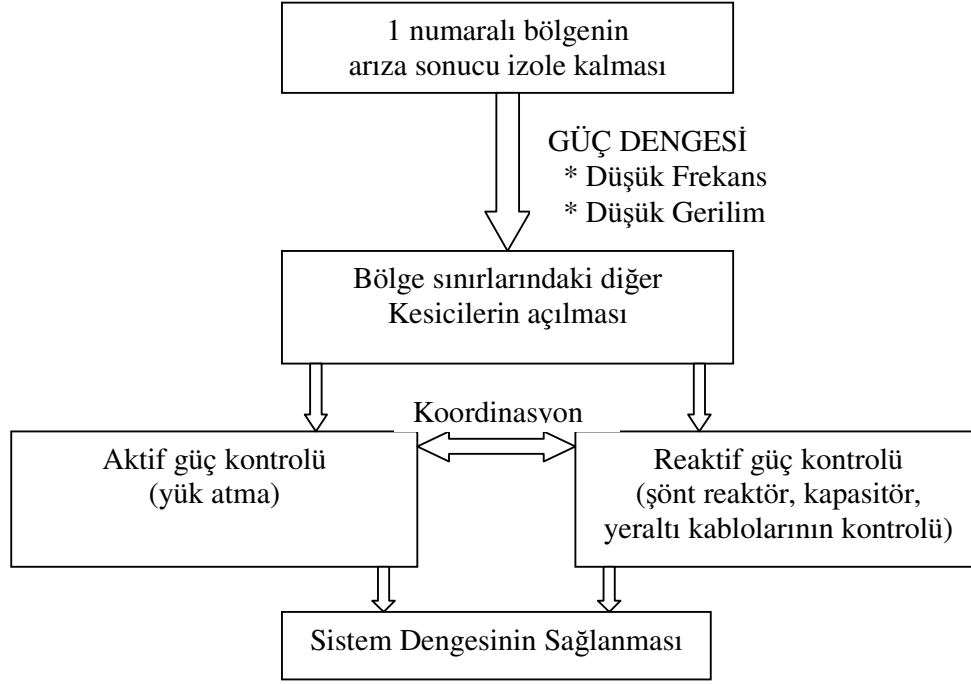
**Şekil 4.2:** İletim sistemi ve Ada koruma sistemi konfigürasyonu[5]

Şekil 4.1 de 1 no lu bölümde gösterilen iletim sistemi bölümü 275 kV luk bağlantı hattında hava savunma jetlerinin eğitim uçuşu esnasında meydana gelen kaza sonucu ana sistemden ayrılarak ada modunda kalmıştır. Bu kaza süresince Ada Çalışma Koruma Sisteminin Başarılı çalışması sonucu metropoldeki önemli müşteriler etkilenmemişlerdir. Şekil 4.2 de Şekil 4.1 de ki 1 no lu bölgenin ayrıntısı verilmiştir.

Söz konusu bölgenin yaz maksimum demantı 3600 MW ve bölgesel üretim kapasitesi ise 700 MW'tır. 275 kV 154 kV ve 66 kV luk şebekenin toplam şarj kapasitesi ise 700 MVAr dır. Metropol şebekesinin ana sistemden ayrılması sonucu ani bir gerilim düşümü ile ciddi aşırı yükten dolayı ani bir frekans düşümünün yaşanması kaçınılmaz olmaktadır. Üretim kısıtlılığının çok büyük olmasından dolayı şayet yük atma rölelerinin çalışması sonucu yük atılmaya başlanmamışsa sistem jeneratörlerin düşük frekans korumadan servis harici olması sonucu çökecektir. Bununla birlikte sadece yük atmayla izole bölgenin bütünlüğü sağlanamayacaktır. Çünkü aktif güç dengesi için yük atılmasıyla birlikte trafoların reaktif kayıpları(tüketimleri) da gidecek ve büyük miktarda şönt kapasitenin etkisi altına giren sistem aşırı gerilime maruz kalacaktır ve reaktif güç dengesizliği meydana gelecektir. Bu nedenle sistem frekansının düzelmesi mümkün olmayacaktır çünkü aşırı gerilim sonucu 4.1 eşitliğinde

$$P = P_0 (V / V_0)^2 \quad (4.1)$$

gerilim yük karakteristik ilişkisine göre tüketimin azaltılması söz konusu olmayacaktır ve sonuçta sistem çökecektir. Yük atma sistemi tek başına ada modunda kalan bölgeyi dengeleyememektedir. Bu nedenle yük atılması ile başlayan aktif ve reaktif güç kontrolünün yapılabileceği uygun ada bölgelerinin saptanması gereklidir. İzole bölgede kalan reaktif güç sebebi ile oluşan aşırı gerilim normal işletme durumundakinden çok farklıdır. Bu nedenle en etkili yaklaşım özellikle gerilimin en çok etkilendiği yerde reaktif dağılımı düzeltmek ve gerilimi dengelemek ve önceki normal durumuna getirmektir. Şekil 4.3 de bu işin özetle nasıl yapılacağını gösteren dengeleme koruması görülmektedir.



**Şekil 4.3:** Dengeleme koruma şeması [5]

Bu çalışmada aktif güç dengesi hesaplama algoritması için;

66 kV luk fiderlerden ada bağlantı noktasından geçen güç miktarı kadar fider seçilerek, tüm fiderler yükselen önem sırasına göre A, B, C olarak işaretlenmiştir. Politik ve ekonomik önemi olan yerleri besleyen fiderler normalde seçilmeyecek ve kesilmeyecek yerler olduğu için C harfi verilmiştir.

Reaktif güç dengesi hesaplama algoritması için;

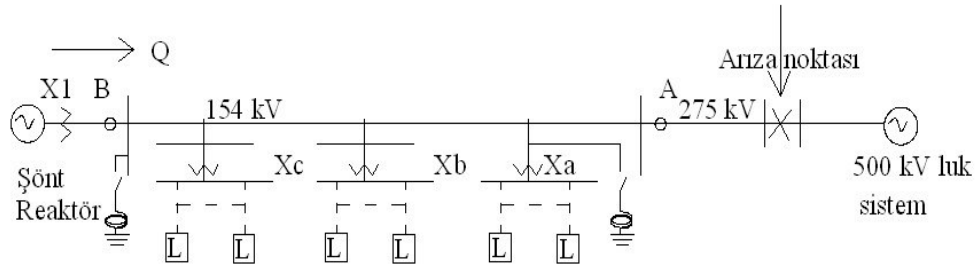
Basitleştirilmiş sistem modeli kullanılmıştır. Bu model, şekil 4.4 de gösterildiği gibi aşağıda açıklanan durumlar dikkate alınarak basitleştirilmiştir;

1. Sistem tüm 275 kV, 154 kV ve 66 kV yer altı kablolarını içerir fakat kabloların seri empedansları ihmal edilebilir.

2. Güç trafolarının kısa devre empedansları, seri reaktans bileşenlerinin reaktif dengesizlik dolayısıyla sistem gerilimini etkilemesinden dolayı dikkate alınır.

Şekil 4.4 ten de çok açık bir şekilde görüleceği gibi bölge izole olduktan sonra sistem, yükseltici trafoların kısa devre empedanslarından(X1) akan reaktif güçten etkilenecektir. Bu nedenle şönt reaktörlerin devreye alınması ve yer altı güç kablolarının servis harici edilmesi gibi reaktif gücü kontrol durumları hesaplanmış ve

arızadan önce ve sonra B noktasından akan reaktif gücün hemen hemen eşit olduğu tespit edilmiştir.



- A: Yük atma için aktif güç bilgisi alma noktası  
 B: Gerilim kontrolü için reaktif güç ölçüm noktası

#### Şekil 4.4: Hesaplama Algoritması İçin Basitleştirilmiş İletim Sistemi [5]

Sistem ayrılmasının (izole) oluşması bölgedeki bara gerilimleri ile 500 kV luk ana şebekedeki bara gerilimlerinin karşılaştırılması sonucu tespit edilir. Ayrılmanın farkına bölgenin sistemden ayrılması sonucu meydana gelen frekans farkı neticesinde oluşan açı farkındaki artış sonucu varılır. Eğer kesicilerin yardımcı kontakları bölgenin ana sistemden ayrılmasını fark etmek için kullanılırsa, kesici kontak arızaları ve kontrol sonucu meydana gelen açmalarda yanlış değerlendirmeler olabilir. Bu problemlerin önüne geçmek için sisteme yeni tanıma algılama metodları uygulanmıştır. Buna göre bu iş için ölçüm yapılan baraların gerilimlerin faz açı farkları belli bir dereceyi aştığı anda ( $110^\circ$ ) sistem ayrılmasının olduğunun farkına varılır.

Koruma sistemi merkezi uniteden (CU) ve birkaç uzak terminal unitelerinden (RTU) oluşmaktadır. Koruma hesaplaması ve sistem ayrılmasının tespiti RTU lardan fiber optik ve mikrodalga iletişim kanalları ile gelen fider aktif reaktif güç bilgileri, reaktörlerin ve kabloların işletme koşulları yani açık kapalı pozisyonları ve bara gerilimleri bilgilerinin CU da işlenmesi ile olur. CU daki mikro işlemci RTU lardan 2 sn de bir gönderilen bilgilerin optimum hesabını yapar, gerekli yük atılacak fiderleri ve reaktörleri tespit eder ve bu bilgileri RTU'lara gönderir. Ayrılma tespit edildiği anda CU, ada bölgesi sınırında bulunan kesicilere açma yapması için RTU lara komut gönderir. Yük atılmasını da içeren koruma kontrolü sistem ayrılmasından 0.5 sn içinde tamamlanmış olur. Şekil 4.2'de tüm koruma sistemi konfigürasyonunu görülmektedir.

Gerçek datalar simulasyon sonuçları ile desteklenmiştir. Simulasyonda ada bölgesinin toplam yükünün %65 ine denk gelen 1300 MW lık yükün düşük frekans röleleri ile atılması gerçekleştirilmiştir. Bu durumda gerilim arıza öncesi değerinin 1.2 katı kadar yükseldiğinde ve yük attıktan sonra görünen gücün hemen artmasından dolayı sadece yük atılarak frekansın düzelmeyeceği ispatlanmıştır. Bu nedenle reaktif gerilim kontrolünün aktif gerilim kontrolü kadar önemli olduğu gösterilmiştir [5].

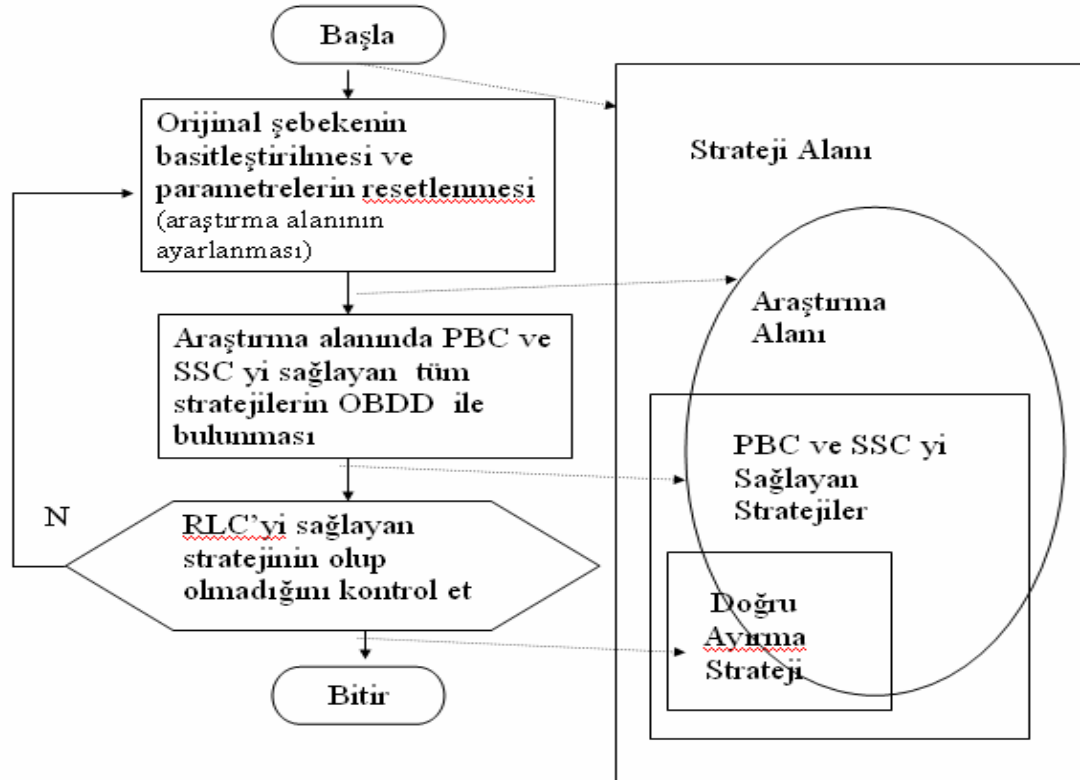
#### **4.2. OBDD TABANLI BENZETİM İLE KONTROLLÜ ADA ÇALIŞMA BÖLGELERİ BULMA ÇALIŞMASI**

Yine bu konu ile ilgili bir çalışmada [9,27] ise OBDD(Ordered binary decision diagram) tabanlı benzetim çalışması yapılmıştır. Söz konusu çalışmaya göre ada bölgelerine ayrılma aynı anda kontrollü bölgelere ayrılma olarak da isimlendirilir ve şayet ada bölgelerine ayrılma olayı kaçınılmaz hale gelmişse uygun ayrılma noktalarının bulunması problemi ortaya çıkar ve kontrollü ada çalışma bölgeleri sistemin tümünün sıfır olmasını önleyecek durumlar ve sürekli çalışma şartlarının sağlandığı kararlı ada bölgelerin aranmasına dönüşür. Ayrıca bu çalışmada genel bilgiler ışığında kontrollü bir iletim sisteminin küçük arızalar sonrasında kolaylıkla kararlılığını sürdürdüğü ve bu kararlılık için eşik değerleri de incelenmiş ve tavsiye edilmiş ve uygun ada bölgelerinde geçici kararlılık sınırları da incelenmiştir. Buna göre ada çalışma bölgelerinin aşağıda açıklanan ve sağlanması gereken üç özelliğinin hızlı bir şekilde hesaplanması gerekir

- Ayrılan asenkron generatör gruplarının paralel çalışmasının sağlanması
- Kabul edilebilir hata sınırları içerisinde bulunan üretim tüketim dengesi sağlanması
- Ve hatların veya diğer teçhizatların limitleri içerisinde yüklenmesi

OBDD metodu ile sürekli kararlı durumdaki bir sistem için uygun ada bölgeleri, uygun noktalardaki hatların açılarak servis harici edilmesi ile bulunur. Tecrübeler göstermiştir ki dağıtım merkezlerinden yük atma ve üretim merkezlerinden yük düşme aynı anda uygulandığında tüm ada bölgeleri içinde üretim ve tüketim dengede kalabilir, dolayısıyla giderek büyüyen bir kararsızlık ve komple bir sistem çöküşü önlenabilir. Güç sistemlerinde acil durum şartları dakika hatta saniyeler içerisinde meydana geldiği için kontrollü bölgelere ayrılma olayı çok kısa bir periyotta olması

gerekir. Gerçek zamanlı ayrılma probleminin çözümünde iki olayla karşılaşılır birincisi; ayrılma olayından sonra kısa ve uzun dönemli acil durum limitlerini ve kararlılığı sağlayan strateji araştırma aşaması olayı, ikincisi ise; sistemin bu aranan sürekli kararlılık durumuna güvenli bir şekilde geçmesi yani kontrol veya benzetim aşamasıdır. Bu iki aşama oldukça uğraştırıcı ve zordur. OBDD; Ordered Binary Decision Diagram kelimelerinden türetilen ve büyük şebekeler için uygun ada bölgeleri bulmaya yönelik olan bu yöntemin çalışma şekli 3 aşamadan oluşmaktadır; 1)Tüm parametreleri resetlenerek (sıfırlanarak) karmaşık yapıdaki iletim sistemi, graf teorisi ve tüm teçhizatların karakteristikleri olmak üzere iki basit temele indirgenir.2) OBDD algoritması ile ana sistemden ayrılan asenkron generatör grupları ve üretim tüketim dengesi açısından uygun ada çalışma bölgeleri tespiti yapılır.3) En sonunda bulunan bu ada bölgeleri yapılan yük akış hesaplamaları sonucu hatlar ve diğer teçhizatların yüklenme sınırları açısından incelenerek bir sonuç verir. OBDD nin bu üç aşamalı çalışması aşağıda Şekil 4.5’de özetle görülebilir.



**Şekil 4.5:** OBDD nin üç aşamalı çalışma şekli (PBC: ada bölgelerine ayrılma sonrası üretim ve tüketim kısıtlamaları, SSC:ayrılma sonrası jeneratör gruplarına ait kısıtlamalar, RLC:hatve diğer teçhizat kısıtlamaları) [9,27]

## **5. KONTROLLÜ ÇALIŞMA BÖLGESİ UYGULAMASININ TÜRKİYE’İN TRAKYA BÖLGESİNE UYARLANMASI**

Trakya bölgesi iletim sisteminin kontrollü çalışma bölgelerinin, iletimin temel bilgileri ışığında, bara gerilimleri açısından, hatların yüklenmesi açısından, bara kısa devre güçleri ve kayıplar açısından incelemesi yapılarak, alternatif kontrollü çalışma bölgelerinin karşılaştırılması ile en uygun bölge belirlenmesine çalışılmıştır. İncelemeler, göz önüne alınan bölgede uygulanmakta olan ve gelecekte komşu ülke bağlantıları sağlandığında da uygulanabilecek olan kontrollü çalışma bölgelerinin yukarıda verilen ayrıntılar açısından incelenmesinden oluşmaktadır. İncelemelerde yük akışları Matlab programı altında çalışan PSAT (Power System Analysing Toolbox) programıyla ve kısa devre güç hesaplamaları ise daha profesyonel bir program olan PSS/E(Power System Simulator for Engineering) ile yapılmıştır.

Tez kapsamında uygulaması yapılan bölgenin tanıtımı sonrası, sistem işletme şartları açısından incelemelerin sonuçları ilerleyen bölümlerde verilmiştir.

### **5.1 KONTROLLÜ ÇALIŞMA BÖLGESİ UYGULANACAK OLAN BÖLGENİN AYRINTILI TANITILMASI**

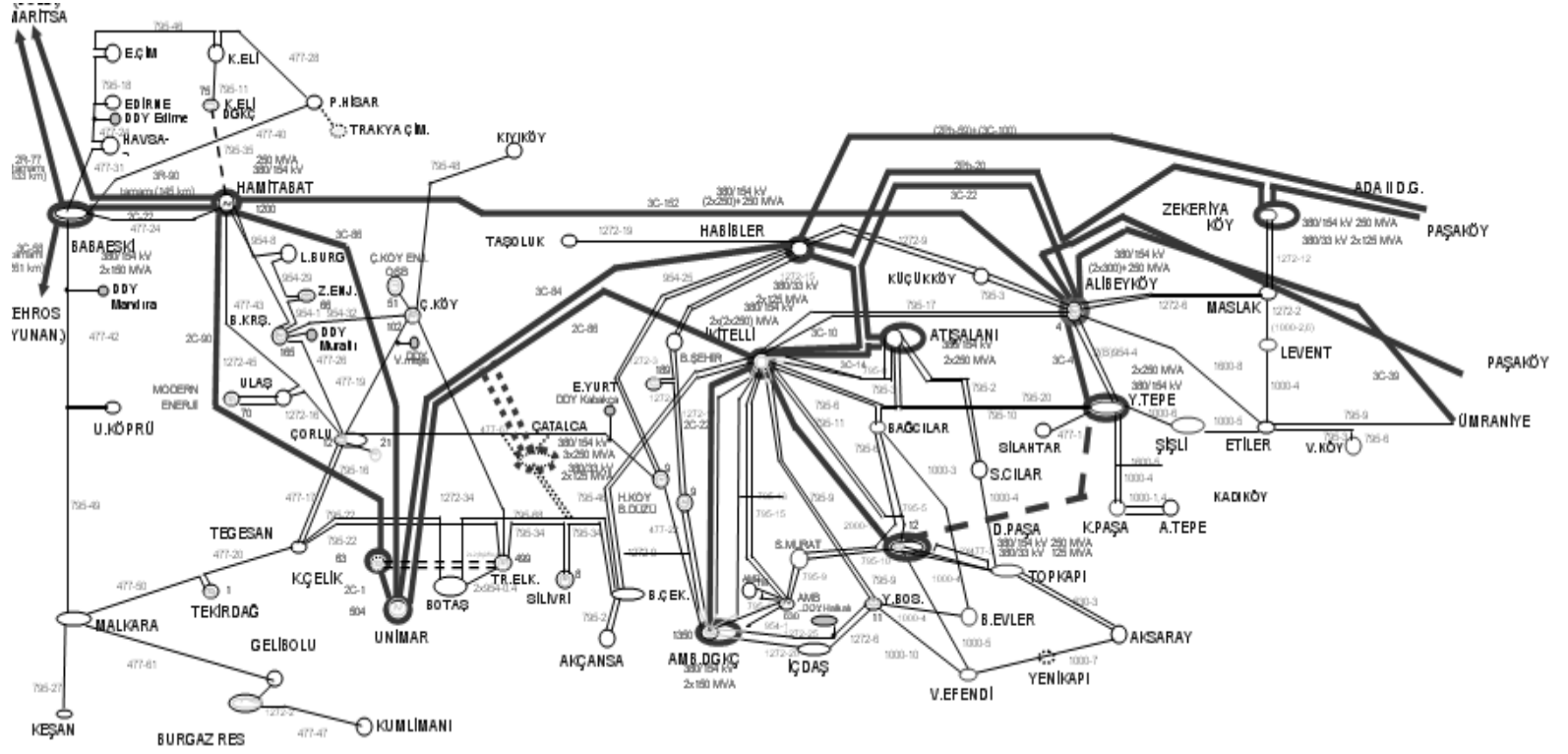
Bölüm 2.1 de Türkiye iletim şebekesinin özellikleri ayrıntılı olarak verilmişti. Bu bölümde ise Trakya bölgesinin iletim sistemi ayrıntısına girilecektir.

Söz konusu bölgenin coğrafi haritası üzerine işlenmiş dataları Şekil5.1 'de Trakya Bölgesi İletim Haritası adlı şemada verilmiştir. Haritanın içerdiği bilgiler 1177 km uzunluğunda 380 kV luk E.N.H ları, 1547 km uzunluğunda 154 kV'luk EN.H. ları,100 km uzunluğunda enerji nakil kabloları, santraller de dahil olmak üzere 12 adet 380 kV gerilim seviyesinde Trafo Merkezi ve bu merkezlerdeki ototrafolar,52 adet 154 kV gerilim seviyesinde Trafo Merkezi ve hatların üzerinde yazılı olan hat karakteristik bilgileridir. Hatlar, kablolar ve ototrafoların gelecek bölümlerde yapılacak olan analiz için gerekli olan ayrıntılı karakteristik bilgileri olan direnç, reaktans ve kapasitans gibi değerleri listesi ise EkA' da verilmiştir [22].

