



**KAÇAK ELEKTRİK SORUNUNUN ENTERKONNEKTE SİSTEME
ETKİSİNİN SİMÜLASYONU VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ**

Zafer MERTOĞLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2019

Zafer MERTOĞLU tarafından hazırlanan “KAÇAK ELEKTRİK SORUNUNUN ENTERKONNEKTE SİSTEME ETKİSİNİN SİMÜLASYONU VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Süleyman Sungur TEZCAN

Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan : Doç. Dr. Sinan KIVRAK

Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye : Doç. Dr. Ertuğrul AKSOY

Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 17/07/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Zafer MERTOĞLU

17/07/2019

KAÇAK ELEKTRİK SORUNUNUN ENTERKONNEKTE SİSTEME ETKİSİNİN SİMÜLASYONU VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Zafer MERTOĞLU

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2019

ÖZET

Gün geçtikçe hayatımızın her bölümüne giren elektrik, teknolojinin gelişmesi ile her geçen gün daha da geniş bir alanda kullanılmaktadır. Bu sebeple, elektriğin temininin yanında kaliteli de olması büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada, ülkemizin özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesinde kaçak elektrik kullanılarak yapılan yanlış tarımsal sulamaların, orta gerilim dağıtım ve yüksek gerilim iletim sistemine yaptığı etkiler incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda bölge dağıtım sisteminde, ulusal iletim sisteminde ve uluslararası enterkonneksiyon hatlarında gerilim çökmeleri tespit edilmiştir. Bu çalışmada, söz konusu gerilim çökmelerinin sebepleri incelenmiş, bölgede yer alan trafo merkezlerine yerleştirilen güç kalitesi ölçüm cihazlarından gerçek zamanlı gerilim grafikleri çıkartılmış ve bu veriler ışığında gerilim çökmelerinin nedenleri araştırılmıştır. Çalışmanın son bölümünde, tespit edilen sorunlardan yola çıkılarak gerilim çökmelerini önlemek adına uygulanabilecek çözüm önerileri açıklanmıştır.

Bilim Kodu : 90513
Anahtar Kelimeler : PSS/E, Gerilim dalgalanmaları, Dağıtım sistemi, İletim sistemi
Sayfa Adedi : 75
Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Süleyman Sungur TEZCAN

SIMULATION AND SOLUTION SUGGESTION OF ILLEGAL USAGE ON
INTERCONNECTED SYSTEM

(M. Sc. Thesis)

Zafer MERTOĞLU

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2019

ABSTRACT

Due to increasing share of technology, use of electricity becomes an inevitable part of daily life. Therefore, it is of great importance to have reliable supply of electricity and with good power quality as well. In this study, the negative effects of the illegal agricultural irrigation systems that are connected to electricity system in the Southeastern Anatolia Region on our distribution and transmission system have been examined. As a result of the surveys, voltage collapses have been detected in the regional distribution system, in the national transmission system and international interconnection lines. In this study, the reasons of these voltage collapses were investigated in the light of real - time voltage records that are provided from the power quality measurement devices placed in the regarding transformer substations in the region. In the last part of the study, solution suggestions in order to prevent the voltage collapses are proposed for the problems/reasons identified.

Science Code : 90513

Key Words : PSS/E, Voltage collapse, Distribution system, Transmission system

Page Number : 75

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Süleyman Sungur TEZCAN

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması boyunca desteğini ve değerli tecrübelerini benden eksik etmeyen sayın Dr. Öğr. Üyesi Süleyman Sungur TEZCAN'a, yine çalışmalarım boyunca beni sürekli destekleyen, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan sevgili eşim İmren MERTOĞLU'na ve aileme, değerli çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. ELEKTRİK ENERJİSİNİN ÖNEMİ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ ELEKTRİK SİSTEMİ	5
2.1. Güneydoğu Anadolu Bölgesi İletim Sistemi	5
2.2. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Dağıtım Sistemi	8
3. ASENKRON MOTORLAR.....	11
3.1. Asenkron Motorlara Yıldız Üçgen Yol Verme	11
4. PSS/E ANALİZ PROGRAMI.....	13
4.1. PSS/E’de Sistem Modellemesi	13
4.2. Türkiye İletim Sistemi PSS/E Modeli.....	13
4.3. N-1 Analizi.....	15
4.3.1. PSS/E programında N-1 analizinin otomatik olarak yapılması	17
5. DIGSILENT PROGRAMI.....	25
5.1. DigSilent Programının Temel Özellikleri.....	25
5.2. DigSilent Programı Kullanılarak Yapılabilen Analizler	26

	Sayfa
5.3. DigSilent ile Analiz Yapılması.....	26
5.4. Ekipmanların Yüklenmesi	28
5.5. Yük Akışı Hesaplama	30
5.6. Kısa Devre Analizi	32
5.7. Kısa Devre İzleme	34
6. GERİLİM DALGALANMALARI	37
6.1. Gerilim Dalgalanmalarının İletim Sistemi Üzerindeki Etkileri	38
6.2. Güç Sistemlerinde Kalite	39
6.2.1. Güç sistem analizindeki bozucu etkiler ve gerilim analizi.....	40
6.2.2. PSS/E yazılımı ile gerilim analizi	42
6.3. Gerilim Dalgalanmalarının Yurt Dışı Bağlantıları Üzerindeki Etkileri	44
6.3.1. Mevcut enterkonneksiyon hatlarının durumu.....	46
6.4. ENTSO-E Bağlantısının Türkiye için Önemi	53
7. GERİLİM DALGALANMALARININ SEBEPLERİ	55
7.1. Dağıtım Fider Modelleri	57
7.2. Dağıtım Hatlarından Çekilen Yükün Karakteristiği	57
7.3. Gerilim Dalgalanması Döngüsü.....	58
8. ÇÖZÜM ÖNERİLERİ	63
9. SONUÇLAR	69
KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ	75