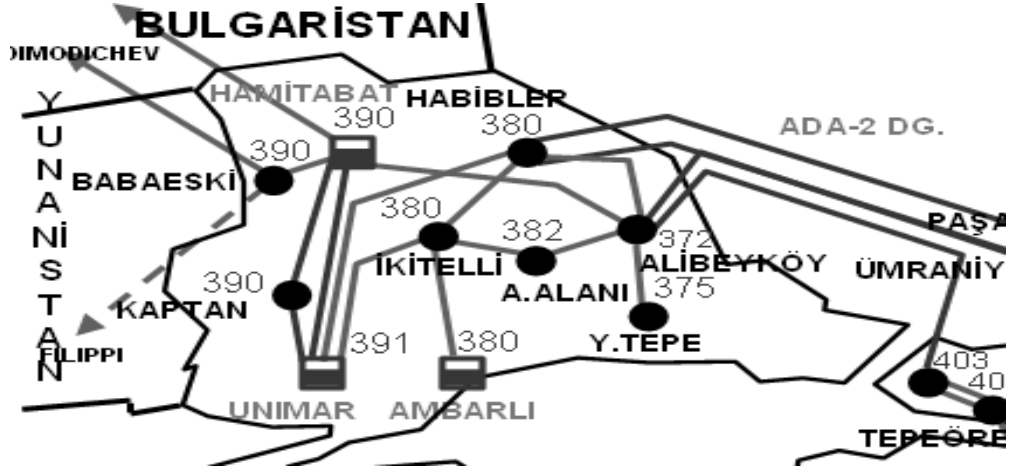
İşletme ve acil durum gerilim limitleri: Normal işletme şartlarında 380 kV gerilim seviyesindeki işletme limitleri 340-420 kV arasında, 154 kV gerilim seviyesindeki işletme limitleri ise 140-170 kV arasındadır. Yani limit değerler gerilim seviyesinin  $\pm 10\%$ 'u dur[23].

2006 yılı min. ve max. şebeke yüklerindeki bara gerilimleri: Gerçek işletme kayıtlarından alınan bilgilere göre;18/08/2006 Saat:14:30 Tarihli max yaz puantı 4378 MW tır. 27/12 /2006 tarihli max kış puantı 5073 MW'tır. 24/10/2006 tarihli minimum puant ise 1313 MW'tır [24]. Bu paragrafta verilen bilgiler ile eş zamanlı bara gerilimleri sırası ile Şekil 5.2, Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'te verilmiştir.

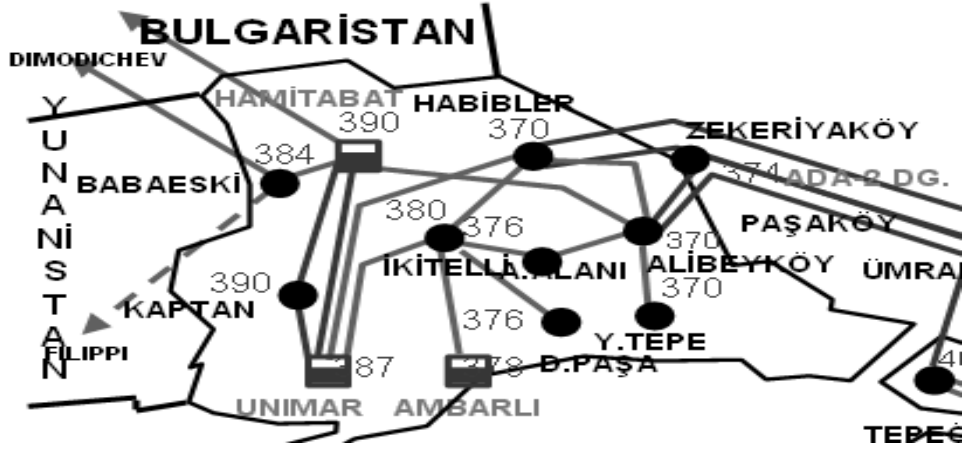
Şekil 5.4. teki grafikten de görüldüğü gibi minimum yükte tüketim üretimden az olduğu için veya tüketim az olduğu için yüksek gerilim problemi yaşanmaktadır. Bu sorun önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi paralel hatlardan birini açarak, generatör ikaz akımlarını düşürerek şönt kapasitörleri servis harici ederek giderilmeye çalışılmaktadır.



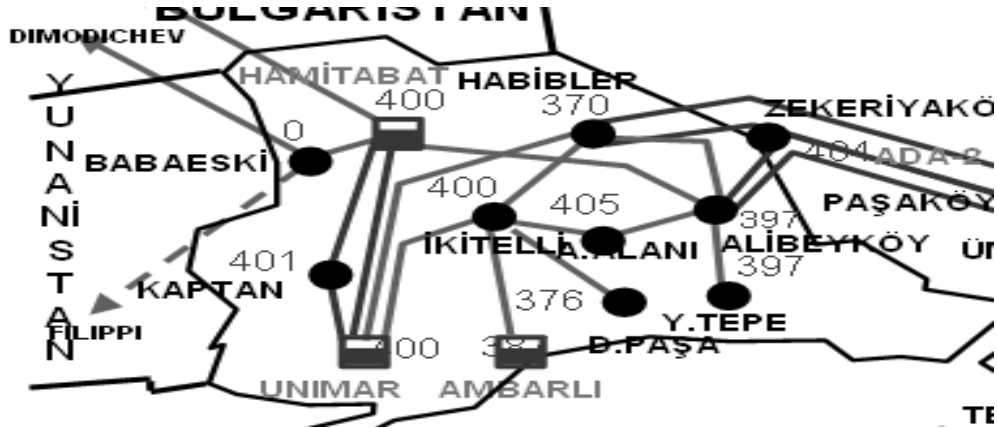
Şekil 5.1: Trakya Bölgesi İletim Haritası



Şekil 5.2: 18/08/2006 Tarihli max yaz puantındaki 380 kV baralardaki gerilim profilleri



Şekil 5.3: 27.12.2006 Tarihli max kış puantındaki 380 kV baralardaki gerilim profilleri



Şekil 5.4: 24.10.2006 tarihli minimum yükteki 380 kV baralarda gerilim profilleri

Üretim Tüketim Dengesi: 2006 yılının belli dönemlerine ait üretim ve tüketim eğrileri aşağıda Şekil5.5, Şekil5.6 ve Şekil5.7 de verilmiştir[10].

Sonuç olarak yukarıdaki grafiklerden de görüldüğü gibi yük akışı gece Trakya Bölgesinden diğer bölgeye doğru gündüz ise diğer bölgeden Trakya bölgesine doğru akmaktadır. Yaz ve kış puant yük saatlerinde grafiklerde de görüldüğü gibi bölge üretimi tüketimden (çok) düşük kalmakta diğer bölgeden yük alınmaktadır. Diğer bölgenin mesafe olarak uzak olması gerilimin düşmesine sebep olmaktadır. Bu durum gerilim düşüm problemleri meydana getirmektedir. Daha önceki bölümlerde anlatılan önlemlerin alınmasına rağmen gerilimin istenen seviyeye yükseltilemediği zamanlar seyrek te olsa yaşanmaktadır.

Kritik Hatlar: Sistem geçmesinde(black out) en kritik hatlar diğer bölge ile olan irtibat hatları ve kontrollü ada modunda çalışan alt bölgeler arasındaki irtibat hatlarıdır. Bu hatlar ise şunlardır:

İrtibat hatları:

380 kV Habibler-Ada D.G. ENH

380 kV Habibler-Paşaköy ENH

380 kV Alibeyköy-Paşaköy ENH

380 kV Alibeyköy-Ümraniye ENH

Ada bölgeleri arasındaki irtibat hatları:

154 kV Hamitabad-Babaeski ENH

154 kV Malkara-Tekirdağ ENH

154 kV Hadımköy-Ambarlı ENH

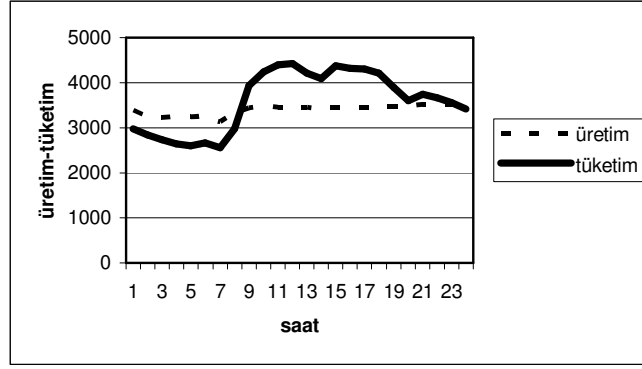
154 kV Hadımköy-Çorlu ENH

154 kV İkitelli-Büyükçekmece ENH

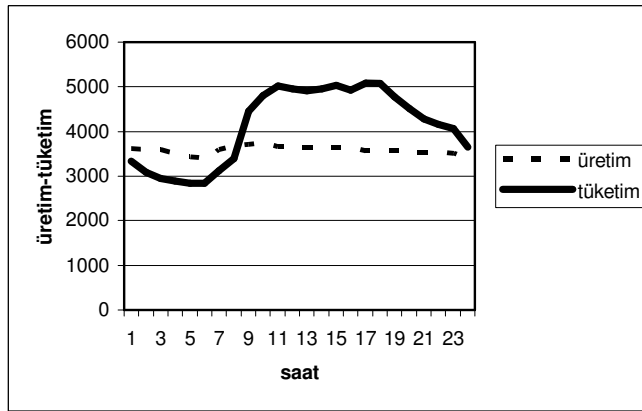
154kV İkitelli-Yıldıztepe ENH

154 kV Yıldıztepe-Atışalanı ENH

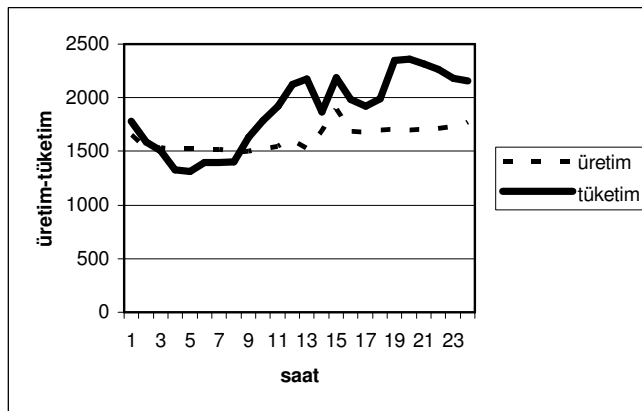
Özellikle şunu belirtmek gerekir ki 380 kV şebeke ana omurga halinde bir bütün olarak çalışmakta fakat sadece 154 kV alt şebeke ada bölgelere ayrılmaktadır.



Şekil 5.5: 18.08.2006 tarihli yılın max yaz puantında 24 saatlik MWh bazında üretim tüketim eğrisi



Şekil 5.6: 27.12.2006 tarihli yılın max kış puantında 24 saatlik MWh bazında üretim tüketim eğrisi



Şekil 5.7: 24.10.2006 tarihli yılın minimum tüketim olduğu günde 24 saatlik MWh bazında üretim tüketim eğrisi

#### Düşük Gerilim Anında Yapılan Uygulamalar:

Daha önce verilen temel bilgilere göre imkanlar dahilinde bölgede sistem çökmesine karşı uygulananlar aşağıda verilmiştir: (Bölgede reaktör mevcut değildir.)

1. Mevcut tüm şönt kapasitörler devreye alınır
2. Generatör ikaz akımları artırılır
3. Şayet aktif güç ihtiyacı yoksa boшта olan generatör grupları yüksek ikaz ile senkron kompanseör olarak devreye alınır.
4. Ototrafoların ve indirici trafoların kademeleri ile oynanır.

#### Yüksek Gerilim Anında Yapılan Uygulamalar:

1. Şönt kapasitörler servis harici edilir
2. Yük trafolarından ve ototrafolarından kademe ayarı yapılır
3. Jeneratör ikaz akımları düşürülür
4. Şayet mevcut ise generatör grupları düşük ikaz ile kapasitif olarak çalıştırılır.
5. Yüklenme durumuna göre uzun hatlar ve paralel hatlardan bir tanesi servis harici edilir.

Bölgedeki toplam kurulu şönt kapasitör gücü 314.5 MVAr dır.

Bölgedeki hatlar özellikle son yıllardaki yatırımlardan dolayı N-1 kriterini sağlayacak duruma gelmişlerdir

Sistem Çökmesi(Black Out), Elektrik üretim ve iletiminde sürekli durumda N-1 kriterini ve dinamik güvenlik kriterlerinin sağlanması gerekir. Özel durumlarda N-2 kriteri de sağlanır[ 26].

N-1 şartını sağlayan normal sistemlerde, sistem eski güvenilir haline dönmeden başka arızalar da meydana gelirse,planlama aşamasında dikkate alınmayan bu seyrek olaylar neticesinde büyük kesintiler olabilir ve bu durum sistemi çöküntüye(Black Out) götürebilir.

Sistem çökmesinin etkileri ve yarattığı sıkıntılar, endüstrileşme seviyesine oldukça bağlıdır ve ilgilenilen bölgenin elektrik enerjisi ihtiyacına göre de değişir [26].

Elde edilen sonuçlar; seri bağlı kompanzatörlerin reaktif güç kayıplarını azalttığı ve hattın transfer kapasitesini arttırdığı; paralel bağlı kompanzatörlerin bağlandıkları

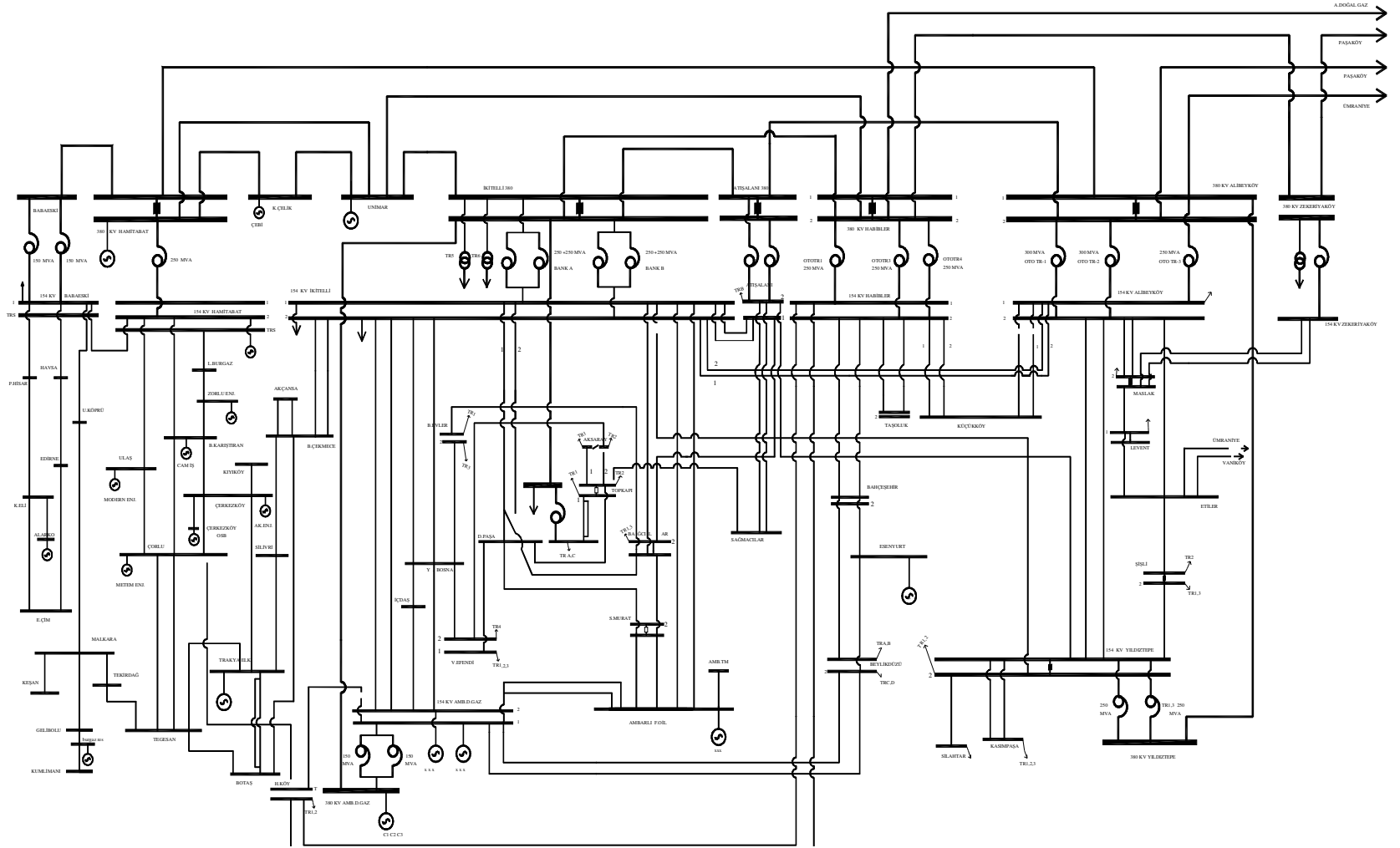
noktada reaktif güç desteği ile bara gerilimlerini istenilen değerde tuttuğu; tüm FACTS(Flexible AC transmission system) cihazlarının küçük işaret kararlılığında sistemi daha kararlı bir noktaya taşıdığı; salınımlı çalışmaya geçiş noktasında paralel bağlı kontrolörlerin seri bağlı kontrolörlere göre kararsızlık sınırını daha yukarıya taşıdığı; tüm FACTS cihazlarının gerilim çökmesine karşı sistemin en yüksek yüklenebilme noktasını daha üst bir noktaya çıkarttığı; yine paralel bağlı kompanzatörlerin seri bağlı kompanzatlörlere göre yüklenmeye daha fazla izin verdiği; sistemin hem salınımlı çalışmaya geçtiği hem de gerilim çöküntüsüne uğradığı noktaların, paralel ve seri bağlı kompanzatörlerin bir arada kullanılması durumunda tek başlarına kullanılmalarına göre yukarı doğru ötelendiği; şebekedeki hatlardan birinin devre dışı kalması durumunda bara gerilimleri, generatör rotor hızları ve rotor açıları meydana gelen salınımlı çalışma modunun FACTS(Flexible AC transmission system) cihazları ile bastırıldığı; üçüncü kuşak kontrolörlerin dinamik cevaplarının ikinci kuşak kontrolörlere göre daha hızlı olduğu ve salınım genliklerini yarı yarıya azalttığı yönündedir [26].

## **5.2 İNCELENECEK OLAN GERÇEK İLETİM ŞEBEKESİ**

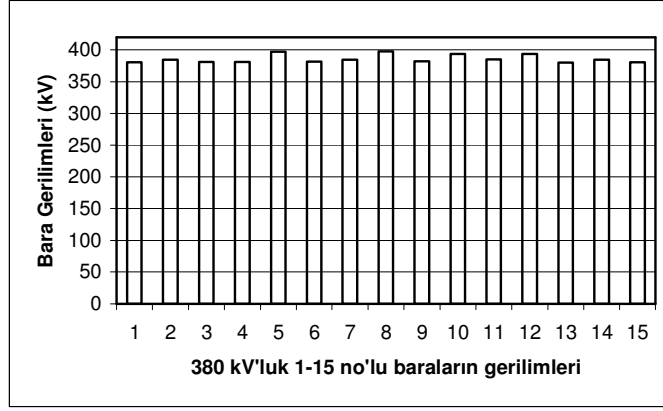
Bu tezde incelenen Trakya iletim sistemindeki 154 kV ve 380 kV hat isim listesi ve bu hatların karakteristik bilgileri EK A da verilmiştir. Söz konusu iletim sisteminin tek hat şeması ve ada bölgelerine ayrılmamış şekildeki gösterimi ise Şekil 5.8' de verilmiştir.

### **5.2.1 KONTROLLÜ ÇALIŞMA BÖLGELERİNE AYRILMAMIŞ İLETİM ŞEBEKESİNİN İNCELENMESİ**

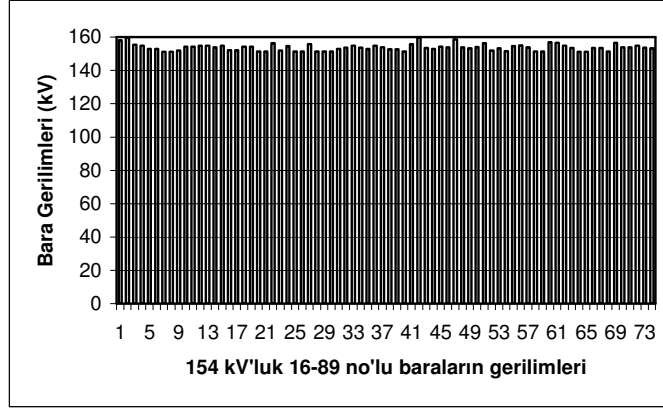
İletim hattı bu şekilde hiçbir çalışma bölgesine (ada) ayrılmadan sadece Ambarlı D.G. santralindeki generatör grupların çokluğundan dolayı bara kısadevre gücünün yükseleceği endişesiyle bu santraldeki kuplaj kesici açık fakat sistemdeki diğer tüm kuplaj kesicilerinin kapalı olduğu kabul edilerek PSAT programı ve PSS/E programı ayrı ayrı incelenmiştir. 08.11.2007 günü saat 18:00 deki Trakya İletim sistemine ait toplamda 4708 MW'lık yük bilgileri programa girilerek yapılan yük akış analizi sonucu elde edilen bara gerilim bilgileri EkB TabloB.1'de, bara gerilim grafikleri Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'da, bara gerilim hat yük akışları ve hat kayıpları TabloB.2' de, bara gerilimlerinin baz değerlerinden sapma miktarları TabloB.3'de, özet değerlendirme ise Tablo 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.8: Trakya Bölgesi İletim Sistemi



**Şekil 5.9:** Tüm Trakya İletim Sistemi Ada Bölgelerine Ayrılmadan Önce Yapılan Yük Akışında 380 kV Bara Gerilim Grafiği



**Şekil 5.10:** Trakya İletim Sistemi Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılmadan Önce Yapılan Yük Akışında 154 kV Bara Gerilim Grafiği

**Tablo 5.1:** Tüm Trakya İletim Sistemi Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılmadan Önce Yapılan Yük Akışında Özet Durum

Özet		
Kayıp Miktarı ve Yüzdesi	37 MW	%0,78
Ortalama Bara Gerilimi	386 kV	154 kV
Bara Gerilim Sapma ortalaması	6 kV	0 kV
Limit aşımı	Yok	

Değerlendirme:

Sistem aşırı akım ayarları ve limit değerleri göz önüne alınarak yapılan değerlendirmeye göre bu durumda aşırı akıma giren bir hat ve gerilim seviyesi limitlerin dışına çıkan bir baranın olmadığı görülmektedir. Kayıpların da %1'in altında kaldığı görülmektedir.

## 5.2.2 SENARYO 1

Bu bölümde ve sonraki bölümlerde bölüm 5.2.1’de anlatılan ve Şekil 5.8’de şeması verilen tüm şebekede bazı kesicileri açarak farklı ada bölgeleri uygulamaları yapılarak sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılacak ve en uygun ada bölgeleri araştırılacaktır. Buna göre bu Senaryo1’de

\*AmbarlıB1 ve AmbarlıB2 baraları arasındaki kuplaj açık

\*İkitelli T.M. 154 kV kuplaj açık

\*154 kV AmbarlıB1-Hadımköy E.N.H. devre harici

\* 154 kV Davutpaşa T.M. deki kuplaj açık ve Davutpaşa T.M. trafolarının yükü ile Topkapı 1-2 E.N.H’ları Bara1 de diğer fiderler Bara2 ye bağlı

\* Topkapı T.M. de kuplaj açık ve TR1 ve Aksaray1 fideri ve Davutpaşa kablo fideri Bara1 de diğer fiderler Bara2’de

\* 154 kV Topkapı-Aksaray2 E.N.K. devre harici

\*154 kV Topkapı-Sağmalcılar kablosu devre harici

\*154 kV İkitelli-B.Çekmece1-2 E.N.H. ları devre harici

\* Beylikdüzü T.M. de kuplaj açık ve TRC ve TRD ile Ambarlı D.G. 1, 2 fiderleri Bara2 de diğer fiderler Bara1’de

\*Bahçelievler’de Yenibosna fideri ve TR3 Bara2’de diğer fiderler Bara1 de ve kuplaj açık

\* Veliefendi T.M. de Davutpaşa fideri ve TR1,2 ve 3 Bara1’de ve kuplaj açık diğer fiderler Bara2’de

\*Atışalanı T.M. de İkitelli1,2 fiderleri ve Bağcılar fideri Bara1’de diğer fiderler Bara2’de,kuplaj açık

\*Alibeyköy T.M. de İkitelli1,2 fiderleri, ototrafo3 ve TrB Bara1’de,kuplaj açık

\*154 kV Alibeyköy-Küçükköy E.N.H. devre harici

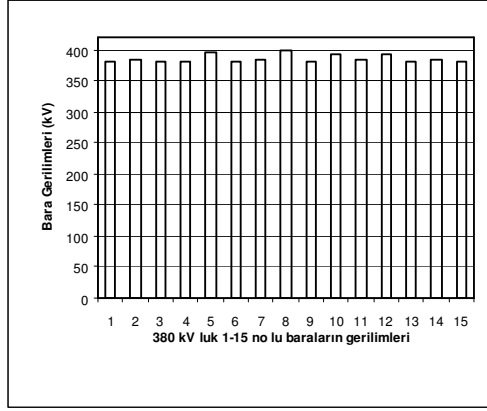
\*154 kV İkitelli-Yıldıztepe E.N.H. devre harici

Ana iletim sistemi yukarıdaki değişiklikler yapılarak aynı yük koşulları altında kontrollü çalışma bölgelerine ayrılmış ve PSAT ve PSSE programı koşturulmuştur. Bu senaryoya ilişkin oluşturulan ada bölgeleri ve açılan hatlar noktalı çizgi şeklinde Şekil 5.11’da gösterilmiştir.

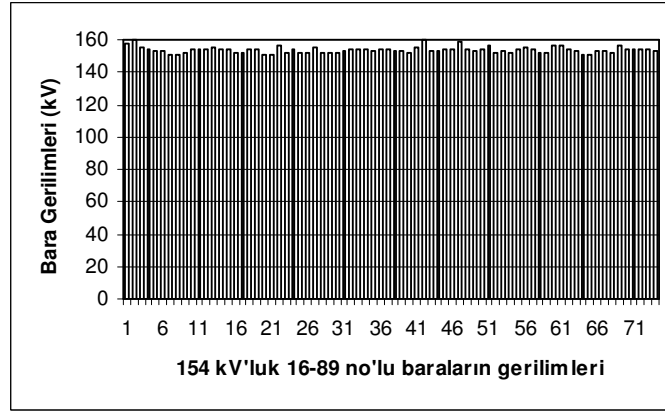
08.11.2007 günü saat 18:00 deki Trakya İletim sistemine ait yük bilgileri söz konusu programa girilerek senaryo1’e göre bağlantılarda yapılan değişiklikler sonrası yük

akış analizi yapılmış ve elde edilen bara gerilim bilgileri Tablo B.4'de, tüm baralardaki gerilimleri gösteren bara gerilim grafikleri Şekil 5.12 ve Şekil 5.13'de, hat yük akışları ve hat kayıpları sonuçları Tablo B.5' de, ve bara gerilimlerinin baz değerlerinden sapma miktarlarını gösteren bilgiler Tablo B.6'da verilmiştir. Özet değerlendirme işe Tablo 5.2'de verilmiştir.





**Şekil 5.12 :** Senaryo1'e Göre Kontrollü Ada Bölgelerine Ayrılan Sistemin 380 kV Bara Gerilim Grafiği



**Şekil 5.13 :** Senaryo1'e Göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılan Sistemin 154 kV Bara Gerilim Grafiği

**Tablo 5.2:** Trakya İletim Sisteminin Senaryo1'e göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrıldıktan Sonra Yük Akışında Özet Durum

Özet	MW	
Kayıplar(yüzdesi)	38 MW	%0,80
Ortalama Bara Gerilimi	386 kV	150 kV
Bara Gerilim Sapma Ortalaması	6 kV	0 kV
Limit aşımı	Yok	

Değerlendirme: Bu senaryoda 154 kV Davutpaşa T-Davutpaşa2 bağlantı hattı aşırı yüklenmektedir, aşırı yüklenme miktarı yüksek gerilim teçhizatları için kabul edilebilir değer olan %20 aşırı yüklenme sınırından azdır. Kayıp değerinin %1'in altında olduğu ayrıca tüm baraların kısa devre güçlerinde ortalama %22 azalma olduğu görülmüştür. Sadece Trakya bölgesi dataları ile çalışıldığı için kısa devre

güçleri rakamsal olarak tek başına yorum imkanı vermeyeceğinden senaryolar için elde edilen sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

### 5.2.3 SENARYO 2

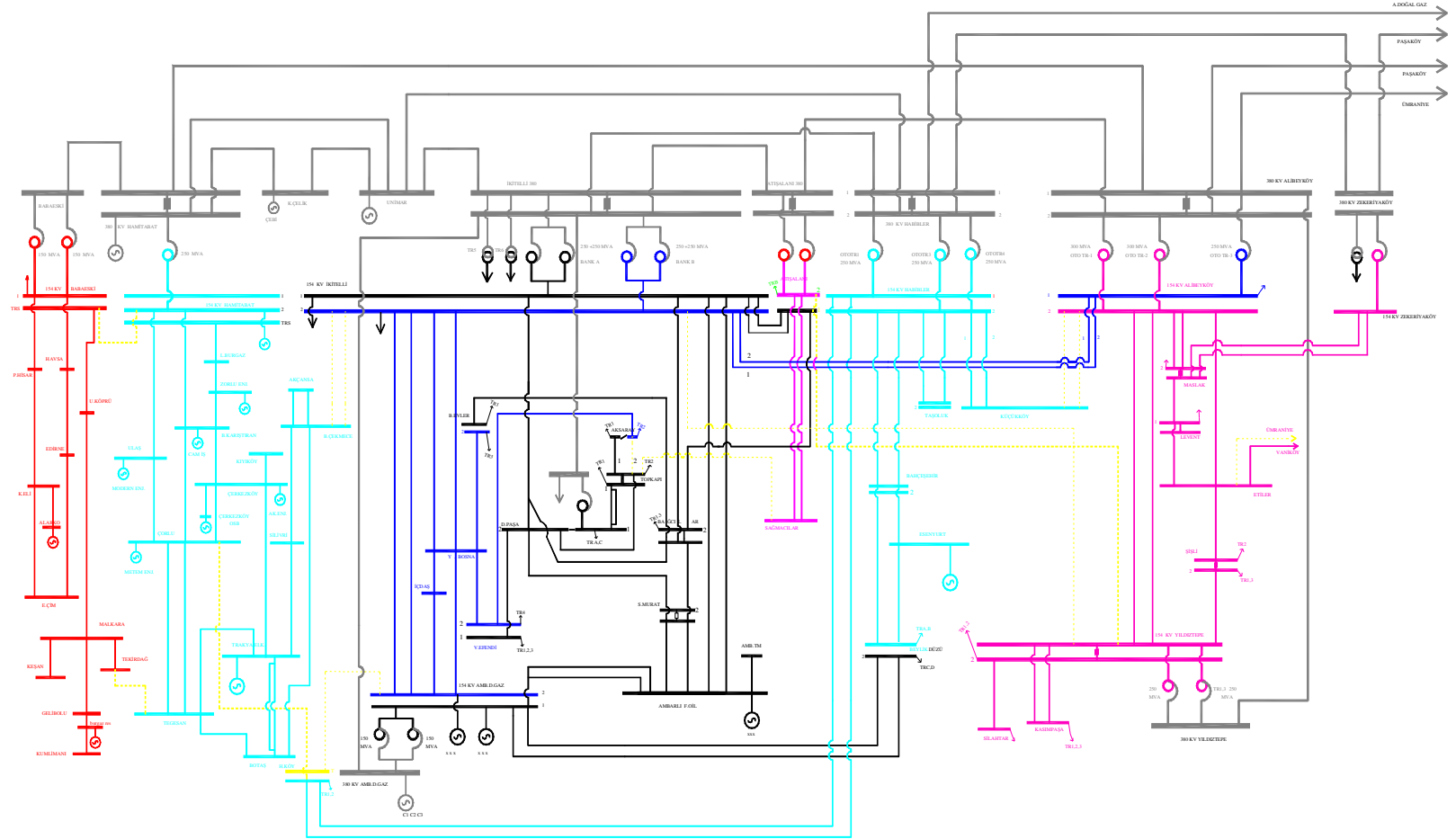
Bu senaryoda

- \* AmbarlıB1-AmbarlıB2 arasındaki kuplaj açık
- \* 154 kV AmbarlıB1-Hadımköy E.N.H. devre harici
- \* 154 kV Davutpaşa T.M. deki kuplaj kapalı
- \* Topkapı T.M. de kuplaj kapalı
- \* 154 kV Topkapı-Aksaray2 E.N.K. devre harici
- \* 154 kV Topkapı-Sağmalcılar kablosu devre harici
- \* 154 kV İkitelli-B.Çekmece1-2 E.N.H. ları devre harici
- \* Beylikdüzü T.M. de kuplaj açık ve TRC ve TRD ile Ambarlı D.G. 1, 2 fiderleri Bara2 de diğer fiderler Bara1’de
- \* Bahçelievler’de Yenibosna fideri ve TR3 Bara2’de diğer fiderler Bara1 de ve kuplaj açık
- \* Atışalanı T.M. de İkitelli1,2 fiderleri ve Bağcılar fideri Bara1’de diğer fiderler Bara2’de,kuplaj açık
- \* Alibeyköy T.M. de İkitelli1,2 fiderleri, ototrafo3 ve TrB Bara1’de,kuplaj açık
- \* 154 kV Alibeyköy-Küçükköy E.N.H. devre harici
- \* 154 kV İkitelli-Yıldıztepe E.N.H. devre harici
- \* 154 kV Hadımköy-Çorlu E.N.H. devre harici
- \* 154 kV Tekirdağ-Tegesan E.N.H. devre harici
- \* 154 kV Atışalanı-Yıldıztepe E.N.H. devre harici
- \* 154 kV Babaeski-Hamitabad E.N.H. devre harici

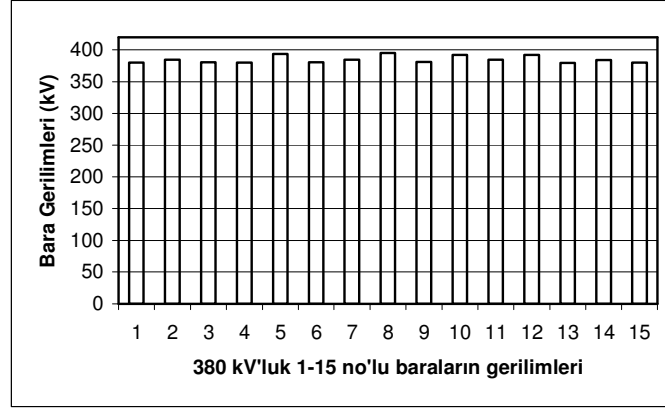
Ana iletim sistemi yukarıdaki değişiklikler yapılarak aynı yük koşulları altında bu sefer daha fazla kontrollü çalışma bölgeleri (ada) oluşturulmuş ve PSAT ve PSSE programı koşturulmuştur.

Bu senaryoya ilişkin oluşturulan ada bölgeleri ve açılan hatlar noktalı çizgi şeklinde Şekil 5.14’de gösterilmiştir.

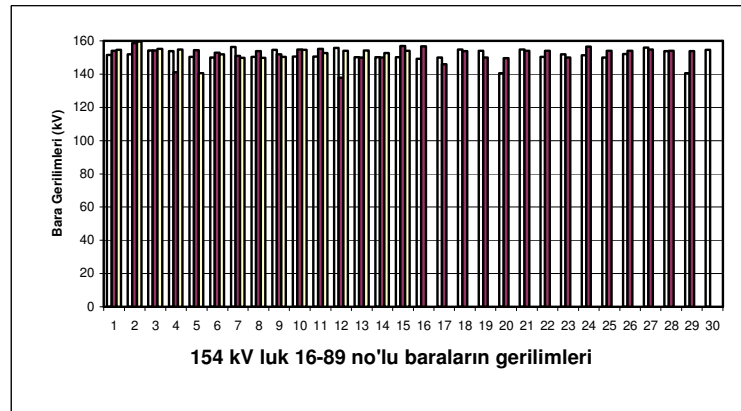
08.11.2007 günü saat 18:00 deki Trakya İletim sistemine ait yük bilgileri bu sefer senaryo2’ye uygun olarak programa girilerek yapılan yük akış analizi sonucu elde edilen bara gerilim bilgileri Tablo B.7’de, bara gerilim grafikleri Şekil 5.15 ve Şekil 5.16’da, hat yük akışları ve hat kayıpları sonuçları Tablo B.18’de, tüm baralardaki gerilimlerin baz değerlerinden sapma miktarları Tablo B.9’da ve özet değerlendirme ise Tablo 5.3’de verilmiştir.



**Şekil 5.14 : Senaryo2'ye Göre Oluşturulan Kontrollü Çalışma Bölgeleri**



**Şekil 5.15 :** Senaryo2'ye Göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılan Sistemin 380 kV Bara Gerilim Grafiği



**Şekil 5.16 :** Senaryo2'ye Göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılan Sistemin 154 kV Bara Gerilim Grafiği

**Tablo 5.3:** Trakya İletim Sisteminin Senaryo2'ye Göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrıldıktan Sonra Yük Akışında Özet Durum

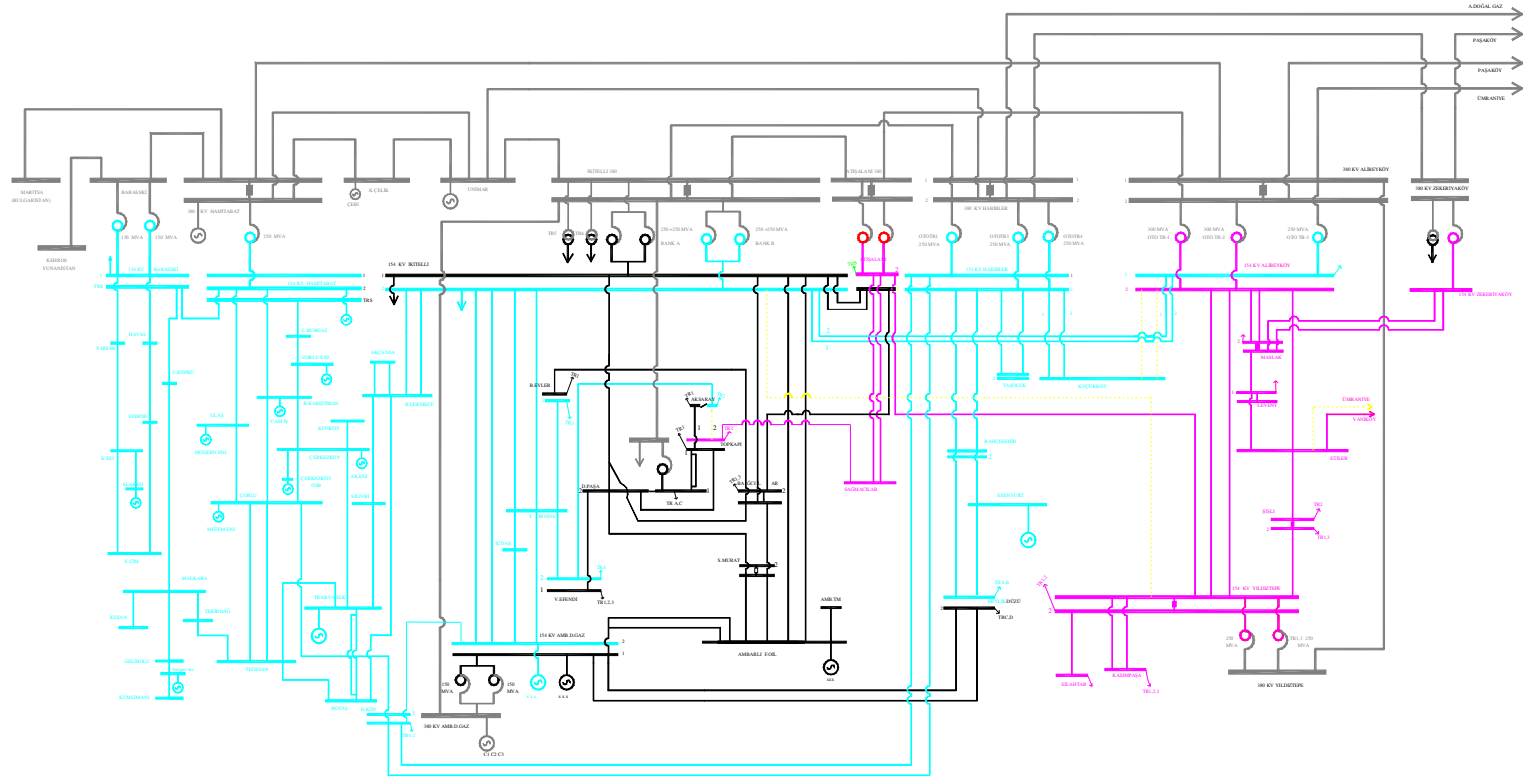
Özet		
Kayıplar (yüzde)	38 MW	%0,79
Ortalama Bara Gerilimi	385 kV	152 kV
Bara Gerilim Sapma Ortalaması	5 kV	-2 kV
Limit aşımı	Yok	

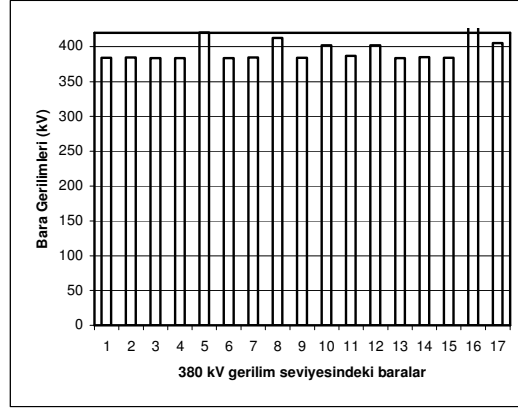
Değerlendirme: Bu senaryoda özellikle bağlantı hatlarının bir önceki senaryoya göre daha az yüklendiği görülmüştür. Ayrıca bara kısa devre güçlerinin ilk senaryoya göre %24 azaldığı ve hat kayıplarının da %1'in altında kaldığı görülmüştür.

### 5.2.4 SENARYO 3

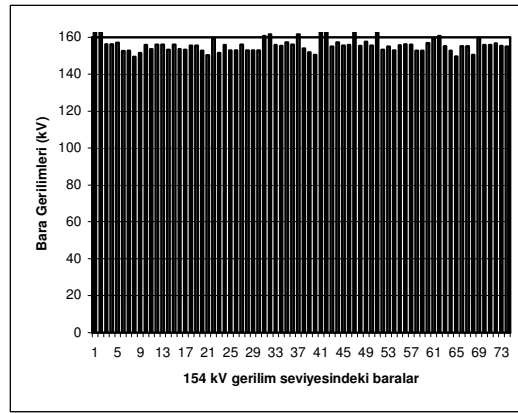
Bu senaryoda Trakya iletim sisteminin gelecekte gerçekleştirilecek 145 km lik 2Rx954 MCM kesitli 380 kV Hamitabad-Maritsa(Bulgaristan) E.N.H. ve 261 km lik 3Cx954 MCM kesitli 380 kV lik Babaeski-Kehros(Yunanistan) E.N.H. ları üzerinden iki adet sınırötesi bağlantı hatlarıyla Avrupa birleşik iletim şebekesi olan UCTE'ye bağlantısı incelenmiştir. Bu bağlantı anında Bulgaristandaki Maritsu barasının toplamda 200 MW/100 MVAr güç talebi ve Yunanistandaki Kehros barasının da 150MW/50 MVAr güç talebi olduğu varsayılmış ve Türkiye sistemi ise Senaryo1 deki şekliyle aynı kalmıştır. Fakat kısa devre hesaplamaları açısından tüm Avrupa sisteminin bilgileri mevcut olmadığından dolayı iki bara Avrupa şebekesinden izole olarak düşünülmüştür. Bunun sonucu olarak mevcut iletim sistemi datalarına Bulgaristan(Maritsa) ve Yunanistan(Kehros) isimli baralar eklenerek programlar çalıştırılmıştır. Bu senaryoya ilişkin oluşturulan iletim sistemi Şekil 5.17'de gösterilmiştir.

08.11.2007 günü saat 18:00 deki Trakya İletim sistemine ait yük bilgileri söz konusu programa Senaryo3'e göre girilerek yapılan yük akış analizi sonucu elde edilen bara gerilim bilgileri Tablo B.10'da, bara gerilim grafikleri Şekil 5.18 ve Şekil 5.19'da, hat yük akışları sonucu Tablo B.11'de, özet değerlendirme Tablo 5.4'de ve tüm baralardaki gerilimlerin baz değerlerinden sapma miktarları ise Tablo B.12'de verilmiştir.