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.1. Şanlıurfa, Mardin ve Diyarbakır İlleri 400/154 kV trafo merkezi kapasiteleri	35
Çizelge 6.2. 400 kV, 158 km Hamitabat (Türkiye) - Maritsa East (Bulgaristan) EİH	46
Çizelge 6.3. 400 kV, 149 km Hamitabat - Maritsa-East EİH	46
Çizelge 6.4. 400 kV, 128 km Babaeski (Türkiye) - Filippi (Yunanistan) EİH	47
Çizelge 6.5. 220 kV, 28 km Hopa (Türkiye)-Batım (Gürcistan) EİH	48
Çizelge 6.6. 220 kV, 80,7 km uzunluğundaki Kars (Türkiye) - Gumri (Ermenistan) EİH.....	48
Çizelge 6.7. 154 kV, çift devre, 87,3 km Iğdır (Türkiye) - Babek (Nahcivan) EİH	49
Çizelge 6.8. 154 kV, 39,37 km Doğubeyazıt (Türkiye) – Bazargan (İran) EİH	50
Çizelge 6.9. 400 kV, 100 km uzunluğundaki Başkale (Türkiye) – Khoy (İran) EİH	50
Çizelge 6.10. 400 kV, Irak sınırına kadar 16 km’lik PS.3 (Türkiye) - Zakho (Irak) EİH ...	51
Çizelge 6.11. 400 kV, 124 km Birecik HES (Türkiye) – Aleppo (Suriye) EİH	52
Çizelge 7.1. Yük limitleri belirlenen fiderler ve yük limit değerleri	62
Çizelge 8.1. Düşük gerilim rölesi takılan fiderlerin listesi.....	65

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. TEİAŞ organizasyon Şeması	7
Şekil 4.1. 154 kV Viranşehir-3 TM Bağlantıları PSS/E Modeli.....	15
Şekil 4.2. Viranşehir 3 TM bağlantıları N-1 durumu PSS/E modeli	16
Şekil 4.3. PSS/E N-1 analizi Sub Mon Con doyası oluşturma	19
Şekil 4.4. Sub Mon Con dosyalarının oluşturulması	20
Şekil 4.5. N-1 analizi ekranı	21
Şekil 4.6. N-1 analizi dosya seçme ekranı	22
Şekil 4.7. N-1 analizinde dikkat edilecek parametreler	23
Şekil 4.8. N-1 analizi sonuç raporu.....	24
Şekil 5.1. DGS dosyasının yüklenmesi.....	27
Şekil 5.2. Enterkonnekte şebeke	28
Şekil 5.3. Bölge seçimi	28
Şekil 5.4. Ekipman yükleme	29
Şekil 5.5. Röle bilgileri	30
Şekil 5.6. Yük akış analizi penceresi	31
Şekil 5.7. Bağlum barası yük akışı.....	32
Şekil 5.8. Kısa devre analizi	33
Şekil 5.9. Kısa devre arıza akımları	33
Şekil 5.10. Röle arıza kademe diyagramı	34
Şekil 5.11. Kısa devre izleme	35
Şekil 5.12. Kısa devre izleme arızanın temizlenmesi	35
Şekil 6.1. 400 kV Atatürk HES Şanlıurfa fideri gerilim grafiği	38
Şekil 6.2. 154 kV Mardin trafo merkezi 154 kV bara gerilim grafiği	39

Şekil	Sayfa
Şekil 6.3. Gerilimde meydana gelen geçici bir ani yükselme.....	41
Şekil 6.4. PSS/E programında baranın bir görüntüsü ve gerilim değerleri.....	43
Şekil 6.5. ENTSO-E ülkeleri	45
Şekil 6.6. Bulgaristan ve Yunanistan enterkonneksiyonu tek hat şeması.....	47
Şekil 6.7. Gürcistan Enterkonneksiyonu tek hat şeması	48
Şekil 6.8. Ermenistan Enterkonneksiyonu tek hat şeması	49
Şekil 6.9. Azerbaycan (Nahçıvan) enterkonneksiyonu tek hat şeması	49
Şekil 6.10. İran Enterkonneksiyonu (154kV) Tek hat şeması	50
Şekil 6.11. İran enterkonneksiyonu (400 kV) tek hat şeması	51
Şekil 6.12. Irak enterkonneksiyonu tek hat şeması.....	51
Şekil 6.13. Suriye enterkonneksiyonu tek hat şeması.....	52
Şekil 6.14. Türkiye komşu ülkelerle yapmış olduğu enterkonneksiyon bağlantı çalışmaları	52
Şekil 6.15. ENTSO/E bağlantısı anında Türkiye iletim sisteminin frekans-zaman grafiği.....	53
Şekil 7.1 154 kV Viranşehir-1 TM'nin bir yıllık aktif yük değerleri	55
Şekil 7.2. 154 kV Viranşehir-1 TM'nin 34,5 kV Kınalıtepe fideri gerilim grafiği	56
Şekil 7.3 400 kV Kızıltepe-3 TM'nin 33 kV Akdoğan fideri gerilim ve güç grafiği	56
Şekil 7.4 34,5 kV Kınalıtepe fideri dağıtım hattı.....	57
Şekil 7.5 34,5 kV Kınalıtepe fideri güç akış grafiği	59
Şekil 7.6. 154 kV Viranşehir-1 TM 154/34,5 kV TR-A primer taraf güç akış grafiği...	60
Şekil 7.7. 154 kV Viranşehir-1 TM OG yük modelleri	61
Şekil 8.1. 400 kV Atatürk HES – Şanlıurfa fideri gerilim ve güç grafiği.....	66

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 2.1. Güneydoğu Anadolu Bölgesi iletim sistemi haritası	8
Harita 4.1. Çanakkale Bölgesi Elektrifikasyon Haritası	14
Harita 4.2. TEİAŞ bölge müdürlükleri haritası.....	18
Harita 6.1 Yurtdışı Bağlantıları Elektrifikasyon Haritası	44
Harita 6.2 ENTSO-E bölgesi haritası.....	45

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
°	Derece
Ω	Ohm
A	Amper
I	Akım
Ikss	Kısa Devre Akımı
kA	Kiloamper
km	Kilometre
kV	Kilovolt
kz	Dönüştürme oranı
ms	Milisaniye
MVA	Mega Volt Amper
MW	Megawatt
pri.ohm	Primer Ohm
sn	Saniye
tZ ₁	1. kademe açma ayar süresi
tZ ₂	2. kademe açma ayar süresi
tZ ₃	3. kademe açma ayar süresi
tZ ₄	4. kademe açma ayar süresi
tZ ₅	5. kademe açma ayar süresi
V	Gerilim, Volt
Z	Empedans
Z ₁	1. kademe empedansı
Z ₂	2. kademe empedansı
Z ₃	3. kademe empedansı
Z ₄	4. kademe empedansı
Z _{AB}	A ve B trafo merkezleri arasındaki hattın empedansı