**Şekil 5.18 :** Senaryo3'e Göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılan Sistemin 380 kV Bara Gerilim Grafiği



**Şekil 5.19 :** Senaryo3'e Göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılan Sistemin 154 kV Bara Gerilim Grafiği

**Tablo 5.4:** Trakya İletim Sisteminin Senaryo3'e göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrıldıktan Sonra Yük Akışında Özet Durum

Özet		
Kayıplar	42 MW	% 0,83
Ortalama Bara Gerilimi(kV)	396 kV	156 kV
Baz Gerilimden Sapma Miktarı(kV)	16 kV	2 kV
Limit aşımı	Var*	

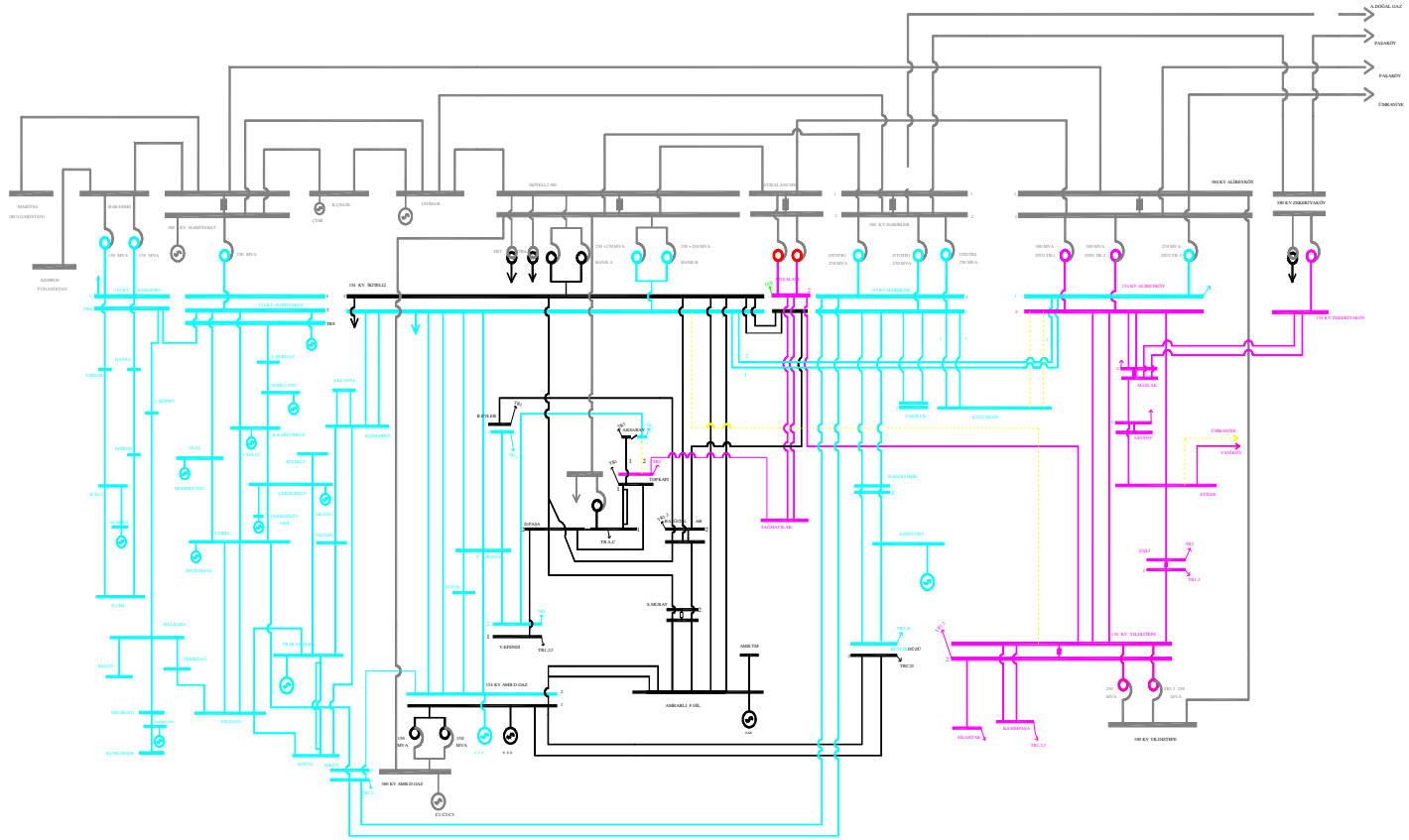
Değerlendirme: 16 no'lu 380 kV Kehros barasında gerilim değerinin %20 limit değerinin üzerine çıktığı görülmüştür. Söz konusu bara Türkiye'nin Avrupa şebekesine bağlantı noktasıdır. Şayet baradaki Avrupa şebekesine doğru diğer bağlantılarının da analize katıldığı durumda bu olumsuzluğun ortadan kalkma ihtimali vardır. Ayrıca hat kayıplarının %1'in altında yüklendiği görülmüştür. Avrupa şebeke bilgileri mevcut olmadığından dolayı, bu senaryoya sonradan eklenen

iki adet hattın hesaplara fazla etkisi olmayacağı düşünülerek bu senaryonun kısa devre etüdü yapılmamıştır. Sonuçlar bir önceki senaryoya yakın düşünülebilir.

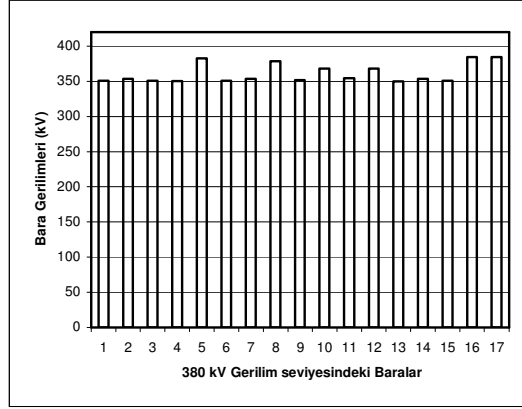
#### **5.2.5. SENARYO 4**

Bu senaryoda bir önceki senaryoya yakın bir senaryo düşünülerek uygulamaya konulmuş ve olumlu sonuç alınmıştır. Buna göre mevcut iletim sistemine ait 3. senaryodaki ada sistemine hiç dokunulmamış fakat boğaz atlama hatlarından sadece Habibler-Ada D.G. hattı servis harici edilerek buradan gelecek bir katkı ortadan kaldırılmış bunun yerine Yunanistan ve Bulgaristan baraları gevşek bara olarak seçilmiş ve diğer iki boğaz atlama hatlarından önceki senaryolarda olduğu gibi sabit güç katkısı olduğu kabul edilmiştir. Bu senaryoya ilişkin oluşturulan iletim sistemi Şekil 5.20’da gösterilmiştir.

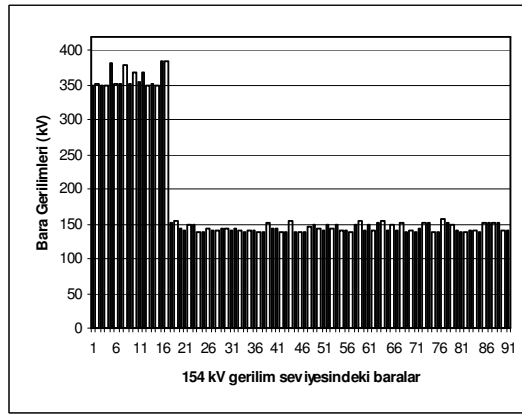
Tablo B.13’de bara gerilim değerleri, Tablo B.14’de yük akış değerleri, Tablo B.15’de ise bara gerilimlerinin baz değerlerinden sapma miktarları verilmiştir. Tablo 5.5’de özet değerler, tüm baraları içeren bara-gerilim grafikleri ise Şekil 5.21 ve Şekil5.22’da verilmiştir.



Şekil 5.20 : Senaryo4'e Göre Oluşturulan Kontrollü Çalışma Bölgeleri



**Şekil 5.21 :** Senaryo4'e Göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılan Sistemin 380 kV Bara Gerilim Grafiği



**Şekil 5.22 :** Trakya İletim Sisteminin Senaryo4'e göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrıldıktan Sonra Yük Akışında Özet Durum

**Tablo 5.5:** Trakya İletim Sisteminin Senaryo4'e göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrıldıktan Sonra Yük Akışında Özet Durum

	MW	
Kayıplar	60 MW	% 1,26
Ortalama Bara Gerilimi	361 kV	142 kV
Baz Gerilimden Sapma Ortalaması	-19 kV	-10 kV
Limit aşımı	yok	yok

Değerlendirme:

Tablo 5.5 değerlendirildiğinde Kayıpların %1-2 arasında olduğu ve ortalama gerilimlerin düşük olduğu görülmektedir. Bu nedenle mevcut boğaz atlama hatlarından daha fazla destek alınması gerekmektedir.

### **5.2.6. SENARYO 5**

Bu senaryoda Trakya iletim sisteminin boğaz geçiş hatlarının bağlantılarının açıldığı sadece Bulgaristan ve Yunanistan üzerinden Avrupa şebekesine bağlandığı kabul edilerek Kehros(Yunanistan) barası gevşek bara olarak seçilmiştir. Diğer kontrollü ada bölgeleri ise aynı kalmıştır. Fakat işlemlerde yakınsama sağlanamamıştır.

### **5.2.7. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Bu bölümde daha önceki bölümlerde verilen 5 adet senaryoların karşılıklı değerlendirmeleri verilmiştir. 5. Senaryoda zaten yakınsama olmadığı için rakamları değerlendirmeye alınmamıştır

**Tablo 5.6:** Baralar Açısından Özet Değerlendirme Tablosu

	Tüm sistem	1. senaryo	2. senaryo	3. senaryo	4. senaryo
P kayıp(MW)	37(%0,0078)	38(%0,0080)	38(%0,0080)	42(0,0083)	60(0,0126))
Ortalama Bara Gerilimi (kV)	386,154	386,150	385,152	396,156	361,142
Baz değerden sapma ortalaması(380kV için, 154 kV için)	6,0	6,0	5,-2	16,2	-19,-10
Limit aşımı	yok	yok	yok	Var*	yok

**Tablo 5.7:** Tüm Senaryolardaki Bara Kısa Devre Ortalamalarının Karşılaştırılması

		azalış yüzdesi		azalış yüzdesi	
Bütün bölge		senaryo 1		senaryo 2=3=4	
		tek faz	üç faz	tek faz	üç faz
üç faz	tek faz	değişim	değişim	değişim	değişim
100%	100%	22%	21%	24%	23%

Tablo 5.6 yı değerlendirdiğimizde sistem bir bütün olarak ada bölgesine ayrılmadan çalıştırıldığında kayıplar, hat yüklenmeleri ve gerilim değerlerinin diğer ada bölgelerine göre en ideal olduğu görülmektedir. Fakat herhangi bir hat arızası durumunda arızaların katlı şekilde artarak nihayetinde tüm sistemin çökme ihtimali oldukça yüksektir. Bu nedenle diğer 4 senaryoyu kendi içerinde değerlendirecek olursak, 3. senaryodaki reaktif kayıpların fazla olduğu görülmektedir. Uzun Yunanistan bağlantı hattı nedeniyle meydana gelen bu durumun Yunanistan'daki Kehros barasının geriliminin yükseltmiştir. Fakat bu senaryoda söz konusu baranın sadece Türkiye bağlantısı olduğu varsayılmıştır oysa Kehros barasının diğer bağlantılarının sağlandığı tüm Avrupa şebekesi göz önüne alınırsa bu durumun düzelmesi aşıkar olacaktır. Olaylara başta anlatılan kararlılık açısından baktığımızda ise yine bu 3. senaryodaki reaktif kayıpların eksi yönde yüksek olması özellikle 380 kV bara ve hat gerilimlerini yükseltmiş ve daha güçlü daha kararlı bir şebeke oluşmasını sağlamıştır. Aktif kayıpların diğer iki senaryoya göre 4 MW fazla olması daha güçlü ve bu büyüklükteki bir şebeke için gözardı edilebilir. Bara kısa devre zet değerlendirmesi ise Tablo 5.7'de verilmiştir. Senaryo 2,3 ve 4 bağlantı olarak birbirine yakın oldukları için kısa devre sonuçlarını eşit kabul edilmiştir. Buna göre önceki değerlendirmelerde ne çıkan 3 numaralı senaryonun uygunluğu kısa devre açısından da sağlanmaktadır.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Enterkonnekte sistem bir ülkenin coğrafi koşullarının zorunlu duruma getirdiği doğal büyük enerji kaynakları ile o ülkenin büyük tüketim bölgelerini birleştirerek üretici ve tüketici merkezler arasında elektrik enerjisini en az kayıpla, en güvenilir ve ekonomik olarak iletmektir. Günümüzde Avrupa’da bir çok ülke, iletim şebekelerini ve rezervlerini birleştirerek daha büyük güçlü bir elektrik şebekesine ve elektrik piyasasına ulaşarak elektrik enerjisine daha verimli, kaliteli ve ekonomik bir şekilde ulaşmaya çalışmaktadır. Bu çalışmalar doğrultusunda Türkiye iletim sisteminin de UCTE olarak adlandırılan bu “Avrupa İletim Koordinasyon Birliği”ne katılım çalışmaları sürmektedir.

Elektrik enerji iletim sisteminin, çeşitli amaçlar doğrultusunda, uygun hatların açılarak üretim ve yük dengesi altında çalıştırılmasına kontrollü çalışma bölgeleri uygulaması olarak adlandırılır. Generatörlerin senkron çalışmasının kaybolmasına yol açabilecek (kararlılık problemi oluşabilecek) arızalar meydana geldiği durumlarda, acil durum manevraları ile elektrik iletim sisteminin bir bütün halinde işletilmesi sağlanamayabilir ve sistem yaygın büyük ölçekli bir kesinti yaşayabilir. Fakat sistemin kontrollü bölümler halinde çalıştırılması, sorunun sistem geneline yayılarak, büyük çaplı bir kesintiye dönüşmesini engelleyebilir. Bu nedenle elektrik enerji sistemleri ihtiyaç duyulduğunda (yaratacağı kesinti yayılma eğiliminde olan büyük arıza meydana gelmesi gibi) seçilmiş uygun hatlar açılarak enterkonnekte durumdan kontrollü çalışma bölgesi durumuna çok kısa sürede geçilmesi ile sistem üzerindeki büyük ölçekli kesinti engellenebilir. Elektrik sisteminin bölgelere ayrılmasında, bölgelerdeki üretim (bölgedeki üretim değeri ve bölgeye olan enerji akışı) ve tüketim dengesinin sağlanmasının yanı sıra, sistemde yer alan hatların aşırı yüklenmemesi ve gerilim değerlerinin de sınırlar içinde kalması dikkate alınmalıdır.

Güç iletim sistemleri ekonomik nedenlerden dolayı giderek artan bir baskı altındadırlar. Bu sistemler işletme limitlerine yakın değerlerde çalıştırıldıkları için zayıf bağlar, beklenmeyen olaylar, koruma sistemlerindeki görünmeyen arızalar, insan hataları ve diğer faktörler sistemin kararlılığını kaybederek çökmesine sebep

olabilirler. Bu nedenle sistemli çalışma ve kapsamlı bir sistem kontrol stratejisi belirleme ihtiyacı önem kazanmıştır.

Bir iletim sisteminin kontrollü çalışma bölgelerine ayrılarak işletilmesinin incelenmesinin hedeflendiği bu tez çalışmasında, Türkiye'nin Trakya bölgesine ait iletim sistemi tanımlanarak mevcut uygulanan ve gelecekte uygulanabilecek kontrollü çalışma bölgelerine ait beş adet senaryo üretilerek bu senaryolar karşılaştırılmış ve sonuçlar irdelenmiştir. Ülkemizin katılım çalışmalarının sürmekte olduğu UCTE olarak adlandırılan bu "Avrupa İletim Koordinasyon Birliği" ile birlikte çalışma da dikkate alındığında, özellikle Trakya bölgesinde uygulanmakta olan sistemin sürekli kontrollü ada çalışma bölgeleri halinde işletilmesi durumunun incelenmesini daha da önemli kılmaktadır. İşletme şekli 154 kV gerilim seviyesinde bölgelerin oluşturulması ve bu bölgelerin temel olarak 380 kV/154 kV oto trafolar dikkate alınarak tasarlanması şeklinde olan Trakya bölgesindeki uygulama açısından sürekli çalışma durumu için uygun bölgelerin belirlenmesi önemlidir. Bölgeler belirlenirken üretim-tüketim dengesi ve sistemin sınırlar içinde çalıştırılması (hatların aşırı yüklenmemesi ve gerilimlerin sınırlar içinde kalması) yanı sıra sistemin güvenilirlik durumu, arıza ve kararlılık açısından da değerlendirilmesi uygun olacaktır.

Tez çalışmasında bağlantı hatlarının durumları değiştirilerek çeşitli alternatif kontrollü çalışma bölgesi işletme durumları oluşturulmuş (senaryolar), ve elde edilen sonuçlar sistemin bir bütün halinde (kontrollü çalışma bölgesi oluşturulmaksızın) işletilmesi durumu için, aktif kayıplar, reaktif kayıplar, bara gerilimleri ve hatların yüklenme durumları açısından irdelenmiştir. İncelemeler TEİAŞ tarafından sağlanan sistem verileri ve Matlab ortamında PSAT ve PSSE programı çalıştırılarak gerçekleştirilmiştir.

İnceleme sonuçlarına göre, sistem aşırı akım ayarları ve limit değerleri göz önüne alındığında sistemin bir bütün halinde adalara ayrılmadan çalıştırıldığı durumda, aşırı yüklenen bir hattın ve gerilim seviyesi sınırların dışına çıkan bir baranın olmadığı görülmektedir. Sistem bir bütün olarak ada bölgesine ayrılmadan çalıştırıldığında kayıplar, hat yüklenmeleri ve gerilim değerlerinin diğer ada çalışma senaryolarına göre daha iyi olduğu görülmektedir. Buna karşın sistemde aynı anda meydana gelecek bozucu etkiler sonrası bir veya daha fazla hat yada üretim merkezinin devreden çıkması, sistemde yaygın genel yaygın bir kesintiye (blackout) yol açabilir.

Ada çalışma durumlarına (kontrollü çalışma bölgeleri halinde sistemin işletilmesi) ilişkin göz önüne alınan senaryolara ilişkin sonuçlara göre, 5. Senaryoda yakınsama elde edilememiştir. Sonuçlar açısından 3. Senaryo göz önüne alınan yüklenme durumu açısından uygun olan senaryo olarak öne çıkmaktadır. Bu senaryodaki aktif kayıpların diğer durumlara göre daha fazla olmasına karşın, bara gerilimleri seviyesinin daha uygun olduğu gözükmektedir.

Yunanistan bağlantısının dikkate alındığı senaryo durumunda, Yunanistan'daki Kehros barasının geriliminin yüksek olduğu izlenmesine karşın, bu senaryoda söz konusu baranın sadece Türkiye bağlantısı olduğu varsayıldığından, Kehros barasının diğer bağlantılarının da dikkate alındığı tüm Avrupa şebekesi göz önüne alınırsa, bu durumun değişeceği açıktır.

İncelemeler, yük akışı sonuçlarına dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. İncelemelerin uygun çalışma bölgelerinin araştırılmasında, kararlılık açısından genişletilmesi ve uygun ada bağlantı durumunun belirlenmesinin akıllı yöntemlere dayalı olarak yapılması ileriye dönük araştırma konuları olarak verilebilir.

## KAYNAKLAR

- [1] **Natarajan, Ramasamy**, 2002, Computer-Aided Powersystem Analysis, Ramasamy ,Newyork
- [2] **Leon-Garcia, Alberto**,1989, Bibliograpy; Probability and Random Process for Electrical Engineering , University of Toronto
- [3] **By J. C. Das**, 2002, Power System Analysis: Short-Circuit Load Flow and Harmonics, Newyork, Marcel Dekker,
- [4] **Grigsby, L. Leonard and Hanson, P. Andrew**, 2007,Electric Power Engineering Handbook,Auburn University, PowerComm Engineering, Taylor & Francis Group
- [5] **Agematsu,S.,Imai,S.,Tsukui,R.,Watanabe,H., Nakamura,T.,Matsushima,T.**, Tarih.Development in power System Protection, Conference publication No.479,IEE 2001
- [6] **Tsai,Men-Shen**,2000,Associate Professor, Chinese Culture Taiwan,IEEE, University, sunumu
- [7] **Sarmiento, G.Hector; Castellanos; Rafael,Pampin; Gabriela, Tovar; Carlos,Naude**, 2003, Power Engineering Society General Meeting, Volume 2, IEEE
- [8] **Mircea, F.Ion; Mischie,M. Sabin; ve Mircea,I. Paul-Mihai** ,2005, Analysis of Islanding Possibilities in Romanian Transmission Power System,sayfa 1537,1540,IEEE
- [9] **Sun, Kai; Zheng, Da-Zhong; and Lu Qiang** ,2005, IEEE Transactions On Power systems, Vol. 20, No. 1,IEEE
- [10] **TEİAŞ**(Türkiye Elektrik İletim A.Ş.) 2006 yılı faaliyet raporu ,Ankara, Türkiye
- [11] **Gubernalı,Adriano**,2003 Defence plan Against Major Disturbance of The Vast Interconnected Power Systems a Case Study for integration of the Power System of Turkey in the Ucte System, Doctor Thesis on Power System Analysis, Supervising professor: Prof. Dr. Francesco Iliceto
- [12] **Grigsby, L. Leonard, Farmer, Richard G.,and Kundur, Prabha**, “Electric Power Engineering Handbook, Power System Stability and Control,Power System Dynamics and Stability,Part II,Power System Stability”, Prabha Kundur, University of Toronto, CRC Pres, 2007.
- [13] **Elektrik İletim Sistemi Arz Güvenilirliği Ve kalite Yönetmeliği**, Madde5, Madde8, Madde9
- [14] **Iliceto,F.;Gatta,F.M.**, Use of series capacitors in EHV systems.Review of Benefits and Precautions to be taken”,9. National Convention of Electrical Engineers, Bangalore, India, November1993
- [15] **TEİAŞ** (Türkiye Elektrik İletim A.Ş.) 2006 yılı arıza istatistiği kitabı

- [16] **Van Cutsem ve Vournas, Costas**, 1998, Voltage Stability of Electric Power System, Bölüm 1.2
- [17] **Van Cutsem, Van ve Mailhot, Richard**, 1997, Validation of a fast voltage stability analysis method on the Hydro-Québec system , IEEE Trans. on Power Systems, Volume 12, page 282-292 - 1997 Volume 12, page 282-292
- [18] **Van Cutsem**, 1995, An approach to corrective control of voltage instability using simulation and sensitivity IEEE Transaction on Power Systems, Volume 10, page 616-622
- [19] **Gao, B; Morison G.K.; Kundur; P.**, 1992, Voltage Stability Evaluation Using Modal Analysis, Power Engineering Review, IEEE, Volume 12, Issue 11, page(s):41,
- [20] **Iliceto, F., Gatta, F.M.**, , Use of series capacitors in EHV systems. Review of Benefits and Precautions to be taken”, 9. National Convention of Electrical Engineers, Bangalore, India, 1993 November
- [21] **Elektrik İletim Sistemi Arz Güvenilirliği Ve kalite Yönetmeliği**, Madde 4,
- [22] **Türkiye Ulusal Elektrik Ağındaki Havai Hatların Trafoların ve Generatörlerin Elektrik Karakteristikleri**, 2006 yılı TEİAŞ Faaliyet Raporu
- [23] **Elektrik Piyasası Şebeke yönetmeliği**, Madde 12
- [24] **Trakya Yüktevzi İşl. Müd.’ne ait 08.11.2007, 18.08.2006, 24.10.2006 günlerine ve Aralık 2007 Ayna Ait Günlük İşletme Kayıtları**
- [25] **Voltage and Reactive Power Control Report of TPS**, Ocak 2007 Teias sunumu
- [26] **Karadeniz, K.**, 2006, Elektrik Enerji Sisteminde Facts-UPFC Cihazının Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [27] **Kai Sun, Da-Zhong Zheng, ve Qiang Lu**, ”A Simulation Study of OBDD-Based Proper Splitting Strategies for Power Systems Under Consideration of Transient Stability”, IEEE Transactions On Power Systems, vol. 20, no. 1, february 2005 pp.389-399
- [28] **Li Yinghui, Zhang Bao-hui, Xu Haojun, Xie Huan, Yu Guang-liang**, “Electric Power System Splitting Strategies Based on Unstable Mode Prediction”, 2005 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference & Exhibition: Asia and Pacific Dalian, China.
- [29] **Yuanqi Liu, ve Yutian Liu**, “Aspects on Power System Islanding for Preventing Widespread Blackout”, Proceedings of the IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, 2006. ICNSC '06. 2006
- [30] **Ming Jin, Tarlochan S. Sidhu ve Kai Sun**, “A New System Splitting Scheme Based on the Unified Stability Control Framework”, IEEE Transactions On Power Systems, VOL. 22, no. 1, February 2007, pp.433-441.