Kısaltmalar**Açıklamalar****DGKÇ**

Doğal Gaz Kombine Çevrim

DGS

Şebeke Modeli Dosyası

DİgSILENT

Digital Simulation of Electrical Networks

EİH

Enerji İletim Hattı

HES

Hidro Elektrik Santrali

LP1

Hat koruma 1

LP2

Hat koruma 2

OG

Orta Gerilim

OTR

Ototrafo

pdf

Taşınabilir Doküman Formatı

R-X

Direnç-Reaktans

RİO

Röle Test Dosyası

SCADA

Uzaktan Kontrol ve Gözleme Sistemi

SKM

Seri Kapasitör Merkezi

TEİAŞ

Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi

TES

Termik Elektrik Santrali

TM

Trafo Merkezi

YTBS

Yük Tevzi Bilgi Sistemi

1. GİRİŞ

Elektrik hayatımızın neredeyse her alanında kullandığımız bir enerji kaynağıdır. Bu sebeple bu kaynak ne kadar sürekli ve kaliteli olursa hayatımızda bir o kadar rahat ve konforlu olmaktadır. Aksi durumda yani elektriğin kesintiye uğraması veya kalitesiz olması durumunda hayatımızı da olumsuz şekilde etkilenmektedir [1].

Her geçen gün enerji talebinin artması enerji kalitesinin önemini de arttırmıştır. Bugün yaşamımızın çeşitli evrelerinde sıklıkla kullanılan içeriğinde hassas elektronik işlemciler içeren birçok elektronik cihaz görevlerini yerine getirebilmek için kaliteli enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Kaliteli elektrik; frekans ve gerilim değerleri belirlenen uluslararası limitler dahilinde, dalga formu da saf bir sinüs sinyali şeklinde olan kesintisiz enerji olarak tanımlanabilir [2].

Enerjinin kesintisiz ve kaliteli olarak üreticiden son tüketiciye kadar aktarılması enerji üretim, iletim ve dağıtım şirketlerinin en önemli vazifesidir. Üretilen elektrik eğer kalitesiz ve kesintili olarak son kullanıcıya aktarılırsa, tüketicilerin kullandığı hassas elektronik cihazlar bozulacak özellikle hastane ve hassas sanayi tesislerinde değerleri ölçülemeyen kayıplar yaşanacaktır [3].

Elektrik özellikle büyük sanayi tesislerinde kullanımın yaygınlaşmasıyla ülke genelinde üretim alanında olmazsa olmaz bir enerji kaynağı konumundadır. Kısa elektrik demek üretim demektir ve elektrik yoksa üretim de yok demektir [4].

Gün geçtikçe artan ve kullanım alanı genişleyen elektriğin güvenli bir şekilde üreticiden tüketiciye aktarılması için elektriğin üretiminin, iletiminin ve dağıtımının düzgün bir plan dahilinde ilgili kuruluşlarca koordineli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Elektriğin üretimden itibaren iletim ve dağıtım kısımları bir zincirin halkaları gibidir. Bu sebeple bu kısımlardan birinin düzgün çalışmaması son kullanıcı için elektrik kesintisi anlamına gelmektedir. Bu sebeple üretim, iletim ve dağıtımdan sorumlu kuruluşların koordineli ve geleceği planlayarak çalışma yapması elektriğin kesintisiz iletimi için büyük önem arz etmektedir [5].

Ülkemizde elektriğin üretimden sorumlu kuruluş Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ), iletiminden sorumlu kuruluş Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) ve dağıtımından sorumlu olan kuruluş ise Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi (TEDAŞ)'dir. Ancak bu kuruluşlardan TEDAŞ'ın dağıtım altyapısı 21 farklı bölgeye ayrılarak özelleşmiştir. Aynı şekilde EÜAŞ'ın bir çok santrali özelleşmiştir. Yalnızca TEİAŞ özelleşmemiş ve Türkiye iletim sisteminde sorumlu tek kurum olarak kalmıştır [6].

TEİAŞ yapısı gereği üretimden itibaren 400 kV, 154 kV, 220 kV ve 66 kV gerilim seviyelerinde iletim hatlarını işletmekle yükümlüdür. Özelleşen dağıtım şirketleri ise 34,5 kV ve altı gerilim seviyelerindeki hatların işletmeciliğini yapmaktadırlar [7].

Elektriğin üretiminden itibaren son kullanıcıya kadar iletilmesinde görevli kuruluşlar bu görevi yerine getirirken elektrik şebeke yönetmeliğinde belirtilen sınırlar dahilinde elektriği iletmekle yükümlüdürler [8].

Her ne kadar iletim ve dağıtım sistemi işleticileri sistemi şebeke yönetmeliğinde belirtilen sınırlar içinde tutamak zorunda olsalar da tüketicilerinde elektrik kullanımında dikkat etmesi gereken kurallar vardır. Kabaca bir sistemi düzgün ve kurallarına göre işletebilmeniz için o sistemin planlamasını yapmanız gerekmektedir [9].

Elektrik enerjisinin kaçak olarak kullanımı dağıtım ve iletim sistemi işleticileri için büyük bir problem oluşturmaktadır. Planlanan bir sistemden kaçak olarak çekilen elektrik ve kaçak olarak tesis edilen çeşitli hatlar sistemin bütün dinamiğini bozmakta buda son kullanıcıya kalitesiz elektrik olarak dönmektedir [10].

Bu çalışmada Ülkemizin Güneydoğu Anadolu Bölgesinde özellikle yaz aylarında tarımsal sulama nedeniyle artış gösteren kaçak elektrik kullanımının elektrik sistemini nasıl etkilediğinden ve bu etkiler sebebi ile Türkiye elektrik sisteminde görülen olumsuzluklardan bahsedilmiştir [11].

Bölge özellikle yaz aylarında yoğun olarak gerilim dalgalanmaları yaşanmaktadır. Söz konusu dalgalanmalar sebebi ile bölgede yer alan yerel halk, hastaneler, sanayi tesisleri ve çeşitli kuruluşlardan sürekli olarak şikayetler ilgili kuruluşlara iletilmektedir [12].

Yaşanılan bu olumsuzluklar sebebi ile öncelikli olarak bölge genelinde yaygın olarak görülen kaçak elektrik kullanımı detaylıca incelenmiş aynı zamanda bölge iletim sistemi üzerinden de güç kalitesi izleme cihazları ile izleme yapılmıştır. Bu gözlemler kullanılarak bölge iletim sistemi üzerinde PSS/E programı vasıtasıyla çeşitli analizler yapılarak sistemin kapasite yönünden yeterliliği test edilmiştir. Daha sonrasında ise dağıtım hatları tek tek kontrol edilerek bu hatların karakteristikleri belirlenmiştir [13].