- [31] **Bo Yang, Vijay Vittal, Gerald T. Heydt, Arunabha Sen**, “A Novel Slow Coherency Based Graph Theoretic Islanding Strategy”, IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2007.
- [32] **TEİAŞ Marmara Bölgesinde Görev Yapan 1., 4. ve 5. İletim Tesis ve İşletme Gurup Müdürlükleri ile Trakya ve Kuzey Batı Anadolu Yük Tevzi Müdürlükleri Sorumluluk Alanı İle İlgili Danışmanlık Hizmet Alımı Rapor1**, 2007,İTÜ
- [33] **Wang, Xiaoming**, 2007, Slow coherency grouping based islanding using minimal cutsets and generator coherency index tracing using the continuation method, Iowa State University
- [34] **Sun,K; Zheng Z.**, 2006, Searching for Feasible Splitting Strategies of Controlled System Islanding, IEE Proc-Gener. Transm. Distrib., Vol. 153, No.1,
- [35] **Jin, Ming; Sidhu**, 2007Tarlochan, IEEE Transactions On Power Systems, Vol.22, No1

EKA)

**Tablo A.1** Trakya Bölgesi İletim Sistemi Enerji Nakil Hat ve Kablo Karakteristikleri

TRAKYA YÜK TEVZİİ BÖLGESİ E.N.H. KARAKTERİSTİKLERİ					OMİK DEĞERLER		
VOLTAJ (KV)	E.N.H.		HAT UZUNLUĞU (KM)	HAT KESİTİ	R	X	Y
					OHM	OHM	microO HM
380 kV	HAMİTABAD	BABAESKİ	21,45		0,9	8,2	87,3
380 kV	HAMİTABAD	KAPTAN ÇELİK	90,063	2X954	3,3	30,2	321,3
380 kV	HAMİTABAD	UNİMAR	86,413	3X954	1,7	20,7	303,3
380 kV	ALİBEYKÖY	HAMİTABAD	152,434	3X954	3,5	40,6	638,9
380 kV	UNİMAR	KAPTAN ÇELİK	1,344	2X954	0	0,4	4,4
380 kV	İKİTELLİ	UNİMAR	87,22	2x954	3	27,8	295,6
380 kV	HABİBLER	UNİMAR	84,486	3x954	2	23,4	343,9
380 kV	İKİTELLİ	AMBARLI	21,96	2X954	0,8	7	77
380 kV	İKİTELLİ	ATIŞALANI	14,117	3X954	0,3	3,9	56,6
380 kV	İKİTELLİ	HABİBLER	9,5714	3X954	0,6	7,2	105,1
380 Kv	İKİTELLİ	DAVUTPAŞA	12,4	2000	0,18772	2,3104	692
380 kV	ALİBEYKÖY	ATIŞALANI	22	3x954	0,5	6,1	89
380 kV	HABİBLER	ZEKERİYAKÖY	19,866	3X954	0,5	5,5	86,6
380 kV	HABİBLER	ADA D.G.	22,349/152,02	2X954	3,3	42	672,4
380 kV	ALİBEYKÖY	PAŞAKÖY	16,100/45,575	3X954	1,1	12,1	191
380 kV	ALİBEYKÖY	ÜMRANİYE	17,385/38,689	3X954	0,9	10,7	156,4
380 kV	ALİBEYKÖY	YILDIZTEPE	3,781	3X954	0,2	1,5	16,6
380 kV	ZEKERİYAKÖY	PAŞAKÖY	4,794/32,211	3X954	0,8	10	150
154 kV	BABAESKİ	PINARHİSAR	39,459	477	5,3	17	103,5
154 kV	KIRKLARELİ	PINARHİSAR	27,596	477	3,7	11,9	72,4
154 kV	KIRKLARELİ	KIRKLARELİ D.G.	10,701	795	0,8	3,9	29,4
154 kV	EDİRNE ÇİMENTO	KIRKLARELİ	46,305	795	3,8	18,9	128,6
154 kV	EDİRNE	EDİRNE ÇİMENTO	18,258	795	1,5	7,4	50,7
154 kV	HAVSA	EDİRNE	23,968	477	3,2	10,3	62,9
154 kV	BABAESKİ	HAVSA	30,920	477	13	14,2	84,8
154 kV	UZUNKÖPRÜ	MALKARA	48,593	795	4	19,8	134,9
154 kV	MALKARA	KEŞAN	27,229	795	1,9	11	76,5
154 kV	MALKARA	GELİBOLU	60,862	477	8,2	26,2	159,7
154 kV	GELİBOLU	KUMLİMANI	48,567	477	6,5	20,9	127,4
154 kV	MALKARA	TEKİRDAĞ	50,305	477	6,8	21,7	132
154 kV	BABAESKİ	HAMİTABAD	24,426	477	3,3	10,2	66,9
154 kV	ULAŞ	HAMİTABAD	44,721	1272	2,3	19,7	116,2
154 kV	ÇORLU	ULAŞ	16,238	1272	0,8	7	41,4
154 kV	TEGESAN	ÇORLU 1	16,381	477	2,2	7,1	436
154 kV	TEGESAN	ÇORLU 2	16,604	795	1,3	6,7	45,5
154 kV	TEGESAN	TEKİRDAĞ	19,704	477	2,6	8,5	51,7
154 kV	BÜYÜKKARIŞTIRAN	HAMİTABAD	43,180	477	5,8	18,5	112,8
154 kV	ÇORLU	BÜYÜKKARIŞTI RAN	25,698	477	3,4	11	67,7

154 kV	LÜLEBURGAZ	HAMİTABAD	8,450	954	0,6	3,4	23,7
154 kV	ZORLU	LÜLEBURGAZ	29,449	954	2,1	12	83,2
154 kV	BÜYÜKKARIŞTIRAN	ZORLU ENJ.	1,104	954	0,1	0,4	3,1
154 kV	ÇERKEZKÖY	ÇERKEZKÖY ENJ.		1272	0	0199214	1,3914
154 kV	ÇERKEZKÖY	BÜYÜKKARIŞTIRAN	32,374	954	5,8	18,5	112,9
154 kV	ÇORLU	ÇERKEZKÖY	18,687	477	2,5	8	49
154 kV	HADIMKÖY	ÇORLU	67,026	477	9	28,9	176,2
154 kV	ÇERKEZKÖY	TRAKYA ELEKTRİK	33,665	1272	1,8	14,7	76,9
154 kV	ÇERKEZKÖY	KIYIKÖY	48,158	795	4	19,6	133,7
154 kV	TEGESAN	TRAKYA ELEKTRİK	22,651	795	1,9	8,7	66,5
154 kV	BOTAŞ	TEGESAN	22,188	795	1,8	8,6	65,1
154 kV	BOTAŞ	TRAKYA ELEKTRİK	0,441	954	0	0,2	1,4
154 kV	SİLİVRİ	TRAKYA ELEKTRİK	35,344	795	3	14,9	128,8
154 kV	B.ÇEKMECE	BOTAŞ	68,273	795	5,6	26,3	200,6
154 kV	B.ÇEKMECE	SİLİVRİ	34,097	795	2,8	13	99,2
154 kV	B.ÇEKMECE	AKÇANSA-1	1,602	795	0,2	0,7	4,6
154 kV	B.ÇEKMECE	AKÇANSA-2	1,602	795	0,2	0,7	4,6
154 kV	İKİTELLİ	BÜYÜKÇEKMEC E-1	45,545	795	3,7	17,6	133,8
154 kV	İKİTELLİ	BÜYÜKÇEKMEC E-2	45,545	795	3,7	17,6	133,8
154 kV	İKİTELLİ	DAVUTPAŞA-1	10,825	795	0,9	4,2	31,8
154 kV	İKİTELLİ	DAVUTPAŞA-2	10,825	795	0,9	4,2	31,8
154 kV	İKİTELLİ	BAĞCILAR	5,625	795	0,5	2,2	16,6
154 kV	BAĞCILAR	DAVUTPAŞA	4,44	795	0,4	1,7	13,2
154 kV**	B.EVLER	BAĞCILAR	3,331	1000	0,06	0,57	184,5
154 kV	ATIŞALANI	İKİTELLİ-1	7,73	795	0,6	3	23,2
154 kV	ATIŞALANI	İKİTELLİ-2	7,73	795	0,6	3	23,2
154 kV	ATIŞALANI	BAĞCILAR	3,766	795	0,3	1,5	11,8
154 kV**	DAVUTPAŞA	VELİEFENDİ	4,558	1000	0,082	0,88	286,2
154 kV**	TOPKAPI	DAVUTPAŞA-KABLO	3,923	1000	0,05789	0,62129	202,060
154 kV**	TOPKAPI	AKSARAY-1	2,797	630	0,08	0,36	136,3
154 kV	YILDIZTEPE	İKİTELLİ	20,038	795	2,4	11,1	84,9
154 kV	TOPKAPI	DAVUTPAŞA-HAT	3,218	2x477	0,2	0,7	4,6
154 kV**	TOPKAPI	AKSARAY-2	2,797	630	0,08	0,36	136,3
154 kV	AMBARLI F.OİL	AMBARLI GAZ-1	0,832	2x954	0	0,2	3,5
154 kV	AMBARLI F.OİL	AMBARLI GAZ-2	0,832	2x954	0	0,2	3,5
154 kV	SULTANMURAT	AMBARLI F.OİL	8,989	795	1,6	7,3	55,8
154 kV	SULTANMURAT	AMBARLI F.OİL	8,989	795	1,6	7,3	55,8
154 kV	BAĞCILAR	SULTANMURAT	5,827	795	0,5	2,1	16,2
154 kV	DAVUTPAŞA	S.MURAT	10,267	795	0,9	4	30,9
154 kV	BEYLİKDÜZÜ	AMBARLI GAZ-1	9,109	1272	0,5	3,4	27,7
154 kV	BEYLİKDÜZÜ	AMBARLI GAZ-2	9,109	1272	0,5	3,4	27,7
154 kV	HADIMKÖY	AMBARLI GAZ	21,126	477	2,9	9,5	57,6
154 kV	İKİTELLİ	AMBARLI GAZ-1	13,05	795	1	4,9	37,6

154 kV	İKİTELLİ	AMBARLI GAZ-2	13,05	795	1	4,9	37,6
154 kV	İKİTELLİ	YENİBOSNA-1	8,852	795	0,7	3,4	26
154 kV	İKİTELLİ	YENİBOSNA-2	8,852	795	0,7	3,4	26
154 kV	ALİBEYKÖY	İKİTELLİ-1	17,046	795	1,4	6,5	49,2
154 kV	ALİBEYKÖY	İKİTELLİ-2	17,046	795	1,4	6,5	49,2
154 kV	YENİBOSNA	İÇDAŞ	6,018	1272	0,3	2,4	17,2
154 kV	İÇDAŞ	AMBARLI GAZ	19,871	1272	1	7,5	60,1
154 kV	YENİBOSNA	AMBARLI GAZ	26,095	1272	1,4	9,8	78,8
154 kV**	B.EVLER	YENİBOSNA	3,258	1000	0,06	0,57	184,5
154 kV**	YENİBOSNA	VELİEFENDİ	9,817	1000	0,173	1,86	547
154 kV**	VELİEFENDİ	AKSARAY	7,437	1000	0,124	1,33	430,8
154 kV	ATIŞALANI	SAĞMACILAR-1	2,074	795	0,2	0,8	5,9
154 kV	ATIŞALANI	SAĞMACILAR-2	2,074	795	0,2	0,8	5,9
154 kV**	SAĞMACILAR	TOPKAPI	4,215	1000	0,073	0,779	252,3
154 kV	YILDIZTEPE	ATIŞALANI	10,448	795	0,8	3,9	29,4
154 kV	HABİBLER	KÜÇÜKKÖY-1	8,374	1272	0,5	3,3	26,6
154 kV	HABİBLER	KÜÇÜKKÖY-2	8,374	1272	0,5	3,3	26,6
154 kV	HABİBLER	TAŞOLUK-1	18,794	1272	1	7	57
154 kV	HABİBLER	TAŞOLUK-2	18,794	1272	1	7	57
154 kV	HABİBLER	HADIMKÖY-1	25,306	2x954	0,9	6,9	104,4
154 kV	HABİBLER	HADIMKÖY-2	25,306	2x954	0,9	6,9	104,4
154 kV	HABİBLER	BAHÇEŞEHİR-1	16,181	1272	0,8	6,3	46,3
154 kV	HABİBLER	BAHÇEŞEHİR-2	16,181	1272	0,8	6,3	46,3
154 kV	BAHÇEŞEHİR	BEYLİKDÜZÜ	10,915	1272	0,5	3,6	26,6
154 kV	ESENYURT	BAHÇEŞEHİR	3,683	1272	0,2	1,3	9,5
154 kV	ESENYURT	BEYLİKDÜZÜ	7,312	1272	0,4	2,9	21
154 kV	ALİBEYKÖY	KÜÇÜKKÖY-1	4,371	795	0,3	1,3	9,6
154 kV	ALİBEYKÖY	KÜÇÜKKÖY-2	4,371	795	0,3	1,3	9,6
154 kV	ALİBEYKÖY	YILDIZTEPE -1	4	954	0,4	1,7	13,1
154 kV	ALİBEYKÖY	YILDIZTEPE -2	4	954	0,4	1,7	13,1
154 kV	ALİBEYKÖY	MASLAK-1	5,386	1272	0,3	2,3	18,2
154 kV	ALİBEYKÖY	MASLAK-2	5,386	1272	0,3	2,3	18,2
154 kV	MASLAK	ZEKERİYAKÖY1	12	1272	0,6	4,5	36,4
154 kV	MASLAK	ZEKERİYAKÖY2	12	1272	0,6	4,5	36,4
154 kV**	MASLAK	LEVENT-kablo	2,853	1000	0,06	0,57	184,5
154 kV	MASLAK	LEVENT-hat	2,406	1272	0,1203	0,90225	7,2982
154 kV**	LEVENT	ETİLER	3,774	1000	0,064	0,68	221,6
154 kV	ALİBEYKÖY	ETİLER-1	11,85	795	1	4,6	35
154 kV	ETİLER	VANİKÖY	4,285	795	0,3	1,4	11,1
154 kV	ETİLER	ÜMRANİYE	8,806	795	0,8	3,6	27,5
154 kV**	ŞİŞLİ	YILDIZTEPE	5,626	1000	0,1	1,07	347,7
154 kV	ETİLER	ŞİŞLİ	4,145	1000	0,082	0,88	286,2
154 kV	YILDIZTEPE	SİLAHTAR	0,61	477	0,1	0,3	1,6
154 kV**	YILDIZTEPE	KASIMPAŞA	3,972	1000	0,08	0,82	264,6
154 kV	İKİTELLİ	AMBARLI F.OİL-3	15,572	795	1,3	6	45,8
154 kV	İKİTELLİ	AMBARLI F.OİL-4	15,572	795	1,3	6	45,8
154 kV	AMBARLI F.OİL	AMBARLI TM	0,424	795	0,06	0,57	184,5

**EK B)****Tablo B.1:**Trakya İletim Sistemi Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılmadan Önce Yapılan Yük Akışında Bara Gerilim Değerleri

Bara No	Bara Adı	Gerilimi [kV]	Bara No	Bara Adı	Gerilimi [kV]	Bara No	Bara Adı	Gerilimi [kV]
1	380a.beyky	381	31	atşalanıB1	152	61	kıyıköy	154
2	380adaİldg	385	32	atşalanıB2	152	62	l.burgaz	159
3	380ambarlı	381	33	b.düzüB1	154	63	levent	154
4	380atışalını	381	34	b.düzüB2	154	64	malkara	153
5	380bbaeski	397	35	b.evlerB1	151	65	maslak	154
6	380d.paşa	382	36	b.evlerB2	151	66	p.hisar	156
7	380habıblr	385	37	b.krş	156	67	s.murat	152
8	380hamtbad	398	38	b.çekmece	152	68	silahtar	153
9	380ikiteli	382	39	bahçeşehir	155	69	şğmalcılar	152
10	380kaptnc.	393	40	bağcılarB1	151	70	taşoluk	155
11	380paşaköy	385	41	bağcılarB2	151	71	tegesan	155
12	380unimar	393	42	botaş	156	72	tekirdağ	154
13	380yldztpe	381	43	d.paşa.T	151	73	topkapıB1	151
14	380z.köy	384	44	d.paşaB1	151	74	topkapıB2	151
15	380ümraniye	381	45	d.paşaB2	151	75	trakyaek.	157
16	154bbaeski	158	46	edirne	153	76	ulaş	157
17	154hamtbad	160	47	ediçim	154	77	uzunköprü	155
18	154hbibler	155	48	esenyurt	155	78	vaniköy	154
19	154z.köy	155	49	etiler	154	79	velifndiB1	151
20	Keşan	153	50	gelibolu	153	80	velifndiB2	151
21	Silivri	153	51	hadımköy	155	81	y.tepeB1	154
22	aksarayB1	151	52	havsa	154	82	y.tepeB2	154
23	aksarayB2	151	53	itelliBnkA	153	83	yenibosna	151
24	akçansa	152	54	itelliBnkB	153	84	zorlu	157
25	alibyköyB1	154	55	içdaş	151	85	ç.köy.enj	154
26	alibyköyB2	154	56	k.eliT.M.	156	86	çerkezköy	154
27	ambarlı.t.m.	155	57	k.elid.g.	160	87	çorlu	155
28	ambarlıB1	155	58	kasımpaşa	153	88	ümraniye154	154
29	ambarlıB2	154	59	kumlimanı	153	89	şişli	153
30	ambarlıf.o.	155	60	küçükköy	154			

**Tablo B.2:** Trakya İletim Sistemi Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılmadan Önce Yapılan Yük Akışında Yük Akış Değerleri

Hat No	Yük Akışları Baradan	Baraya	Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
1	380bbaeski	380hamtbad	-128	-11	0	-13
2	380bbaeski	154bbaeski	64	5	0	2
3	380bbaeski	154bbaeski	64	5	0	2
4	380hamtbad	380kaptnç.	137	18	0	-46
5	380hamtbad	380unimar	201	46	0	-42
6	380hamtbad	380a.beyky	377	100	4	-55
7	380hamtbad	154hamtbad	71	39	0	3
8	380kaptnç.	380unimar	136	64	0	-1
9	380unimar	380ikiteli	421	106	4	-10
10	380unimar	380habiblr	376	101	2	-28
11	380ikiteli	380ambarlı	-22	40	0	-11
12	380ambarlı	ambarlıB1	59	25	0	2
13	380ambarlı	ambarlıB1	59	25	0	2
14	380ikiteli	380atışalını	77	90	0	-8
15	380ikiteli	380habiblr	-395	-98	1	-7
16	380ikiteli	380d.paşa	238	4	0	-130
17	380ikiteli	itelliBnkA	121	40	0	8
18	380ikiteli	itelliBnkA	121	40	0	8
19	380ikiteli	itelliBnkB	94	-15	0	4
20	380ikiteli	itelliBnkB	94	-15	0	4
21	380d.paşa	d.paşaB1	138	105	0	14
22	380atışalını	380a.beyky	-128	18	0	-12
23	380atışalını	atşalanıB2	103	40	0	8
24	380atışalını	atşalanıB2	103	40	0	8
25	380habiblr	380z.köy	-10	9	0	-13
26	380habiblr	380adalldg	-367	-128	0	0
27	380habiblr	154hbibler	118	53	0	8
28	380habiblr	154hbibler	118	53	0	8
29	380habiblr	154hbibler	118	53	0	8
30	380a.beyky	380paşaköy	-332	-108	1	-18

Hat No	Yük Akışları Baradan	Baraya	Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
31	380a.beyky	380ümraniye	-90	-10	0	0
32	380a.beyky	380yldztpe	252	79	0	-2
33	380yldztpe	y.tepeB1	126	40	0	8
34	380yldztpe	y.tepeB1	126	40	0	8
35	380a.beyky	alibyköyB1	149	80	0	11
36	380a.beyky	alibyköyB1	149	80	0	11
37	380a.beyky	alibyköyB2	117	63	0	8
38	380z.köy	380paşaköy	-162	-20	0	-20
39	380z.köy	154z.köy	139	42	0	10
40	154bbaeski	p.hisar	9	11	0	-2
41	p.hisar	k.eliT.M.	-11	10	0	-2
42	k.eliT.M.	k.elid.g.	-81	-5	2	2
43	k.eliT.M.	ediçim	42	9	0	-2
44	ediçim	edirne	25	10	0	-1
45	edirne	havsa	-34	-5	0	-1
46	havsa	154bbaeski	-42	-7	1	-1
47	154bbaeski	uzunköprü	68	7	1	1
48	uzunköprü	malkara	48	1	0	-1
49	malkara	Keşan	30	1	0	-1
50	malkara	gelibolu	12	-4	0	-4
51	gelibolu	kumlimanı	5	-3	0	-3
52	malkara	tekirdağ	-13	0	0	-3
53	154bbaeski	154hamtbad	-15	-22	0	-1
54	154hamtbad	ulaş	54	18	0	0
55	ulaş	çorlu	103	32	0	2
56	çorlu	tegesan	-31	4	0	-1
57	çorlu	tegesan	-34	0	0	-1
58	tegesan	tekirdağ	55	5	0	0
59	154hamtbad	b.krş	64	8	1	0
60	b.krş	çorlu	55	6	0	0

**Tablo B.2 devam**

Hat No	Yük Akışları Baradan	Baraya	Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
61	154hamtbad	l.burgaz	108	30	0	1
62	l.burgaz	zorlu	65	17	0	0
63	zorlu	b.krş	120	23	0	0
64	çerkezköy	ç.köy.enj	-42	-7	0	0
65	b.krş	çerkezköy	45	6	0	-1
66	çerkezköy	çorlu	-28	-7	0	-1
67	çorlu	hadımköy	31	-11	0	-3
68	çerkezköy	trakyaelk.	-71	-11	0	1
69	çerkezköy	kıyıköy	8	-3	0	-3
70	tegesan	trakyaelk.	-67	0	0	0
71	tegesan	botaş	-64	-1	0	0
72	trakyaelk.	botaş	181	17	0	0
73	trakyaelk.	Silivri	96	15	1	3
74	botaş	b.çekmece	74	8	1	1
75	Silivri	b.çekmece	43	0	0	-1
76	b.çekmece	akçansa	11	1	0	0
77	b.çekmece	akçansa	11	1	0	0
78	b.çekmece	itelliBnkB	-4	-7	0	-3
79	b.çekmece	itelliBnkB	-4	-7	0	-3
80	itelliBnkA	d.paşa.T	85	26	0	1
81	itelliBnkA	bağcılarB1	133	58	0	2
82	bağcılarB1	d.paşa.T	39	-10	0	0
83	d.paşa.T	d.paşaB2	123	15	0	0
84	bağcılarB1	b.evlerB1	5	32	0	-4
85	itelliBnkA	atşalanıB1	75	16	0	0
86	itelliBnkA	atşalanıB1	75	16	0	0
87	atşalanıB1	bağcılarB2	16	19	0	-1
88	d.paşaB2	velifndiB1	50	50	0	-6
89	d.paşaB2	topkapıB2	68	24	0	-4

Hat No	Yük Akışları Baradan	Baraya	Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
90	topkapıB2	aksarayB2	55	20	0	-3
91	itelliBnkA	y.tepeB2	2	-14	0	-2
92	d.paşaB1	topkapıB1	56	11	0	0
93	d.paşaB1	topkapıB1	56	11	0	0
94	topkapıB2	aksarayB1	55	20	0	-3
95	ambarlıB1	ambarlıf.o.	120	44	0	0
96	ambarlıB1	ambarlıf.o.	120	44	0	0
97	ambarlıf.o.	s.murat	110	38	1	3
98	ambarlıf.o.	s.murat	110	38	1	3
99	s.murat	bağcılarB1	54	16	0	0
100	s.murat	d.paşaB2	45	5	0	0
101	ambarlıB1	b.düzüB2	70	14	0	0
102	ambarlıB1	b.düzüB2	70	14	0	0
103	ambarlıB1	hadımköy	18	-6	0	-1
104	itelliBnkB	ambarlıB2	-134	-13	1	3
105	itelliBnkB	ambarlıB2	-134	-13	1	3
106	itelliBnkB	yenibosna	157	23	1	3
107	itelliBnkB	yenibosna	157	23	1	3
108	itelliBnkB	alibyköyB2	26	-43	0	0
109	itelliBnkB	alibyköyB2	26	-43	0	0
110	yenibosna	içdaş	-2	-2	0	0
111	içdaş	ambarlıB2	-157	-27	1	7
112	yenibosna	ambarlıB2	-121	-20	1	5
113	yenibosna	b.evlerB2	117	14	0	-4
114	yenibosna	velifndiB2	95	9	0	-12
115	velifndiB2	aksarayB2	10	-21	0	-10
116	atşalanıB2	sğmalcılar	142	42	0	1
117	atşalanıB2	sğmalcılar	142	42	0	1
118	sğmalcılar	topkapıB2	62	47	0	-6

**Tablo B.2 devam**

	Yük Akışları		Aktif	Reaktif	Aktif	Reaktif
Hat	Baradan	Baraya	Yük	Yük	Kayıp	Kayıp
No			[MW]	[MVar]	[MW]	[MVar]
119	atşalanıB2	y.tepeB1	-19	-18	0	-2
120	154hbibler	küçükköy	110	29	0	1
121	154hbibler	küçükköy	110	29	0	1
122	154hbibler	taşoluk	29	8	0	-1
123	154hbibler	taşoluk	29	8	0	-1
124	154hbibler	hadımköy	8	8	0	-2
125	154hbibler	hadımköy	8	8	0	-2
126	154hbibler	bahçeşehir	-1	14	0	-1
127	154hbibler	bahçeşehir	-1	14	0	-1
128	bahçeşehir	b.düzüB1	32	12	0	0
129	bahçeşehir	esenyurt	-101	5	0	0
130	esenyurt	b.düzüB1	85	14	0	0
131	alibyköyB1	küçükköy	-32	-5	0	0
132	alibyköyB1	küçükköy	-32	-5	0	0
133	alibyköyB1	y.tepeB1	97	34	0	0
134	alibyköyB1	y.tepeB1	97	34	0	0
135	alibyköyB1	maslak	58	5	0	0
136	alibyköyB1	maslak	58	5	0	0
137	154z.köy	maslak	69	16	0	0
138	154z.köy	maslak	69	16	0	0
139	maslak	levent	156	32	0	-4
140	levent	etiler	65	13	0	-5

	Yük Akışları		Aktif	Reaktif	Aktif	Reaktif
Hat	Baradan	Baraya	Yük	Yük	Kayıp	Kayıp
No			[MW]	[MVar]	[MW]	[MVar]
141	alibyköyB1	etiler	178	33	0	-16
142	etiler	vaniköy	50	5	0	0
143	etiler	ümraniye154	0	-1	0	-1
144	y.tepeB1	kasımpaşa	49	14	0	-6
145	y.tepeB1	kasımpaşa	49	14	0	-6
146	y.tepeB1	şişli	100	4	0	-8
147	şişli	etiler	-53	-48	0	-7
148	y.tepeB2	silahdar	89	37	0	0
149	bağcılarB1	bağcılarB2	142	50	0	0
150	alibyköyB2	alibyköyB1	128	-38	0	0
151	b.evlerB1	b.evlerB2	-56	9	0	0
152	b.düzüB1	b.düzüB2	-2	-7	0	0
153	y.tepeB2	y.tepeB1	-228	-84	0	0
154	d.paşaB1	d.paşaB2	-50	53	0	0
155	topkapıB1	topkapıB2	45	-19	0	0
156	velifndiB1	velifndiB2	-37	16	0	0
157	aksarayB1	aksarayB2	-4	-1	0	0
158	atşalanıB1	atşalanıB2	134	14	0	0
159	itelliBnkA	ambarlıf.o.	-105	-29	1	2
160	itelliBnkA	ambarlıf.o.	-105	-29	1	2
161	ambarlıf.o.	ambarlı.t.m.	218	80	0	0

**Tablo B.3:** Trakya İletim Sistemi Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılmadan Önce Yapılan Yük Akışındaki Bara Gerilimlerinin Temel Değerlerinden Sapma Miktarları

Bara No	Bara Gerilimi	Baz Gerilimden Sapma Miktarı(kV)
1	381	1
2	385	5
3	381	1
4	381	1
5	397	17
6	382	2
7	385	5
8	398	18
9	382	2
10	393	13
11	385	5
12	393	13
13	381	1
14	384	4
15	381	1
16	158	4
17	160	6
18	155	1
19	155	1
20	153	-1
21	153	-1
22	151	-3
23	151	-3
24	152	-2
25	154	0
26	154	0
27	155	1
28	155	1
29	154	0
30	155	1

Bara No	Bara Gerilimi	Baz Gerilimden Sapma Miktarı(kV)
31	152	-2
32	152	-2
33	154	0
34	154	0
35	151	-3
36	151	-3
37	156	2
38	152	-2
39	155	1
40	151	-3
41	151	-3
42	156	2
43	151	-3
44	151	-3
45	151	-3
46	153	-1
47	154	0
48	155	1
49	154	0
50	153	-1
51	155	1
52	154	0
53	153	-1
54	153	-1
55	151	-3
56	156	2
57	160	6
58	153	-1
59	153	-1
60	154	0

Bara No	Bara Gerilimi	Baz Gerilimden Sapma Miktarı(kV)
61	154	0
62	159	5
63	154	0
64	153	-1
65	154	0
66	156	2
67	152	-2
68	153	-1
69	152	-2
70	155	1
71	155	1
72	154	0
73	151	-3
74	151	-3
75	157	3
76	157	3
77	155	1
78	154	0
79	151	-3
80	151	-3
81	154	0
82	154	0
83	151	-3
84	157	3
85	154	0
86	154	0
87	155	1
88	154	0
89	153	-1

**Tablo B.4:** Kontrollü Ada Bölgeleri İçeren Birinci Senaryodaki Bara Gerilim Değerleri

Bara No	Bara Adı	Gerilimi [kV]	Bara No	Bara Adı	Gerilimi [kV]	Bara No	Bara Adı	Gerilimi [kV]
1	380a.beyky	380	31	atşalamıB1	153	61	kıyıköy	154
2	380adaIIIdg	385	32	atşalamıB2	152	62	l.burgaz	159
3	380ambarlı	381	33	b.düzüB1	155	63	levant	154
4	380atışalmı	381	34	b.düzüB2	155	64	malkara	153
5	380bbaeski	397	35	b.evlerB1	152	65	maslak	154
6	380d.paşa	381	36	b.evlerB2	149	66	p.hisar	156
7	380habıblr	385	37	b.krş	156	67	s.murat	152
8	380hamtbad	398	38	b.çekmece	151	68	silahtar	154
9	380ikiteli	382	39	bahçeşehir	155	69	şğmalcılar	152
10	380kaptıç.	393	40	bağcılarB1	152	70	taşoluk	155
11	380paşaköy	385	41	bağcılarB2	152	71	tegesan	155
12	380unimar	393	42	botaş	156	72	tekirdağ	154
13	380yldztpe	380	43	d.paşa.T	152	73	topkapıB1	152
14	380z.köy	384	44	d.paşaB1	152	74	topkapıB2	152
15	380ümraniye	380	45	d.paşaB2	152	75	trakyaelk.	157
16	154bbaeski	158	46	edirne	153	76	ulaş	157
17	154hamtbad	160	47	ediçim	154	77	uzunköprü	155
18	154hbibler	156	48	esenyurt	155	78	vaniköy	154
19	154z.köy	155	49	etiler	154	79	velifndiB1	151
20	Keşan	153	50	gelibolu	153	80	velifndiB2	148
21	Silivri	152	51	hadımköy	155	81	y.tepeB1	154
22	aksarayB1	152	52	havsa	154	82	y.tepeB2	154
23	aksarayB2	148	53	itelliBnkA	153	83	yeni bosna	149
24	akçansa	151	54	itelliBnkB	151	84	zorlu	157
25	alibyköyB1	154	55	içdaş	149	85	ç.köy.enj	154
26	alibyköyB2	152	56	k.eliT.M.	156	86	çerkezköy	154
27	ambarlı.t.m.	155	57	k.elid.g.	159	87	çorlu	155
28	ambarlıB1	155	58	kasımpaşa	154	88	ümraniye154	154
29	ambarlıB2	152	59	kumlimanı	153	89	şişli	154
30	ambarlıf.o.	155	60	küçükköy	155			

**Tablo B.5:** Senaryo1'e göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılan Sistemin Yük Akış Değerleri

Hat	Yük Akışları		Aktif	Reaktif	Aktif	Reaktif
No	Baradan	Baraya	Yük	Yük	Kayıp	Kayıp
			[MW]	[MVar]	[MW]	[MVar]
1	380bbaeski	380hamtbad	-123	-11	0	-13
2	380bbaeski	154bbaeski	61	5	0	2
3	380bbaeski	154bbaeski	61	5	0	2
4	380hamtbad	380kaptnc.	136	17	0	-46
5	380hamtbad	380unimar	200	45	0	-42
6	380hamtbad	380a.beyky	390	103	4	-52
7	380hamtbad	154hamtbad	65	38	0	2
8	380kaptnc.	380unimar	135	64	0	-1
9	380unimar	380ikiteli	419	108	4	-10
10	380unimar	380habibr	375	98	2	-28
11	380ikiteli	380ambarlı	-26	32	0	-11
12	380ambarlı	ambarlıB1	57	22	0	2
13	380ambarlı	ambarlıB1	57	22	0	2
14	380ikiteli	380atışalını	157	91	0	-7
15	380ikiteli	380habibr	-388	-115	1	-7
16	380ikiteli	380d.paşa	248	-1	0	-130
17	380ikiteli	itelliBnkA	118	34	0	7
18	380ikiteli	itelliBnkA	118	34	0	7
19	380ikiteli	itelliBnkB	49	6	0	1
20	380ikiteli	itelliBnkB	49	6	0	1
21	380d.paşa	d.paşaB1	148	100	0	15
22	380atışalını	380a.beyky	-78	21	0	-13
23	380atışalını	atşalanıB2	118	39	0	10
24	380atışalını	atşalanıB2	118	39	0	10
25	380habibr	380z.köy	36	14	0	-13
26	380habibr	380adalldg	-367	-137	0	0
Hat	Yük Akışları		Aktif	Reaktif	Aktif	Reaktif
No	Baradan	Baraya	Yük	Yük	Kayıp	Kayıp
			[MW]	[MVar]	[MW]	[MVar]
27	380habibr	154hbibler	105	47	0	6
28	380habibr	154hbibler	105	47	0	6
29	380habibr	154hbibler	105	47	0	6
30	380a.beyky	380paşaköy	-346	-113	1	-17
31	380a.beyky	380ümraniye	-90	-10	0	0
32	380a.beyky	380yldztpe	311	73	0	-1
33	380yldztpe	y.tepeB1	155	37	0	12
34	380yldztpe	y.tepeB1	155	37	0	12
35	380a.beyky	alibyköyB1	149	80	0	11
36	380a.beyky	alibyköyB1	149	80	0	11
37	380a.beyky	alibyköyB2	48	82	0	4
38	380z.köy	380paşaköy	-148	-15	0	-21
39	380z.köy	154z.köy	170	42	0	14
40	154bbaeski	p.hisar	9	11	0	-2
41	p.hisar	k.eliT.M.	-11	10	0	-2
42	k.eliT.M.	k.elid.g.	-81	-5	2	2
43	k.eliT.M.	ediçim	42	9	0	-2
44	ediçim	edirne	25	10	0	-1
45	edirne	havsa	-34	-5	0	-1
46	havsa	154bbaeski	-42	-7	1	-1
47	154bbaeski	uzunköprü	66	7	1	0
48	uzunköprü	malkara	46	1	0	-1
49	malkara	Keşan	30	1	0	-1
50	malkara	gelibolu	12	-4	0	-4
51	gelibolu	kumlımanı	5	-3	0	-3
52	malkara	tekirdağ	-15	0	0	-3

**Tablo B.5 devam**

Hat No	Yük Akışları Baradan	Baraya	Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
53	154bbaeski	154hamtbad	-18	-22	0	-1
54	154hamtbad	ulaş	50	18	0	-1
55	ulaş	çorlu	100	31	0	2
56	çorlu	tegesan	-34	5	0	-1
57	çorlu	tegesan	-37	1	0	-1
58	tegesan	tekirdağ	57	5	0	0
59	154hamtbad	b.krş	62	9	1	0
60	b.krş	çorlu	51	7	0	0
61	154hamtbad	l.burgaz	105	30	0	1
62	l.burgaz	zorlu	61	17	0	0
63	zorlu	b.krş	117	23	0	0
64	çerkezköy	ç.köy.enj	-42	-7	0	0
65	b.krş	çerkezköy	42	6	0	-1
66	çerkezköy	çorlu	-27	-7	0	-1
67	çorlu	hadımköy	31	-13	0	-3
68	çerkezköy	trakyaelk.	-74	-10	0	2
69	çerkezköy	kıyıköy	8	-3	0	-3
70	tegesan	trakyaelk.	-71	1	0	0
71	tegesan	botaş	-68	0	0	0
72	trakyaelk.	botaş	179	23	0	0
73	trakyaelk.	Silivri	90	21	1	2
74	botaş	b.çekmece	68	15	1	1
75	Silivri	b.çekmece	37	7	0	-1
76	b.çekmece	akçansa	11	1	0	0
77	b.çekmece	akçansa	11	1	0	0
78	b.çekmece	itelliBnkB	-9	1	0	-3

Hat No	Yük Akışları Baradan	Baraya	Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
79	b.çekmece	itelliBnkB	-9	1	0	-3
80	itelliBnkA	d.paşa.T	121	20	1	2
81	itelliBnkA	bağcılarB1	172	49	1	3
82	bağcılarB1	d.paşa.T	78	-15	0	0
83	d.paşa.T	d.paşaB2	199	4	0	0
84	bağcılarB1	b.evlerB1	61	23	0	-4
85	itelliBnkA	atşalanıB1	35	9	0	0
86	itelliBnkA	atşalanıB1	35	9	0	0
87	atşalanıB1	bağcılarB2	69	19	0	0
88	d.paşaB2	velifndiB1	87	34	0	-6
89	d.paşaB2	topkapıB2	94	24	0	-4
90	topkapıB2	aksarayB2	0	0	0	0
91	itelliBnkA	y.tepeB2	0	0	0	0
92	d.paşaB1	topkapıB1	76	8	0	0
93	d.paşaB1	topkapıB1	76	8	0	0
94	topkapıB2	aksarayB1	59	21	0	-3
95	ambarlıB1	ambarlıf.o.	130	40	0	0
96	ambarlıB1	ambarlıf.o.	130	40	0	0
97	ambarlıf.o.	s.murat	121	36	1	4
98	ambarlıf.o.	s.murat	121	36	1	4
99	s.murat	bağcılarB1	57	12	0	0
100	s.murat	d.paşaB2	63	2	0	0
101	ambarlıB1	b.düzüB2	62	14	0	0
102	ambarlıB1	b.düzüB2	62	14	0	0
103	ambarlıB1	hadımköy	10	-4	0	-1
104	itelliBnkB	ambarlıB2	-138	-8	1	3

**Tablo B.5 devam**

Hat No	Yük Akışları Baradan	Baraya	Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
105	itelliBnkB	ambarlıB2	-138	-8	1	3
106	itelliBnkB	yenibosna	140	43	1	3
107	itelliBnkB	yenibosna	140	43	1	3
108	itelliBnkB	alibyköyB2	-4	-35	0	-1
109	itelliBnkB	alibyköyB2	-4	-35	0	-1
110	yenibosna	içdaş	2	-6	0	0
111	içdaş	ambarlıB2	-153	-31	1	7
112	yenibosna	ambarlıB2	-117	-24	1	4
113	yenibosna	b.evlerB2	61	23	0	-4
114	yenibosna	velifndiB2	108	50	0	-11
115	velifndiB2	aksarayB2	60	3	0	-9
116	atşalanıB2	sğmalcılar	83	34	0	0
117	atşalanıB2	sğmalcılar	83	34	0	0
118	sğmalcılar	topkapıB2	-55	32	0	-6
119	atşalanıB2	y.tepeB1	-5	-22	0	-2
120	154hbibler	küçükköy	79	23	0	0
121	154hbibler	küçükköy	79	23	0	0
122	154hbibler	taşoluk	29	8	0	-1
123	154hbibler	taşoluk	29	8	0	-1
124	154hbibler	hadımköy	12	8	0	-2
125	154hbibler	hadımköy	12	8	0	-2
126	154hbibler	bahçeşehir	8	14	0	-1
127	154hbibler	bahçeşehir	8	14	0	-1
128	bahçeşehir	b.düzüB1	41	12	0	0
129	bahçeşehir	esenyurt	-93	5	0	0
130	esenyurt	b.düzüB1	93	15	0	1
131	alibyköyB1	küçükköy	0	0	0	0
132	alibyköyB1	küçükköy	0	0	0	0

Hat No	Yük Akışları Baradan	Baraya	Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
133	alibyköyB1	y.tepeB1	68	38	0	0
134	alibyköyB1	y.tepeB1	68	38	0	0
135	alibyköyB1	maslak	45	7	0	0
136	alibyköyB1	maslak	45	7	0	0
137	154z.köy	maslak	85	14	0	1
138	154z.köy	maslak	85	14	0	1
139	maslak	levent	162	30	0	-4
140	levent	etiler	71	11	0	-5
141	alibyköyB1	etiler	159	33	0	-16
142	etiler	vaniköy	50	5	0	0
143	etiler	ümraniye154	0	-1	0	-1
144	y.tepeB1	kasımpaşa	49	14	0	-6
145	y.tepeB1	kasımpaşa	49	14	0	-6
146	y.tepeB1	şişli	114	5	0	-8
147	şişli	etiler	-39	-47	0	-7
148	y.tepeB2	silahtar	89	37	0	0
149	bağcılarB1	bağcılarB2	89	51	0	0
150	alibyköyB2	alibyköyB1	0	0	0	0
151	b.evlerB1	b.evlerB2	0	0	0	0
152	b.düzüB1	b.düzüB2	14	-7	0	0
153	y.tepeB2	y.tepeB1	-230	-72	0	0
154	d.paşaB1	d.paşaB2	-80	53	0	0
155	topkapıB1	topkapıB2	86	-25	0	0
156	velifndiB1	velifndiB2	0	0	0	0
157	aksarayB1	aksarayB2	0	0	0	0
158	atşalanıB1	atşalanıB2	0	0	0	0
159	itelliBnkA	ambarlıf.o.	-105	-27	1	2
160	itelliBnkA	ambarlıf.o.	-105	-27	1	2
161	ambarlıf.o.	ambarlı.t.m.	218	80	0	0

**Tablo B.6:** Senaryo1'e Göre Baralardaki Gerilimin Baz Değerlerine Göre Sapma Miktarları

Bara No	Bara Gerilimi	Baz Gerilimden Sapma miktarı(kV)
1	381	1
2	385	5
3	381	1
4	381	1
5	397	17
6	382	2
7	385	5
8	398	18
9	382	2
10	393	13
11	385	5
12	393	13
13	380	0
14	384	4
15	381	1
16	158	4
17	160	6
18	155	1
19	155	1
20	153	-1
21	153	-1
22	151	-3
23	151	-3
24	152	-2
25	154	0
26	154	0
27	155	1
28	155	1
29	154	0
30	155	1

Bara No	Bara Gerilimi	Baz Gerilimden Sapma miktarı(kV)
31	152	-2
32	152	-2
33	154	0
34	154	0
35	151	-3
36	151	-3
37	156	2
38	152	-2
39	155	1
40	151	-3
41	151	-3
42	156	2
43	151	-3
44	151	-3
45	151	-3
46	153	-1
47	154	0
48	155	1
49	154	0
50	153	-1
51	155	1
52	154	0
53	153	-1
54	153	-1
55	151	-3
56	156	2
57	160	6
58	153	-1
59	153	-1
60	154	0