Elde edilen bütün bilgiler ışığında yaşanan gerilim dalgalanmalarının nedenleri açıklanmış ve sonuç bölümünde ise yaşanan bu dalgalanmaları en aza indirmek için izlenebilecek çözüm önerilerinden bahsedilmiştir.

2. ELEKTRİK ENERJİSİNİN ÖNEMİ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ ELEKTRİK SİSTEMİ

Ülkemizin Güneydoğu Anadolu Bölgesi tarımsal sulamanın yoğun olarak görüldüğü bir bölgedir. Bölgede yer alan illerden Şanlıurfa, Mardin ve Diyarbakır illerinde çok geniş tarımsal araziler bulunmakta olup bu arazileri sulamak için genel olarak sulama kuyuları kullanılmaktadır. Bölgede GAP projesi kapsamında sulama kanalları planlanmış olup bu kanallar henüz tam anlamıyla bitirilememiştir [14].

Bölgede bahsi geçen illerin dağıtım sisteminden sorumlu olan şirket Dicle EDAŞ'tır. Dicle EDAŞ dağıtım bölgesi Türkiye'de kayıp kaçak oranının en fazla olduğu bölgedir. Söz konusu kaçak elektrik en fazla tarımsal bölgelerde, sulama kuyularını çalıştırmak üzere kullanılmaktadır [15].

Bölge halkı tarafından izinsiz olarak açılan sulama kuyularında dalgıç su pompaları kullanılmakta olup bu kuyuların derinliği bilinçsiz su kullanımına paralel olarak her geçen gün artmaktadır. Bu da her geçen gün artan kaçak elektrik kullanımı demektir. Her geçen gün artan elektrik kullanımına paralel olarak dağıtım hatları da her geçen gün artmaktadır. Hatta bölgede, bölge halkı tarafından tesis edilen, dağıtım şirketince kontrol edilemeyen, uzunluğu her geçen gün artan dağıtım hatları bulunmaktadır [16].

Bölge elektrik sistemini iki başlık altında incelemek gerekirse, iletim ve dağıtım sistemi olarak incelemek daha doğru olacaktır.

2.1. Güneydoğu Anadolu Bölgesi İletim Sistemi

Bölge iletim sistemi işleticisi tüm Türkiye iletim sisteminden sorumlu olan Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ)'dir. TEİAŞ'ın yapılanması aşağıdaki gibidir.

TEİAŞ Merkez Teşkilatı

Ana Hizmet Birimleri

- Yük Tevzi Dairesi Başkanlığı
- İletim Hatları Tesis Dairesi Başkanlığı
- İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı

- İletişim ve Bilgi Sistemleri Dairesi Başkanlığı
- Trafo Merkezleri Tesis Dairesi Başkanlığı
- Tarifeler ve Müşteri Hizmetleri Dairesi Başkanlığı

Danışma ve Denetim Birimleri

- Teftiş Kurulu Başkanlığı
- Hukuk Müşavirliği
- Planlama ve Yatırım Yönetimi Dairesi Başkanlığı

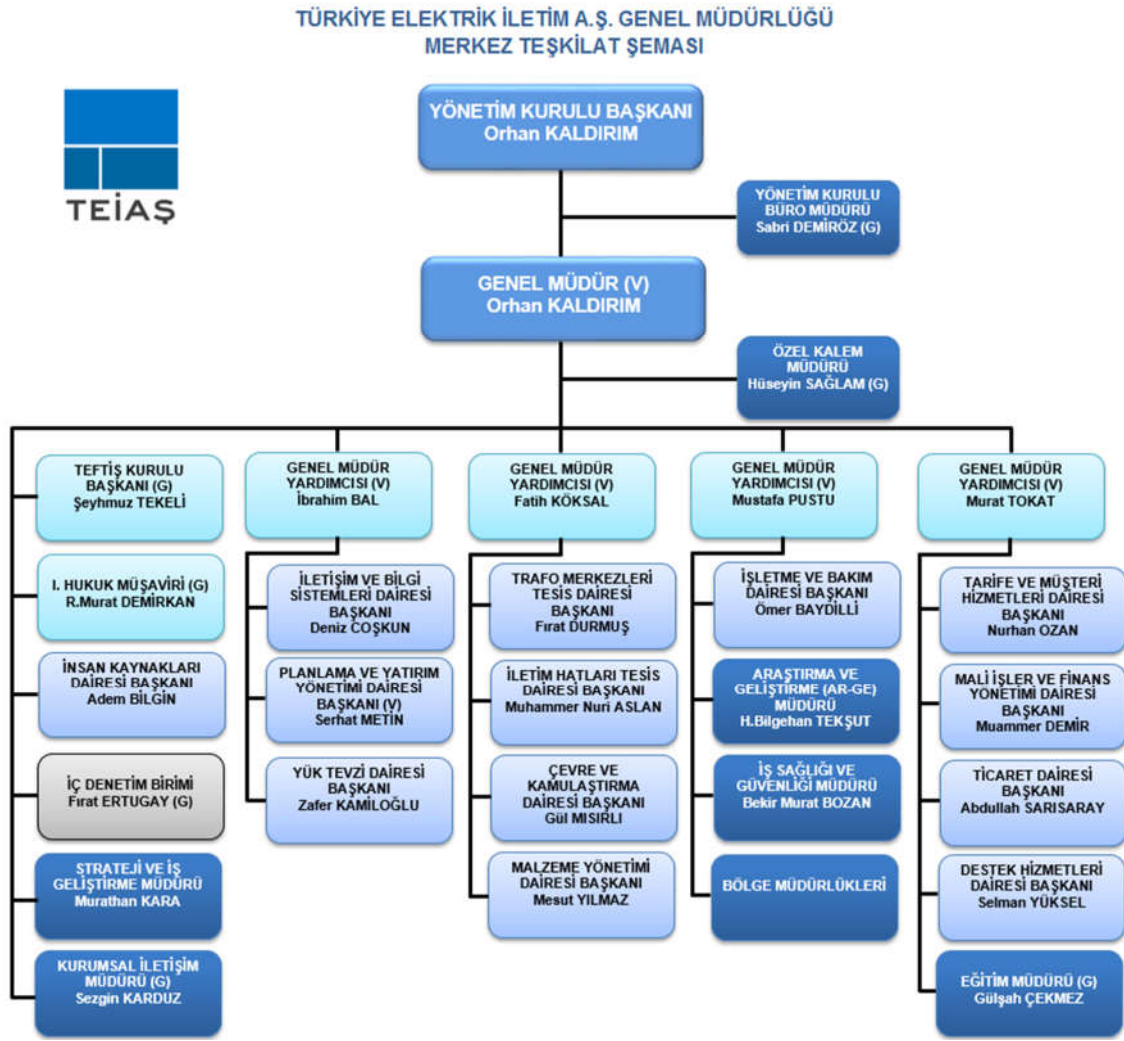
Yardımcı Hizmet Birimleri

- İnsan Kaynakları ve Destek Hizmetleri Dairesi Başkanlığı
- Mali İşler Dairesi Başkanlığı
- Destek Hizmetleri Dairesi Başkanlığı,
- Çevre ve Kamulaştırma Dairesi Başkanlığı
- Ticaret Dairesi Başkanlığı
- Özel Kalem Müdürlüğü
- Yönetim Kurulu Büro Müdürlüğü

Taşra Teşkilatı

- 22 Bölge Müdürlüğü
- 10 Yük Tevzi İşletme Müdürlüğü
- Güç Trafoları Onarım İşletme Müdürlüğü
- Özel Yükler ve Mobil Merkezler Taşıma İşletme Müdürlüğü
- Gölbaşı Sosyal Tesisleri İşletme Müdürlüğü
- Elektronik Laboratuvarı İşletme Müdürlüğü
- Soma Elektrik Teknolojileri Geliştirme ve Eğitim Tesisleri İşletme Müdürlüğü

TEİAŞ organizasyon şeması Şekil 2.1’de verilmiştir.

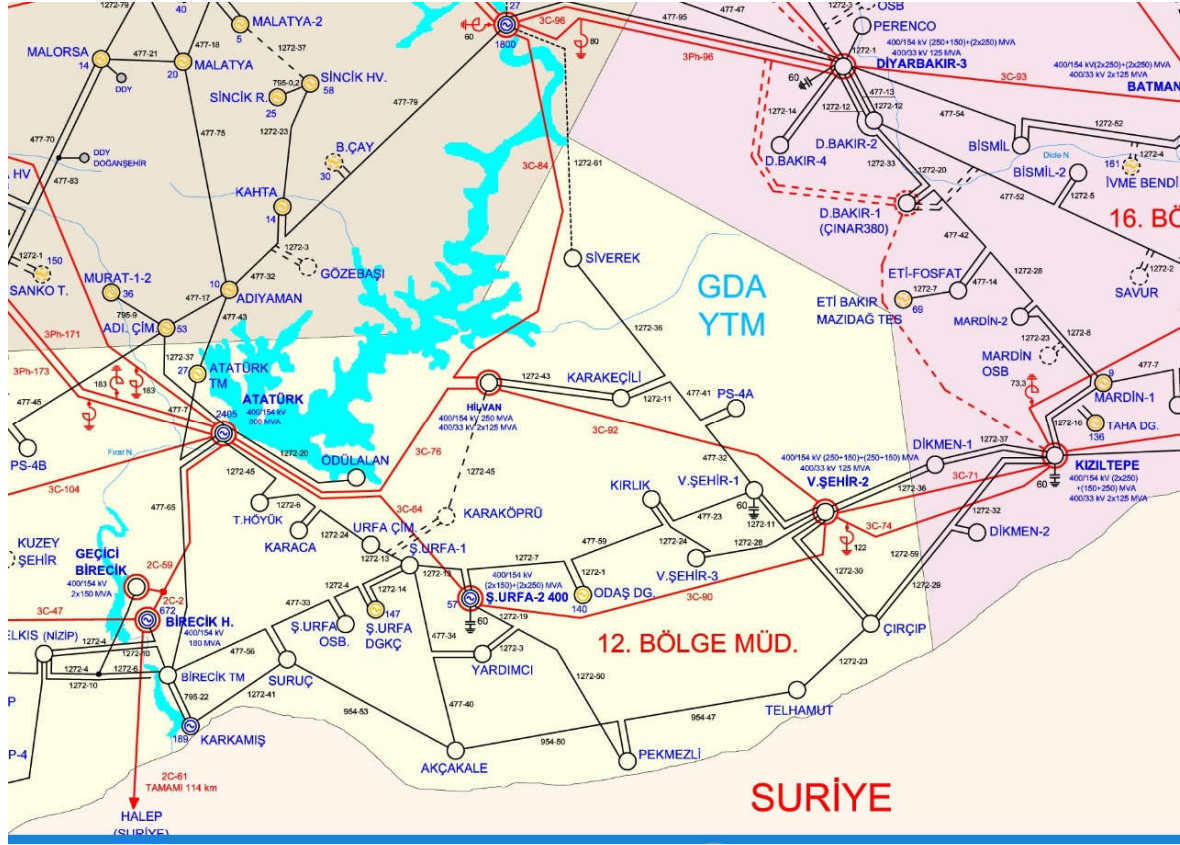


Şekil 2.1. TEİAŞ organizasyon şeması

Bölge iletim sistemi hakkında bilgi verilirken tarımsal sulamanın yoğun olarak görüldüğü Şanlıurfa, Mardin ve Diyarbakır İllerinden bahsedilecektir.

- Şanlıurfa ilinde dağıtımına hitap eden 154/33 kV toplam 24 adet trafo merkezindeki kurulu güç 4.441 MVA dır.
- Mardin ilinde dağıtımına hitap eden 154/33 kV toplam 13 adet trafo merkezindeki kurulu güç 2.267 MVA dır.
- Diyarbakır ilinde dağıtımına hitap eden 154/33 kV toplam 11 adet trafo merkezindeki kurulu güç 2.407 MVA dır.

Bu üç ilin toplam 154/33 kV trafo kapasitesi 9.115 MVA dır. Harita 2.1’de bölge iletim sistemini görülmektedir.



Harita 2.1. Güneydoğu Anadolu Bölgesi iletim sistemi haritası

Bölgenin 154 kV iletim sisteminde yer alan hatların büyük bölümü havai hat olarak kullanılan en yüksek kesitteki 1272 MCM'dir. Bu kesite bir hattın yaz aylarında taşıyabileceği maksimum yük 206 MW'tır. Bölgede yer alan en düşük kesitteki hat ise 477 MCM'dir. Bu kesitin yaz aylarında taşıyabileceği maksimum yük ise 110 MW'tır. Bölgede yer alan 477 MCM hataların büyük bölümü 1272 MCM olarak yenilenmek üzere TEİAŞ yatırım programındadır [17].