Bara No	Bara Gerilimi	Baz Gerilimden Sapma miktarı(kV)
61	154	0
62	159	5
63	154	0
64	153	-1
65	154	0
66	156	2
67	152	-2
68	153	-1
69	152	-2
70	155	1
71	155	1
72	154	0
73	151	-3
74	151	-3
75	157	3
76	157	3
77	155	1
78	154	0
79	151	-3
80	151	-3
81	154	0
82	154	0
83	151	-3
84	157	3
85	154	0
86	154	0
87	155	1
88	154	0
89	153	-1

**TABLO B.7: Kontrollü Çalışma Bölgeleri İçeren İkinci Senaryodaki Bara Gerilim Değerleri**

Bara No	Bara Adı	Gerilimi [kV]	Bara No	Bara Adı	Gerilimi [kV]	Bara No	Bara Adı	Gerilimi [kV]
1	380a.beyky	380	31	atşalanıB1	152	61	kıyıköy	154
2	380adaIIIdg	385	32	atşalanıB2	152	62	l.burgaz	159
3	380ambarlı	381	33	b.düzüB1	154	63	levent	154
4	380atışalını	380	34	b.düzüB2	154	64	malkara	141
5	380bbaeski	394	35	b.evlerB1	150	65	maslak	154
6	380d.paşa	381	36	b.evlerB2	150	66	p.hisar	153
7	380habiblr	385	37	b.krş	156	67	s.murat	151
8	380hamtbad	395	38	b.çekmece	150	68	silahtar	154
9	380ikiteli	381	39	bağçeşehir	155	69	sğmalcılar	152
10	380kaptıç.	392	40	bağcılarB1	151	70	taşoluk	155
11	380paşaköy	385	41	bağcılarB2	151	71	tegesan	155
12	380unimar	392	42	botaş	156	72	tekirdağ	138
13	380yldztpe	380	43	d.paşa.T	150	73	topkapıB1	150
14	380z.köy	384	44	d.paşaB1	150	74	topkapıB2	150
15	380ümraniye	380	45	d.paşaB2	150	75	trakyaelk.	157
16	154bbaeski	155	46	edirne	149	76	ulaş	157
17	154hamtbad	160	47	ediçim	150	77	uzunköprü	146
18	154hbibler	155	48	esenyurt	155	78	vaniköy	154
19	154z.köy	155	49	etiler	154	79	velifndiB1	150
20	Keşan	141	50	gelibolu	141	80	velifndiB2	150
21	Silivri	152	51	hadımköy	155	81	y.tepeB1	154
22	aksarayB1	150	52	havsa	150	82	y.tepeB2	154
23	aksarayB2	150	53	itelliBnkA	152	83	yenibosna	150
24	akçansa	150	54	itelliBnkB	151	84	zorlu	157
25	alibyköyB1	155	55	içdaş	150	85	ç.köy.enj	154
26	alibyköyB2	153	56	k.eliT.M.	152	86	çerkezköy	154
27	ambarlı.t.m.	154	57	k.elid.g.	156	87	çorlu	155
28	ambarlıB1	154	58	kasımpaşa	154	88	ümraniye154	154
29	ambarlıB2	153	59	kumlımanı	141	89	şişli	154
30	ambarlıf.o.	154	60	küçükköy	155			

**Tablo B.8:** Senaryo2'ye göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılan Sistemin Yük Akış Değerleri

Hat No	Yük Akışları Baradan	Baraya	Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
1	380bbaeski	380hamtbad	-203	-69	0	-11
2	380bbaeski	154bbaeski	102	34	0	5
3	380bbaeski	154bbaeski	102	34	0	5
4	380hamtbad	380kaptnc.	137	6	0	-46
5	380hamtbad	380unimar	202	27	0	-41
6	380hamtbad	380a.beyky	395	85	4	-51
7	380hamtbad	154hamtbad	-24	25	0	1
8	380kaptnc.	380unimar	136	52	0	-1
9	380unimar	380ikiteli	420	98	4	-10
10	380unimar	380habiblr	378	78	2	-28
11	380ikiteli	380ambarlı	-40	44	0	-11
12	380ambarlı	ambarlıB1	50	28	0	2
13	380ambarlı	ambarlıB1	50	28	0	2
14	380ikiteli	380atışalını	208	80	0	-7
15	380ikiteli	380habiblr	-387	-142	1	-7
16	380ikiteli	380d.paşa	225	14	0	-130
17	380ikiteli	itelliBnkA	103	45	0	6
18	380ikiteli	itelliBnkA	103	45	0	6
19	380ikiteli	itelliBnkB	57	-4	0	2
20	380ikiteli	itelliBnkB	57	-4	0	2
21	380d.paşa	d.paşaB1	125	115	0	14
22	380atışalını	380a.beyky	-89	9	0	-13
23	380atışalını	atşalanıB2	148	39	0	15
24	380atışalını	atşalanıB2	148	39	0	15
25	380habiblr	380z.köy	41	15	0	-13
26	380habiblr	380adalldg	-371	-195	0	0

Hat No	Yük Akışları Baradan	Baraya	Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
27	380habiblr	154hbibler	106	51	0	6
28	380habiblr	154hbibler	106	51	0	6
29	380habiblr	154hbibler	106	51	0	6
30	380a.beyky	380paşaköy	-351	-116	1	-17
31	380a.beyky	380ümraniye	-90	-10	0	0
32	380a.beyky	380yldztpe	309	64	0	-1
33	380yldztpe	y.tepeB1	154	33	0	12
34	380yldztpe	y.tepeB1	154	33	0	12
35	380a.beyky	alibyköyB1	191	72	0	16
36	380a.beyky	alibyköyB1	191	72	0	16
37	380a.beyky	alibyköyB2	52	74	0	4
38	380z.köy	380paşaköy	-143	-12	0	-21
39	380z.köy	154z.köy	170	40	0	14
40	154bbaeski	p.hisar	9	11	0	-2
41	p.hisar	k.eliT.M.	-11	11	0	-2
42	k.eliT.M.	k.elid.g.	-81	-4	2	3
43	k.eliT.M.	ediçim	42	9	0	-1
44	ediçim	edirne	25	10	0	-1
45	edirne	havsa	-34	-5	0	-1
46	havsa	154bbaeski	-42	-7	1	-1
47	154bbaeski	uzunköprü	128	36	4	11
48	uzunköprü	malkara	105	19	2	8
49	malkara	Keşan	30	1	0	-1
50	malkara	gelibolu	12	-2	0	-3
51	gelibolu	kumlimanı	5	-2	0	-2
52	malkara	tekirdağ	43	7	1	-1

**Tablo B.8 devam**

Hat No	Yük Akışları Baradan	Baraya	Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
53	154bbaeski	154hamtbad	0	0	0	0
54	154hamtbad	ulaş	23	19	0	-2
55	ulaş	çorlu	73	34	0	1
56	çorlu	tegesan	-50	6	0	0
57	çorlu	tegesan	-55	1	0	0
58	tegesan	tekirdağ	0	0	0	0
59	154hamtbad	b.krş	42	13	0	-1
60	b.krş	çorlu	23	14	0	-1
61	154hamtbad	l.burgaz	81	33	0	0
62	l.burgaz	zorlu	38	20	0	-1
63	zorlu	b.krş	93	27	0	0
64	çerkezköy	ç.köy.enj	-42	-7	0	0
65	b.krş	çerkezköy	29	10	0	-2
66	çerkezköy	çorlu	-35	-5	0	-1
67	çorlu	hadımköy	0	0	0	0
68	çerkezköy	trakyaelk.	-79	-8	0	2
69	çerkezköy	kıyıköy	8	-3	0	-3
70	tegesan	trakyaelk.	-59	3	0	0
71	tegesan	botaş	-56	3	0	0
72	trakyaelk.	botaş	177	20	0	0
73	trakyaelk.	Silivri	99	22	1	3
74	botaş	b.çekmece	78	16	1	2
75	Silivri	b.çekmece	46	7	0	-1
76	b.çekmece	akçansa	11	1	0	0
77	b.çekmece	akçansa	11	1	0	0
78	b.çekmece	itelliBnkB	0	0	0	0

Hat No	Yük Akışları Baradan	Baraya	Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
79	b.çekmece	itelliBnkB	0	0	0	0
80	itelliBnkA	d.paşa.T	98	39	0	1
81	itelliBnkA	bağcılarB1	153	64	1	2
82	bağcılarB1	d.paşa.T	46	12	0	0
83	d.paşa.T	d.paşaB2	144	50	0	0
84	bağcılarB1	b.evlerB1	61	23	0	-4
85	itelliBnkA	atşalanıB1	31	12	0	0
86	itelliBnkA	atşalanıB1	31	12	0	0
87	atşalanıB1	bağcılarB2	62	26	0	0
88	d.paşaB2	velifndiB1	87	34	0	-6
89	d.paşaB2	topkapıB2	54	50	0	-4
90	topkapıB2	aksarayB2	0	0	0	0
91	itelliBnkA	y.tepeB2	0	0	0	0
92	d.paşaB1	topkapıB1	49	33	0	0
93	d.paşaB1	topkapıB1	49	33	0	0
94	topkapıB2	aksarayB1	20	59	0	-3
95	ambarlıB1	ambarlıf.o.	110	56	0	0
96	ambarlıB1	ambarlıf.o.	110	56	0	0
97	ambarlıf.o.	s.murat	109	44	1	3
98	ambarlıf.o.	s.murat	109	44	1	3
99	s.murat	bağcılarB1	51	18	0	0
100	s.murat	d.paşaB2	46	15	0	0
101	ambarlıB1	b.düzüB2	69	10	0	0
102	ambarlıB1	b.düzüB2	69	10	0	0
103	ambarlıB1	hadımköy	24	-16	0	-1
104	itelliBnkB	ambarlıB2	-134	-12	1	3

**Tablo B.8 devam**

Hat No	Yük Akışları Baradan	Baraya	Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
105	itelliBnkB	ambarlıB2	-134	-12	1	3
106	itelliBnkB	yenibosna	156	28	1	3
107	itelliBnkB	yenibosna	156	28	1	3
108	itelliBnkB	alibyköyB2	-6	-32	0	-1
109	itelliBnkB	alibyköyB2	-6	-32	0	-1
110	yenibosna	içdaş	-2	-3	0	0
111	içdaş	ambarlıB2	-157	-28	1	7
112	yenibosna	ambarlıB2	-121	-21	1	5
113	yenibosna	b.evlerB2	61	23	0	-4
114	yenibosna	velifndiB2	147	12	0	-10
115	velifndiB2	aksarayB2	99	-35	0	-9
116	atşalanıB2	sğmalcılar	111	18	0	0
117	atşalanıB2	sğmalcılar	111	18	0	0
118	sğmalcılar	topkapıB2	0	0	0	0
119	atşalanıB2	y.tepeB1	0	0	0	0
120	154hbibler	küçükköy	79	23	0	0
121	154hbibler	küçükköy	79	23	0	0
122	154hbibler	taşoluk	29	8	0	-1
123	154hbibler	taşoluk	29	8	0	-1
124	154hbibler	hadımköy	21	10	0	-2
125	154hbibler	hadımköy	21	10	0	-2
126	154hbibler	bahçeşehir	1	17	0	-1
127	154hbibler	bahçeşehir	1	17	0	-1
128	bahçeşehir	b.düzüB1	34	16	0	0
129	bahçeşehir	esenyurt	-99	8	0	0
130	esenyurt	b.düzüB1	86	18	0	0
131	alibyköyB1	küçükköy	0	0	0	0
132	alibyköyB1	küçükköy	0	0	0	0

Hat No	Yük Akışları Baradan	Baraya	Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
133	alibyköyB1	y.tepeB1	67	34	0	0
134	alibyköyB1	y.tepeB1	67	34	0	0
135	alibyköyB1	maslak	45	7	0	0
136	alibyköyB1	maslak	45	7	0	0
137	154z.köy	maslak	85	13	0	1
138	154z.köy	maslak	85	13	0	1
139	maslak	levant	162	28	0	-4
140	levant	etiler	71	9	0	-5
141	alibyköyB1	etiler	158	32	0	-16
142	etiler	vaniköy	50	5	0	0
143	etiler	ümraniye154	0	-1	0	-1
144	y.tepeB1	kasımpaşa	49	14	0	-6
145	y.tepeB1	kasımpaşa	49	14	0	-6
146	y.tepeB1	şişli	114	8	0	-8
147	şişli	etiler	-39	-44	0	-7
148	y.tepeB2	silahtar	89	37	0	0
149	bağcılarB1	bağcılarB2	96	44	0	0
150	alibyköyB2	alibyköyB1	0	0	0	0
151	b.evlerB1	b.evlerB2	0	0	0	0
152	b.düzüB1	b.düzüB2	0	0	0	0
153	y.tepeB2	y.tepeB1	-230	-72	0	0
154	d.paşaB1	d.paşaB2	-49	19	0	0
155	topkapıB1	topkapıB2	32	25	0	0
156	velifndiB1	velifndiB2	0	0	0	0
157	aksarayB1	aksarayB2	-39	38	0	0
158	atşalanıB1	atşalanıB2	0	0	0	0
159	itelliBnkA	ambarlıf.o.	-96	-35	1	2
160	itelliBnkA	ambarlıf.o.	-96	-35	1	2
161	ambarlıf.o.	ambarlı.t.m.	218	80	0	0

**Tablo B.9 : Senaryo2'ye Göre Baralardaki Gerilimin Baz Değerlerine Göre Sapma Miktarları**

Bara No	Bara Gerilimi [kV]	Baz Gerilimden Sapma Miktarı (kV)
1	380	0
2	385	5
3	381	1
4	380	0
5	394	14
6	381	1
7	385	5
8	395	15
9	381	1
10	392	12
11	385	5
12	392	12
13	380	0
14	384	4
15	380	0
16	155	1
17	160	6
18	155	1
19	155	1
20	141	-13
21	152	-2
22	150	-4
23	150	-4
24	150	-4
25	155	1
26	153	-1
27	154	0
28	154	0
29	153	-1
30	154	0

Bara No	Bara Gerilimi [kV]	Baz Gerilimden Sapma Miktarı (kV)
31	152	-2
32	152	-2
33	154	0
34	154	0
35	150	-4
36	150	-4
37	156	2
38	150	-4
39	155	1
40	151	-3
41	151	-3
42	156	2
43	150	-4
44	150	-4
45	150	-4
46	149	-5
47	150	-4
48	155	1
49	154	0
50	141	-13
51	155	1
52	150	-4
53	152	-2
54	151	-3
55	150	-4
56	152	-2
57	156	2
58	154	0
59	141	-13
60	155	1

Bara No	Bara Gerilimi [kV]	Baz Gerilimden Sapma Miktarı (kV)
61	154	0
62	159	5
63	154	0
64	141	-13
65	154	0
66	153	-1
67	151	-3
68	154	0
69	152	-2
70	155	1
71	155	1
72	138	-16
73	150	-4
74	150	-4
75	157	3
76	157	3
77	146	-8
78	154	0
79	150	-4
80	150	-4
81	154	0
82	154	0
83	150	-4
84	157	3
85	154	0
86	154	0
87	155	1
88	154	0
89	154	0

**Tablo B.10:** Senaryo3'e Göre Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılan Sistemin Bara Gerilim Değerleri

Bara No	Bara Adı	Gerilimi [kV]
1	380a.beyky	384
2	380adaIdg	385
3	380ambarlı	384
4	380atışalını	384
5	380bbaeski	420
6	380d.paşa	384
7	380habıblr	385
8	380hamtbad	413
9	380ikiteli	384
10	380kaptıç.	402
11	380paşaköy	387
12	380unimar	402
13	380yldztpe	384
14	380z.köy	385
15	380ümraniye	384
16	kehros	461
17	maritsa	405
18	154bbaeski	165
19	154hamtbad	165
20	154hbıbler	156
21	154z.köy	156
22	Keşan	157
23	Silivri	153
24	aksarayB1	153
25	aksarayB2	149
26	akçansa	152
27	alibyköyB1	156
28	alibyköyB2	154
29	ambarlı.t.m.	156
30	ambarlıB1	156

Bara No	Bara Adı	Gerilimi [kV]
31	ambarlıB2	153
32	ambarlıf.o.	156
33	atşalanıB1	154
34	atşalanıB2	153
35	b.düzüB1	155
36	b.düzüB2	155
37	b.evlerB1	153
38	b.evlerB2	150
39	b.krş	160
40	b.çekmece	152
41	bahçeşehir	156
42	bağcılarB1	153
43	bağcılarB2	153
44	botaş	156
45	d.paşa.T	153
46	d.paşaB1	153
47	d.paşaB2	153
48	edirne	161
49	ediçim	161
50	esenyurt	156
51	etiler	155
52	gelibolu	157
53	hadımköy	156
54	havsa	162
55	itelliBnkA	154
56	itelliBnkB	152
57	içdaş	150
58	k.eliT.M.	163
59	k.elid.g.	167
60	kasımpaşa	155

Bara No	Bara Adı	Gerilimi [kV]
61	kumlimanı	157
62	küçükköy	155
63	kıyıköy	156
64	l.burgaz	163
65	levant	155
66	malkara	158
67	maslak	155
68	p.hisar	164
69	s.murat	153
70	silahtar	155
71	sğmalcılar	153
72	taşoluk	156
73	tegesan	156
74	tekirdağ	156
75	topkapıB1	153
76	topkapıB2	153
77	trakyaelk.	157
78	ulaş	159
79	uzunköprü	161
80	vaniköy	155
81	velifndiB1	153
82	velifndiB2	150
83	y.tepeB1	155
84	y.tepeB2	155
85	yenibosna	150
86	zorlu	160
87	ç.köy.enj	156
88	çerkezköy	156
89	çorlu	157
90	ümraniye154	155
91	şişli	155

**Tablo B.11: Senaryo3'e göre Kontrollü Ada Bölgelerine Ayrılan Sistemin Yük Akış Değerleri**

Hat No	Yük Akışları Baradan	Baraya	Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
1	380bbaeski	380hamtbad	-262	403	1	-4
2	380bbaeski	154bbaeski	54	32	0	2
3	380bbaeski	154bbaeski	54	32	0	2
4	380hamtbad	380kaptnc.	47	116	0	-49
5	380hamtbad	380unimar	64	189	1	-44
6	380hamtbad	380a.beyky	283	220	3	-65
7	380hamtbad	154hamtbad	55	56	0	2
8	380kaptnc.	380unimar	46	165	0	-1
9	380unimar	380ikiteli	339	200	3	-17
10	380unimar	380habiblr	231	253	2	-34
11	380ikiteli	380ambarlı	-29	35	0	-11
12	380ambarlı	ambarlıB1	55	23	0	2
13	380ambarlı	ambarlıB1	55	23	0	2
14	380ikiteli	380atışalını	200	40	0	-7
15	380ikiteli	380habiblr	-518	37	1	-2
16	380ikiteli	380d.paşa	249	-2	0	-132
17	380ikiteli	itelliBnkA	117	34	0	7
18	380ikiteli	itelliBnkA	117	34	0	7
19	380ikiteli	itelliBnkB	55	6	0	1
20	380ikiteli	itelliBnkB	55	6	0	1
21	380d.paşa	d.paşaB1	148	100	0	15
22	380atışalını	380a.beyky	-33	-33	0	-13
23	380atışalını	atşalanıB2	117	40	0	9
24	380atışalını	atşalanıB2	117	40	0	9
25	380habiblr	380z.köy	95	-52	0	-12
26	380habiblr	380adaIldg	-721	259	0	0
27	380habiblr	154hbibler	112	40	0	7

Hat No	Yük Akışları Baradan	Baraya	Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
28	380habiblr	154hbibler	112	40	0	7
29	380habiblr	154hbibler	112	40	0	7
30	380a.beyky	380paşaköy	-396	-55	1	-15
31	380a.beyky	380ümraniye	-90	-10	0	0
32	380a.beyky	380yldztpe	306	78	0	-1
33	380yldztpe	y.tepeB1	153	40	0	12
34	380yldztpe	y.tepeB1	153	40	0	12
35	380a.beyky	alibyköyB1	189	82	0	16
36	380a.beyky	alibyköyB1	189	82	0	16
37	380a.beyky	alibyköyB2	47	88	0	5
38	380z.köy	380paşaköy	-98	-72	0	-21
39	380z.köy	154z.köy	180	32	0	16
40	154bbaeski	p.hisar	9	9	0	-3
41	p.hisar	k.eliT.M.	-11	9	0	-2
42	k.eliT.M.	k.elid.g.	-82	-5	1	2
43	k.eliT.M.	ediçim	42	8	0	-2
44	ediçim	edirne	25	11	0	-1
45	edirne	havsa	-34	-4	0	-1
46	havsa	154bbaeski	-42	-6	1	-1
47	154bbaeski	uzunköprü	62	22	1	0
48	uzunköprü	malkara	43	16	0	-2
49	malkara	Keşan	30	1	0	-1
50	malkara	gelibolu	12	-4	0	-4
51	gelibolu	kumlimanı	5	-3	0	-3
52	malkara	tekirdağ	-18	16	0	-3
53	154bbaeski	154hamtbad	-29	19	0	-1
54	154hamtbad	ulaş	40	39	0	-1

**Tablo B.11 devam**

Hat No	Yük Akışları Baradan	Baraya	Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
55	ulaş	çorlu	90	52	0	2
56	çorlu	tegesan	-35	20	0	-1
57	çorlu	tegesan	-40	17	0	-1
58	tegesan	tekirdağ	60	-11	0	0
59	154hamtbad	b.krş	58	26	1	0
60	b.krş	çorlu	45	30	0	0
61	154hamtbad	l.burgaz	98	50	0	1
62	l.burgaz	zorlu	54	37	0	0
63	zorlu	b.krş	110	43	0	0
64	çerkezköy	ç.köy.enj	-42	-7	0	0
65	b.krş	çerkezköy	38	21	0	-1
66	çerkezköy	çorlu	-27	-11	0	-1
67	çorlu	hadımköy	19	-4	0	-4
68	çerkezköy	trakyaelk.	-78	9	0	2
69	çerkezköy	kıyıköy	8	-3	0	-3
70	tegesan	trakyaelk.	-75	24	0	1
71	tegesan	botaş	-72	23	0	0
72	trakyaelk.	botaş	177	-3	0	0
73	trakyaelk.	Silivri	85	18	1	1
74	botaş	b.çekmece	62	12	1	0
75	Silivri	b.çekmece	32	5	0	-2
76	b.çekmece	akçansa	11	1	0	0
77	b.çekmece	akçansa	11	1	0	0
78	b.çekmece	itelliBnkB	-15	-2	0	-3
79	b.çekmece	itelliBnkB	-15	-2	0	-3
80	itelliBnkA	d.paşa.T	122	18	1	2
81	itelliBnkA	bağcılarB1	172	48	1	3

Hat No	Yük Akışları Baradan	Baraya	Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
82	bağcılarB1	d.paşa.T	80	-18	0	0
83	d.paşa.T	d.paşaB2	202	-2	0	0
84	bağcılarB1	b.evlerB1	61	23	0	-4
85	itelliBnkA	atşalanıB1	35	9	0	0
86	itelliBnkA	atşalanıB1	35	9	0	0
87	atşalanıB1	bağcılarB2	70	19	0	0
88	d.paşaB2	velifndiB1	87	34	0	-6
89	d.paşaB2	topkapıB2	96	21	0	-4
90	topkapıB2	aksarayB2	0	0	0	0
91	itelliBnkA	y.tepeB2	0	0	0	0
92	d.paşaB1	topkapıB1	77	6	0	0
93	d.paşaB1	topkapıB1	77	6	0	0
94	topkapıB2	aksarayB1	59	21	0	-3
95	ambarlıB1	ambarlıf.o.	133	35	0	0
96	ambarlıB1	ambarlıf.o.	133	35	0	0
97	ambarlıf.o.	s.murat	122	34	1	3
98	ambarlıf.o.	s.murat	122	34	1	3
99	s.murat	bağcılarB1	58	11	0	0
100	s.murat	d.paşaB2	64	-1	0	0
101	ambarlıB1	b.düzüB2	58	18	0	0
102	ambarlıB1	b.düzüB2	58	18	0	0
103	ambarlıB1	hadımköy	9	-2	0	-1
104	itelliBnkB	ambarlıB2	-138	-9	1	3
105	itelliBnkB	ambarlıB2	-138	-9	1	3
106	itelliBnkB	yenibosna	140	42	1	3
107	itelliBnkB	yenibosna	140	42	1	3
108	itelliBnkB	alibyköyB2	-4	-38	0	-1

**Tablo B.11 devam**

Hat No	Yük Akışları		Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
	Baradan	Baraya				
109	telliBnkB	alibyköyB2	-4	-38	0	-1
110	yenibosna	içdaş	2	-6	0	0
111	içdaş	ambarlıB2	-153	-31	1	7
112	yenibosna	ambarlıB2	-117	-24	1	4
113	yenibosna	b.evlerB2	61	23	0	-4
114	yenibosna	velifndiB2	108	50	0	-11
115	velifndiB2	aksarayB2	60	3	0	-9
116	atşalanıB2	sğmalcılar	81	38	0	0
117	atşalanıB2	sğmalcılar	81	38	0	0
118	sğmalcılar	topkapıB2	-60	40	0	-6
119	atşalanıB2	y.tepeB1	-3	-27	0	-2
120	154hbibler	küçükköy	79	23	0	0
121	154hbibler	küçükköy	79	23	0	0
122	154hbibler	taşoluk	29	8	0	-1
123	154hbibler	taşoluk	29	8	0	-1
124	154hbibler	hadımköy	19	2	0	-2
125	154hbibler	hadımköy	19	2	0	-2
126	154hbibler	bahçeşehir	11	9	0	-1
127	154hbibler	bahçeşehir	11	9	0	-1
128	bahçeşehir	b.düzüB1	45	7	0	0
129	bahçeşehir	esenyurt	-90	0	0	0
130	esenyurt	b.düzüB1	96	10	0	1
131	alibyköyB1	küçükköy	0	0	0	0
132	alibyköyB1	küçükköy	0	0	0	0
133	alibyköyB1	y.tepeB1	69	38	0	0
134	alibyköyB1	y.tepeB1	69	38	0	0
135	alibyköyB1	maslak	42	10	0	0

Hat No	Yük Akışları		Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
	Baradan	Baraya				
136	alibyköyB1	maslak	42	10	0	0
137	154z.köy	maslak	90	8	0	1
138	154z.köy	maslak	90	8	0	1
139	maslak	levent	166	25	0	-4
140	levent	eşiler	75	6	0	-5
141	alibyköyB1	eşiler	156	36	0	-17
142	eşiler	vaniköy	50	5	0	0
143	eşiler	ümraniye154	0	-1	0	-1
144	y.tepeB1	kasımpaşa	49	14	0	-6
145	y.tepeB1	kasımpaşa	49	14	0	-6
146	y.tepeB1	şişli	112	7	0	-8
147	şişli	eşiler	-41	-45	0	-7
148	y.tepeB2	silahtar	89	37	0	0
149	bağcılarB1	bağcılarB2	89	51	0	0
150	alibyköyB2	alibyköyB1	0	0	0	0
151	b.evlerB1	b.evlerB2	0	0	0	0
152	b.düzüB1	b.düzüB2	21	-17	0	0
153	y.tepeB2	y.tepeB1	-230	-72	0	0
154	d.paşaB1	d.paşaB2	-82	58	0	0
155	topkapıB1	topkapıB2	89	-30	0	0
156	velifndiB1	velifndiB2	0	0	0	0
157	aksarayB1	aksarayB2	0	0	0	0
158	atşalanıB1	atşalanıB2	0	0	0	0
159	telliBnkA	ambarlıf.o.	-106	-25	1	2
160	telliBnkA	ambarlıf.o.	-106	-25	1	2
161	ambarlıf.o.	ambarlı.t.m.	218	80	0	0
162	380hamtbad	maritsa	201	27	1	-73
163	380baeski	kehros	154	-466	4	-516

**Tablo B.12:** Senaryo3'e Göre Baralardaki Gerilimin Baz Değerlerine Göre Sapma Miktarları

Bara No	Bara Gerilimi [kV]	Baz Gerilimden Sapma Miktarı (kV)
1	384	4
2	385	5
3	384	4
4	384	4
5	420	40
6	384	4
7	385	5
8	413	33
9	384	4
10	402	22
11	387	7
12	402	22
13	384	4
14	385	5
15	384	4
16	461	81
17	405	25
18	165	11
19	165	11
20	156	2
21	156	2
22	157	3
23	153	-1
24	153	-1
25	149	-5
26	152	-2
27	156	2
28	154	0
29	156	2
30	156	2

Bara No	Bara Gerilimi [kV]	Baz Gerilimden Sapma Miktarı (kV)
31	153	-1
32	156	2
33	154	0
34	153	-1
35	155	1
36	155	1
37	153	-1
38	150	-4
39	160	6
40	152	-2
41	156	2
42	153	-1
43	153	-1
44	156	2
45	153	-1
46	153	-1
47	153	-1
48	161	7
49	161	7
50	156	2
51	155	1
52	157	3
53	156	2
54	162	8
55	154	0
56	152	-2
57	150	-4
58	163	9
59	167	13
60	155	1

Bara No	Bara Gerilimi [kV]	Baz Gerilimden Sapma Miktarı (kV)
61	157	3
62	155	1
63	156	2
64	163	9
65	155	1
66	158	4
67	155	1
68	164	10
69	153	-1
70	155	1
71	153	-1
72	156	2
73	156	2
74	156	2
75	153	-1
76	153	-1
77	157	3
78	159	5
79	161	7
80	155	1
81	153	-1
82	150	-4
83	155	1
84	155	1
85	150	-4
86	160	6
87	156	2
88	156	2
89	157	3
90	155	1
91	155	1

**Tablo B.13: Kontrollü Çalışma Bölgeleri İçeren Dördüncü Senaryodaki Bara Gerilim Değerleri**

Bara No	Bara Adı	Gerilimi [kV]	Bara No	Bara Adı	Gerilimi [kV]	Bara No	Bara Adı	Gerilimi [kV]
1	380a.beyky	351	32	ambarlıf.o.	142	63	kıyıköy	151
2	380adaİldg	353	33	atşalanıB1	140	64	l.burgaz	154
3	380ambarlı	351	34	atşalanıB2	139	65	levant	141
4	380atışalını	351	35	b.düzüB1	142	66	malkara	150
5	380bbaeski	383	36	b.düzüB2	142	67	maslak	141
6	380d.paşa	351	37	b.evlerB1	139	68	p.hisar	151
7	380habiblr	353	38	b.evlerB2	138	69	s.murat	139
8	380hamtbad	379	39	b.krş	152	70	silahtar	141
9	380ikiteli	352	40	b.çekmece	144	71	sğmalcılar	139
10	380kaptnc.	368	41	bahçeşehir	142	72	taşoluk	142
11	380paşaköy	354	42	bağcılarB1	139	73	tegesan	153
12	380unimar	368	43	bağcılarB2	139	74	tekirdağ	151
13	380yldztpe	350	44	botaş	156	75	topkapıB1	139
14	380z.köy	353	45	d.paşa.T	139	76	topkapıB2	139
15	380ümraniye	351	46	d.paşaB1	139	77	trakyaelk.	157
16	kehros	385	47	d.paşaB2	139	78	ulaş	153
17	maritsa	385	48	edirne	147	79	uzunköprü	150
18	154bbaeski	153	49	ediçim	148	80	vaniköy	141
19	154hamtbad	154	50	esenyurt	142	81	velifndiB1	138
20	154hbibler	143	51	etiler	141	82	velifndiB2	137
21	154z.köy	142	52	gelibolu	149	83	y.tepeB1	141
22	Keşan	149	53	hadımköy	143	84	y.tepeB2	141
23	Silivri	149	54	havsa	148	85	yenibosna	138
24	aksarayB1	138	55	itelliBnkA	140	86	zorlu	152
25	aksarayB2	137	56	itelliBnkB	140	87	ç.köy.enj	151
26	akçansa	144	57	içdaş	138	88	çerkezköy	151
27	alibyköyB1	141	58	k.eliT.M.	150	89	çorlu	152
28	alibyköyB2	141	59	k.elid.g.	154	90	ümraniye154	141
29	ambarlı.t.m.	142	60	kasımpaşa	141	91	şişli	141
30	ambarlıB1	142	61	kumlimanı	149			
31	ambarlıB2	141	62	küçükköy	142			

**Tablo B.14:** Senaryo4'e göre Kontrollü Kontrollü Çalışma Bölgelerine Ayrılan Sistemin Yük Akış Değerleri

Hat No	Yük Akışları Baradan	Baraya	Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
1	380bbaeski	380hamtbad	-34	197	0	-10
2	380bbaeski	154bbaeski	74	1	0	3
3	380bbaeski	154bbaeski	74	1	0	3
4	380hamtbad	380kaptnc.	227	91	1	-31
5	380hamtbad	380unimar	333	156	2	-22
6	380hamtbad	380a.beyky	504	209	8	5
7	380hamtbad	154hamtbad	86	4	0	4
8	380kaptnc.	380unimar	226	122	0	0
9	380unimar	380ikiteli	502	168	6	21
10	380unimar	380habiblr	515	186	5	9
11	380ikiteli	380ambarlı	-25	33	0	-9
12	380ambarlı	ambarlıB1	57	21	0	2
13	380ambarlı	ambarlıB1	57	21	0	2
14	380ikiteli	380atışalrı	112	79	0	-6
15	380ikiteli	380habiblr	-248	-69	0	-9
16	380ikiteli	380d.paşa	248	17	0	-110
17	380ikiteli	itelliBnkA	118	38	0	9
18	380ikiteli	itelliBnkA	118	38	0	9
19	380ikiteli	itelliBnkB	41	-10	0	1
20	380ikiteli	itelliBnkB	41	-10	0	1
21	380d.paşa	d.paşaB1	148	98	0	18
22	380atışalrı	380a.beyky	-126	-1	0	-10
23	380atışalrı	atşalanıB2	119	43	0	12
24	380atışalrı	atşalanıB2	119	43	0	12
25	380habiblr	380z.köy	-26	1	0	-11
26	380habiblr	380adallıdg	0	0	0	0
27	380habiblr	154hbibler	96	39	0	6
28	380habiblr	154hbibler	96	39	0	6
29	380habiblr	154hbibler	96	39	0	6
30	380a.beyky	380paşaköy	-295	-89	1	-15
31	380a.beyky	380ümraniye	-90	-10	0	0
32	380a.beyky	380yldztpe	317	88	0	-1
33	380yldztpe	y.tepeB1	158	44	0	15
34	380yldztpe	y.tepeB1	158	44	0	15
35	380a.beyky	alibyköyB1	196	82	0	20
36	380a.beyky	alibyköyB1	196	82	0	20
37	380a.beyky	alibyköyB2	46	60	0	3
38	380z.köy	380paşaköy	-199	-31	0	-16
39	380z.köy	154z.köy	159	43	0	15
40	154bbaeski	p.hisar	9	12	0	-2
41	p.hisar	k.eliT.M.	-11	11	0	-2
42	k.eliT.M.	k.elid.g.	-81	-4	2	3
43	k.eliT.M.	ediçim	42	9	0	-1
44	ediçim	edirne	25	10	0	-1
45	edirne	havsa	-34	-5	0	-1
46	havsa	154bbaeski	-42	-7	1	-1
47	154bbaeski	uzunköprü	73	-1	1	2
48	uzunköprü	malkara	53	-8	1	-1
49	malkara	Keşan	30	1	0	-1
50	malkara	gelibolu	12	-3	0	-3
51	gelibolu	kumlımanı	5	-3	0	-3
52	malkara	tekirdağ	-8	-10	0	-3
53	154bbaeski	154hamtbad	-1	-27	0	-1
54	154hamtbad	ulaş	66	5	0	1

Tablo B.14 devam

Hat No	Yük Akışları Baradan	Baraya	Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
55	ulaş	çorlu	116	17	0	3
56	çorlu	tegesan	-33	-23	0	-1
57	çorlu	tegesan	-33	-29	0	-1
58	tegesan	tekirdağ	50	15	0	0
59	154hamtbad	b.krş	71	-4	1	1
60	b.krş	çorlu	65	-9	1	0
61	154hamtbad	l.burgaz	118	16	0	1
62	l.burgaz	zorlu	75	2	0	1
63	zorlu	b.krş	130	7	0	0
64	çerkezköy	ç.köy.enj	-42	-7	0	0
65	b.krş	çerkezköy	50	-8	1	-1
66	çerkezköy	çorlu	-26	5	0	-1
67	çorlu	hadımköy	55	26	2	1
68	çerkezköy	trakyaelk.	-67	-37	0	2
69	çerkezköy	kırıkköy	8	-3	0	-3
70	tegesan	trakyaelk.	-65	-34	0	0
71	tegesan	botaş	-62	-34	0	0
72	trakyaelk.	botaş	183	94	0	0
73	trakyaelk.	Silivri	100	57	2	5
74	botaş	b.çekmece	78	52	2	5
75	Silivri	b.çekmece	47	40	0	0
76	b.çekmece	akçansa	11	1	0	0
77	b.çekmece	akçansa	11	1	0	0
78	b.çekmece	itelliBnkB	0	33	0	-2
79	b.çekmece	itelliBnkB	0	33	0	-2
80	itelliBnkA	d.paşa.T	120	23	1	3
81	itelliBnkA	bağcılarB1	171	52	1	3

Hat No	Yük Akışları Baradan	Baraya	Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
82	bağcılarB1	d.paşa.T	76	-12	0	0
83	d.paşa.T	d.paşaB2	196	9	0	0
84	bağcılarB1	b.evlerB1	61	24	0	-3
85	itelliBnkA	atşalanıB1	35	10	0	0
86	itelliBnkA	atşalanıB1	35	10	0	0
87	atşalanıB1	bağcılarB2	69	21	0	0
88	d.paşaB2	velifndiB1	87	35	0	-5
89	d.paşaB2	topkapıB2	93	24	0	-3
90	topkapıB2	aksarayB2	0	0	0	0
91	itelliBnkA	y.tepeB2	0	0	0	0
92	d.paşaB1	topkapıB1	75	8	0	0
93	d.paşaB1	topkapıB1	75	8	0	0
94	topkapıB2	aksarayB1	59	21	0	-3
95	ambarlıB1	ambarlıf.o.	129	44	0	0
96	ambarlıB1	ambarlıf.o.	129	44	0	0
97	ambarlıf.o.	s.murat	120	38	1	5
98	ambarlıf.o.	s.murat	120	38	1	5
99	s.murat	bağcılarB1	56	13	0	0
100	s.murat	d.paşaB2	62	3	0	0
101	ambarlıB1	b.düzüB2	65	14	0	0
102	ambarlıB1	b.düzüB2	65	14	0	0
103	ambarlıB1	hadımköy	6	-13	0	-1
104	itelliBnkB	ambarlıB2	-138	-7	1	4
105	itelliBnkB	ambarlıB2	-138	-7	1	4
106	itelliBnkB	yenibosna	141	46	1	3
107	itelliBnkB	yenibosna	141	46	1	3
108	itelliBnkB	alibyköyB2	-3	-25	0	-1

**Tablo B.14 devam**

Hat No	Yük Akışları		Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
	Baradan	Baraya				
109	itelliBnkB	alibyköyB2	-3	-25	0	-1
110	yenibosna	içdaş	2	-6	0	0
111	içdaş	ambarlıB2	-153	-31	1	8
112	yenibosna	ambarlıB2	-117	-24	1	6
113	yenibosna	b.evlerB2	61	24	0	-3
114	yenibosna	velifndiB2	108	53	0	-9
115	velifndiB2	aksarayB2	60	4	0	-8
116	aşalanıB2	sğmalcılar	86	35	0	0
117	aşalanıB2	sğmalcılar	86	35	0	0
118	sğmalcılar	topkapıB2	-51	34	0	-5
119	aşalanıB2	y.tepeB1	-7	-20	0	-1
120	154hbibler	küçükköy	79	23	0	1
121	154hbibler	küçükköy	79	23	0	1
122	154hbibler	taşoluk	29	8	0	-1
123	154hbibler	taşoluk	29	8	0	-1
124	154hbibler	hadımköy	3	-4	0	-2
125	154hbibler	hadımköy	3	-4	0	-2
126	154hbibler	bahçeşehir	4	14	0	-1
127	154hbibler	bahçeşehir	4	14	0	-1
128	bahçeşehir	b.düzüB1	37	13	0	0
129	bahçeşehir	esenyurt	-96	5	0	0
130	esenyurt	b.düzüB1	89	15	0	1
131	alibyköyB1	küçükköy	0	0	0	0
132	alibyköyB1	küçükköy	0	0	0	0
133	alibyköyB1	y.tepeB1	67	36	0	0
134	alibyköyB1	y.tepeB1	67	36	0	0
135	alibyköyB1	maslak	48	8	0	0

Hat No	Yük Akışları		Aktif Yük [MW]	Reaktif Yük [MVar]	Aktif Kayıp [MW]	Reaktif Kayıp [MVar]
	Baradan	Baraya				
136	alibyköyB1	maslak	48	8	0	0
137	154z.köy	maslak	80	14	0	1
138	154z.köy	maslak	80	14	0	1
139	maslak	levant	158	31	0	-3
140	levant	etiler	67	11	0	-4
141	alibyköyB1	etiler	161	36	0	-13
142	etiler	vaniköy	50	5	0	0
143	etiler	ümraniye154	0	-1	0	-1
144	y.tepeB1	kasımpaşa	49	15	0	-5
145	y.tepeB1	kasımpaşa	49	15	0	-5
146	y.tepeB1	şişli	116	9	0	-6
147	şişli	etiler	-37	-45	0	-6
148	y.tepeB2	silahtar	89	37	0	0
149	bağcılarB1	bağcılarB2	89	50	0	0
150	alibyköyB2	alibyköyB1	0	0	0	0
151	b.evlerB1	b.evlerB2	0	0	0	0
152	b.düzüB1	b.düzüB2	6	-7	0	0
153	y.tepeB2	y.tepeB1	-230	-72	0	0
154	d.paşaB1	d.paşaB2	-78	48	0	0
155	topkapıB1	topkapıB2	84	-25	0	0
156	velifndiB1	velifndiB2	0	0	0	0
157	aksarayB1	aksarayB2	0	0	0	0
158	aşalanıB1	aşalanıB2	0	0	0	0
159	itelliBnkA	ambarlıf.o.	-104	-28	1	3
160	itelliBnkA	ambarlıf.o.	-104	-28	1	3
161	ambarlıf.o.	ambarlı.t.m.	218	80	0	0
162	380hamtbad	maritsa	-272	-52	3	-54
163	380baeski	kehros	-114	-198	1	-409

**Tablo B.15 : Senaryo4'e Göre Baralardaki Gerilimin Baz Değerlerine Göre Sapma Miktarları**

Bara No	Gerilimi [kV]	Baz Gerilimden Sapma Miktarı(kV)	Bara No	Gerilimi [kV]	Baz Gerilimden Sapma Miktarı(kV)	Bara No	Gerilimi [kV]	Baz Gerilimden Sapma Miktarı(kV)
1	351	-29	32	142	-12	63	151	-3
2	353	-27	33	140	-14	64	154	0
3	351	-29	34	139	-15	65	141	-13
4	351	-29	35	142	-12	66	150	-4
5	383	3	36	142	-12	67	141	-13
6	351	-29	37	139	-15	68	151	-3
7	353	-27	38	138	-16	69	139	-15
8	379	-1	39	152	-2	70	141	-13
9	352	-28	40	144	-10	71	139	-15
10	368	-12	41	142	-12	72	142	-12
11	354	-26	42	139	-15	73	153	-1
12	368	-12	43	139	-15	74	151	-3
13	350	-30	44	156	2	75	139	-15
14	353	-27	45	139	-15	76	139	-15
15	351	-29	46	139	-15	77	157	3
16	385	5	47	139	-15	78	153	-1
17	385	5	48	147	-7	79	150	-4
18	153	-1	49	148	-6	80	141	-13
19	154	0	50	142	-12	81	138	-16
20	143	-11	51	141	-13	82	137	-17
21	142	-12	52	149	-5	83	141	-13
22	149	-5	53	143	-11	84	141	-13
23	149	-5	54	148	-6	85	138	-16
24	138	-16	55	140	-14	86	152	-2
25	137	-17	56	140	-14	87	151	-3
26	144	-10	57	138	-16	88	151	-3
27	141	-13	58	150	-4	89	152	-2
28	141	-13	59	154	0	90	141	-13
29	142	-12	60	141	-13	91	141	-13
30	142	-12	61	149	-5			
31	141	-13	62	142	-12			

## ÖZGEÇMİŞ

1973 yılında Sinop'ta doğan Okan USLU, ilk, orta ve lise öğrenimini Sinop'ta tamamladıktan sonra 1992 yılında İstanbul Teknik Üniversitesinde İngilizce hazırlık eğitimine başlamıştır. 1997 yılında aynı üniversitenin Elektrik Mühendisliği bölümünde lisans eğitimini tamamlamıştır. 1998 yılında TEİAŞ( Türkiye Elektrik İletim A.Ş.), 1. İletim Tesis ve İşletme Grup Müdürlüğünde İstanbul ilinden sorumlu Bölge mühendisi olarak göreve başlamıştır. 2004 yılından itibaren yine TEİAŞ Genel Müdürlüğüne bağlı Trakya Yük Tevzi İşletme Müdürlüğünde etüt ve planlamadan sorumlu mühendis olarak çalışmaya başlamış olup 2005 yılından beri aynı müdürlükte etüt ve raporlama başmühendisi olarak görev yapmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.