Ayrıca elektrifikasyon şemasında görüldüğü üzere Diyarbakır ilinde 400 kV Çınar TM planlanmakta olup bu merkezin tesisi ile birlikte bölgeye 1000 MVA ilave bir ototrafo kaynağı gelmiş olacaktır. Buda bölgedeki toplan 400/154 kV ototrafo kurulu gücünü 6.300 MVA'ya çıkaracaktır [18].

2.2. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Dağıtım Sistemi

Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.'nin Özelleştirme Yüksek Kurulu'nun 02.04.2004 tarih 2004/22 sayılı kararı ile özelleştirme kapsamı ve programına alınması neticesinde;

Özelleştirme İdaresi Başkanlığı'nın 31.01.2005 tarih B.02.1.ÖİB.0.10.07/00-991 sayılı yazısı ile Diyarbakır, Şanlıurfa, Batman, Mardin, Siirt ve Şırnak illerinden oluşan Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş.'nin kurulmasına karar verilmiştir. 01.03.2005 tarihinde merkezi Diyarbakır'da olmak üzere; Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş. hizmete başlamıştır.

28.06.2013 tarihinden itibaren Dicle EDAŞ tam özel bir şirket olarak bölge dağıtım sisteminin işleticisi olmuştur [19].

Dicle EDAŞ bir dağıtım şirketi olarak TEİAŞ'a ait herhangi bir trafo merkezinden yük çekmek istediğinde TEİAŞ ile Bağlantı Anlaşması yapmak zorundadır. Bağlantı anlaşmasının ardından ne kadar güç çekeceklerini belirttikleri sistem kullanım anlaşması imzalanmaktadır. Sistem kullanım anlaşmasında belirtilen güç dağıtım şirketinin o trafo merkezinden çekebileceği maksimum güç olup bu gücün üzerine çıkılması durumunda söz konusu şirkete ceza kesilmektedir. Özet olarak dağıtım şirketince sistem kullanım anlaşması sırasında talep edilen güç tahmini olarak o merkezden çekilebilecek maksimum güç hakkında bilgi vermektedir [20].

Dicle EDAŞ'ın Şanlıurfa, Mardin ve Diyarbakır İllerindeki trafo merkezleri üzerinden yaptığı toplam sistem kullanım anlaşması gücü 2.692 MW'tır.

Buna karşılık bölgede dağıtıma hitap eden 154/33 kV trafo kurulu gücü 9.115 MVA'dır. Bu haliyle bakıldığında bölgede arz güvenilirliği açısından herhangi bir problem görünmemektedir [21].

Bölge de özellikle kırsal bölgede dağıtım sistemi dal budak şeklindedir. Yani tek bir kaynaktan çıkan ana hat üzerinden ayrılan dallar ve bu dallar üzerinden beslenen yükler şeklindedir. Böylesi bir modelde hattın uzaması durumunda hat sonlarına doğru gerilim düşümleri yaşanmasına sebep olmaktadır [22].

Hat sonlarında gerilim düşümü olması sebebi ile bu noktalardaki elektrik cihazları sağlıklı çalışmamakta ve hatta çoğunlukla arıza vermektedirler. Bu durum bölge halkında şikâyetlere sebep olmaktadır. Ayrıca ülke ekonomisine de negatif olarak etki etmektedir.

3. ASENKRON MOTORLAR

Güneydoğu Anadolu Bölgesi genelinde tarımsal sulama için sulama kuyuları kullanılmakta olup bu kuyulardan su çekmek için genellikle dalgıç su pompaları tercih edilmiştir. Söz konusu pompalarda kullanılan motorlar asenkron motorlardır. Bu sebeple bu motorların genel karakteristikleri hakkında bilgi vermek gerekmektedir.

Sargılarına verilen alternatif akım sonrası meydana gelen döner manyetik alan dönme hızının rotor dönme hızından farklı olan motorlara asenkron motorlar denilir. Bu motorlar indükleme prensibine göre çalışmaktadırlar. Bu sebeple bu motorlara indüksiyon motorları da denilmektedir [23].

- Asenkron motorların avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir;
- Diğer motor tiplerine göre maliyetleri düşüktür,
- Bakımları kolay ve genellikle az bakım gerektirirler,
- Çalışmaları temizdir yani çalışırken ark oluşturmazlar,
- Güç seçenekleri çok fazladır. 100 Wattan başlayıp 3500 kW'a kadar çıkabilir,
- İsteğe göre imal edilebilir örneğin tek faz ve üç fazlı olarak imal edilebilir,
- Momentlerinin yüksektir,

Sayılan bu avantajlar sebebi ile asenkron motorların kullanım alanı oldukça geniştir ve endüstride en fazla tercih edilen motorlardandır.

3.1. Asenkron Motorlara Yıldız Üçgen Yol Verme

Yıldız üçgen yol verme yöntemi büyük güçlü motorlarda uygulanmaktadır. Bu yöntem ile motor ilk hareket anında şebekeden $1/3$ civarında daha az akım çeker. Kalkış anında motora yıldız olarak yol verildiği için motora şebeke gerilimin $1/\sqrt{3}$ 'ü uygulandığı için motorun şebeken çektiği akımda normal akımın $1/3$ olur.

Direkt yol verilerek çalıştırılan motorlar ilk çalışma anında nominal akımının 5-7 katı akım çekerler. Bu sebeple yıldız üçgen yol verme metodu oldukça önemlidir. Bu şekilde yol

verilen motor anma devrine ulaştığı zaman üçgen bağlantıya geçirilir. Ancak bu noktada yıldız bağlantıdan, üçgen bağlantıya geçirirken geçisin darbesiz olması çok önemlidir. Aksi halde kontaktörler arasında ark oluşabilir, buda kontakların yapışmasına neden olabilir.

Yıldız üçgen yol verme yönteminde iki önemli nokta bulunmaktadır. Bunlardan birincisi motorun yıldız çalışma süresi diğeri ise yıldız bağlantıdan üçgen bağlantıya geçiş süresidir. Eğer motor devir sayısı yeterince yükselmeden üçgen bağlantı yapılırsa motor şebekeden gereğinden fazla akım çekecektir. Dolayısı ile motorun anma devir sayısına ulaşması için belli bir süre gereklidir. Bu süre motorun gücüne göre değişmekle birlikte genellikle 8-9 saniye civarındadır. Ancak motor anma devrine ulaşmasına rağmen halen üçgen bağlantıya geçmezse normal çalışma momentinin altında bir momentle çalışır ve motor belli bir yükün üzerinde yük momentini karşılayamaz hale gelir. Bu durumda devir sayısı düşmeye başlar ve üçgen bağlantıya geçerken darbeleri bir biçimde geçiş yapılır.

4. PSS/E ANALİZ PROGRAMI

PSS/E programı Siemens firmasının geliştirmiş olduğu bir çeşit simülasyon programıdır. Bu program ile birlikte büyük çaplı elektrik sistemleri modellenenir ve bu model üzerinde çeşitli analizler yapılabilir. Oluşturulan model üzerinde görsel olarak yük akışları izlenebilmektedir. İleriye dönük yük tahminleri ile birlikte oldukça kullanışlı olan bu program ayrıca dinamik analizde yapabilmektedir [24].

PSS/E programı PYTHON yazılım programında desteklemekte olup bu yazılım dili ile oluşturulan kısa kodlarla elektrik şebeke modeli üzerinde istenilen sonuçlar kısa sürede alınabilmektedir.

4.1. PSS/E’de Sistem Modellemesi

Türkiye Elektrik İletim Sistemi PSS/E Programında modellenmiştir. Bu model üzerinde sistem tahminleri ve çeşitli analizler yapılarak sistemin güvenliği için önceden önlemler alınmaktadır. Bu sebeple PSS/E modelinin sürekli güncel tutulması gerekmektedir [25].

PSS/E programında kabaca anlatmak gerekirse 400 kV, 154 kV ve 34,5 kV baralar, bu baralara bağlı olan yükler ve yine bu baralara bağlı olan üretim santralleri modellenmektedir. Ayrıca TM’ler arasında yer alan uzun iletim hatları da modele işlenmektedir. Yine sistem elemanlarında kapasitörler ve reaktörlerde sistem üzerinde modellenmektedir. Sistemin bütün parçalarının modellenmesinin ardınsan sistem bir yada iki adet salımın barası belirlenmektedir. Sonsuz üretim kaynağı gibi davranan bu baralar sistemin stabil çalışması için kullanılmaktadır.

4.2. Türkiye İletim Sistemi PSS/E Modeli

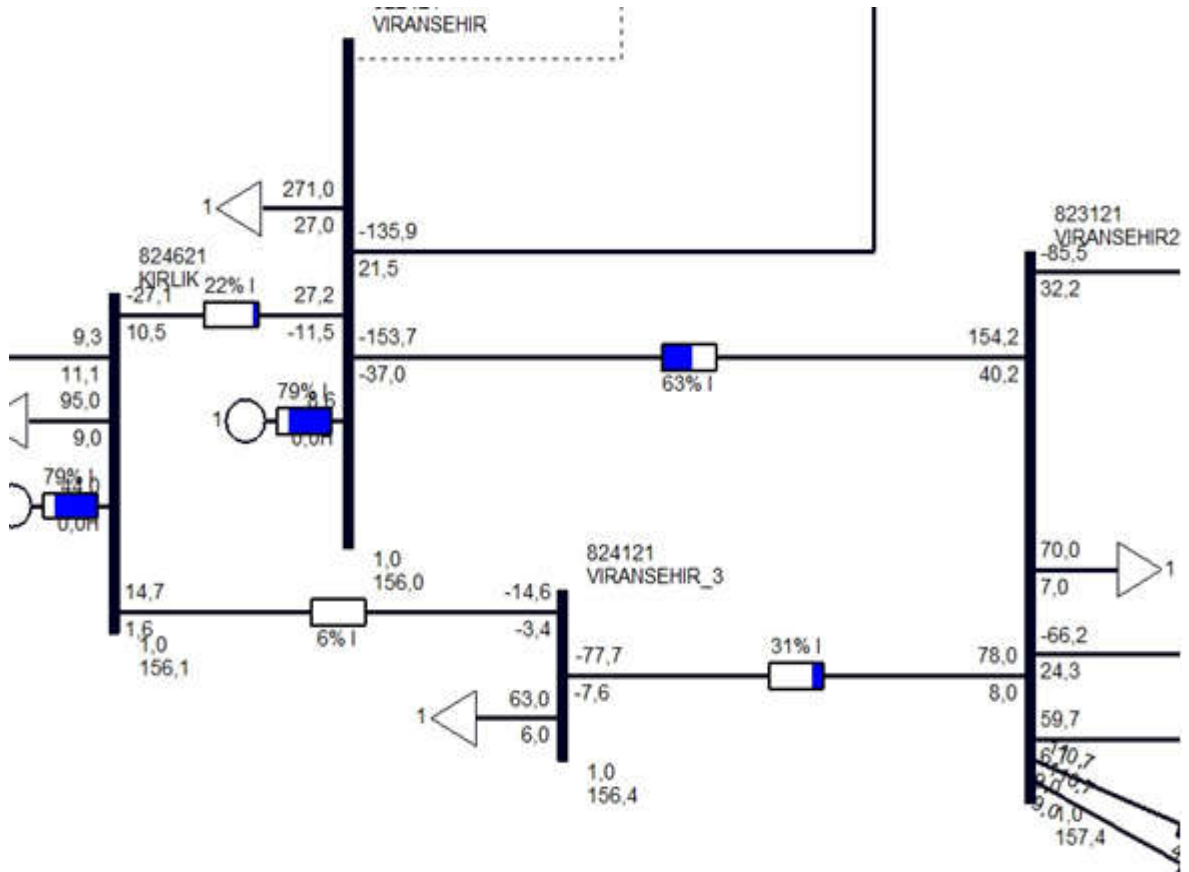
PSS/E programında tüm Türkiye iletim sistemi modellenmiştir. Bu model düzenli aralıklarla her yıl güncellenmektedir.

Sistem planlaması yapılırken TEİAŞ’ın kendi yük tahminleri ve dağıtım şirketlerinin talep tahminleri dikkate alınmaktadır. Bu tahminler beş ve on yıllık olarak iki şekilde yapılmaktadır. Bulduğumuz yıldan beş yıl sonrası ve on yıl sonrası sistem modelleri

4.3. N-1 Analizi

N-1 analizi, çalışana bir sistemde her herhangi bir teçhizatın arızalanması durumunda o teçhizat olmadan sistemin normal işleyip işleyemeyeceğine bakmaktır. Elektrik iletim sisteminde N-1 analizinde herhangi bir hattın ya da trafonun sistem harici olması durumunda kalan trafoların veya hatların güvenli bir şekilde işletmede kalıp kalmayacağına bakılır [28].

Örnek olarak Şekil 3.1'deki PSS/E modelinde Şanlıurfa ilinde yer alan 154 kV Viranşehir-3 Trafo Merkezinin bağlantıları görülmektedir.



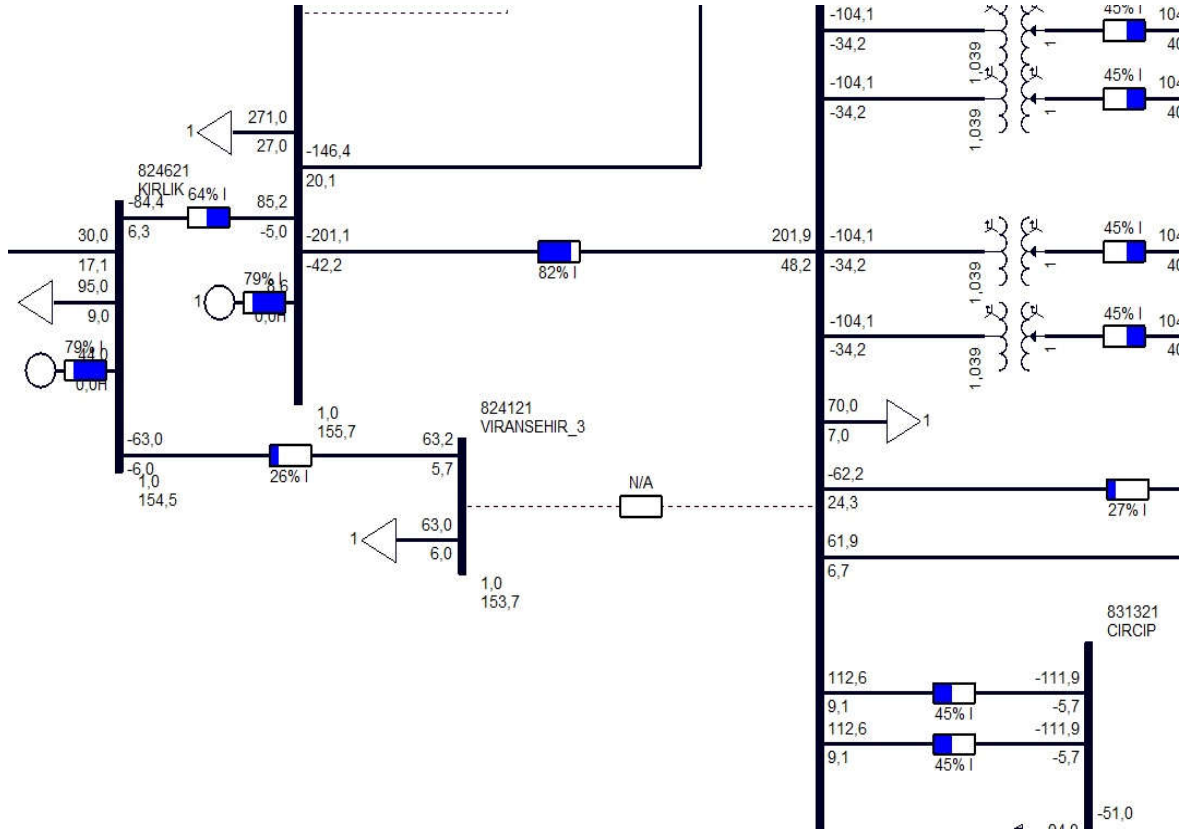
Şekil 4.1. 154 kV Viranşehir-3 TM Bağlantıları PSS/E Modeli

Şekil 4.1'den de görüleceği üzere Viranşehir-3 trafo merkezinin iki adet bağlantısı bulunmaktadır. Bunlar 154 kV Kırılık ve Viranşehir-2 TM'lere bağlanmaktadır. Şekilde görülen bağlantılar üzerinde hatlar üzerinden akan yüklerde görülmektedir. Şekilde görülen koşullarda 154 kV Viranşehir3 - Kırılık Hattı %6 ve 154 kV Viranşehir3 – Viranşehir2 Hattı %31 yüklenmektedir. Yani mevcut koşullarda hatlar açısından herhangi bir yüklenme

sorunu yoktur.

Ancak olası bir hat arızası durumunda örneğin 154 kV Viranşehir3 -Viranşehir2 Hattının devre dışı kalması durumunda diğer bağlantı olan Kırılık Hattının yüklenmesine bakılmalıdır. Çünkü bu bağlantı aşırı yüklenir ve devre dışı kalırsa Viranşehir-3 trafo merkezi servis harici kalacak ve yaklaşık 66 MW'lık bir yük karşılanamayacaktır. Buda bölgede elektrik kesintisine sebep olacaktır [29].

Şekil 4.2'de ise Viranşehir-3 TM'nin Viranşehir-2 TM bağlantısının açık olduğu durumu göstermektedir.



Şekil 4.2. Viranşehir 3 TM bağlantıları N-1 durumu PSS/E modeli

Şekil 4.2'den görüldüğü üzere 154 kV Viranşehir3 – Viranşehir2 hattı açılmış ve diğer bağlantı olan 154 kV Kırılık – Viranşehir3 hattı %26 civarında yüklenmiştir. Bu da bize göstermiştir ki Viranşehir-3 TM hatlarının N-1 güvenliği vardır. Yani hatlardan biri arıza devre dışı kalsa dahi devrede kalan hat TM'nin yükünü taşıyabilecek kapasitededir.

Tek bir merkez ve ya hat için N-1 analizi yukarıdaki gibi hatlar tek tek açılarak bakılabilir ancak bölge geneline veya Türkiye geneli N-1 analizi yapılmak istenirse yüzlerce trafo merkezinin ve yine yüzlerce hattın tek tek açılıp kapatılması çok uzun zaman alacaktır. PSS/E programının bu nokta otomatik olarak seçilen tüm bölgenin N-1 analizini yaparak raporladığı menüleri mevcuttur. Buda PSS/E programının kullanılmasında en önemli faktörlerden birisidir [30].

4.3.1 PSS/E programında N-1 analizinin otomatik olarak yapılması

Yukarıda anlatıldığı üzere N-1 analizinin otomatik olarak yapılması kullanıcıya büyük kolaylık sağlamakla birlikte zaman olarak son derece avantajlı bir yöntemdir.

Aşağıda Güneydoğu Anadolu Bölgesi iletim sisteminin otomatik olarak N-1 analizinin nasıl yapıldığı gösterilmiştir.

Bölge iletim sistemi PSS/E programına modellenirken trafo merkezleri ve iletim hatları bölge bölge modellenmiştir. TEİAŞ taşra teşkilatı 22 adet bölgeden oluşmakta olup bu bölgelerin genel görünümü Harita 4.2’de gösterilmektedir.

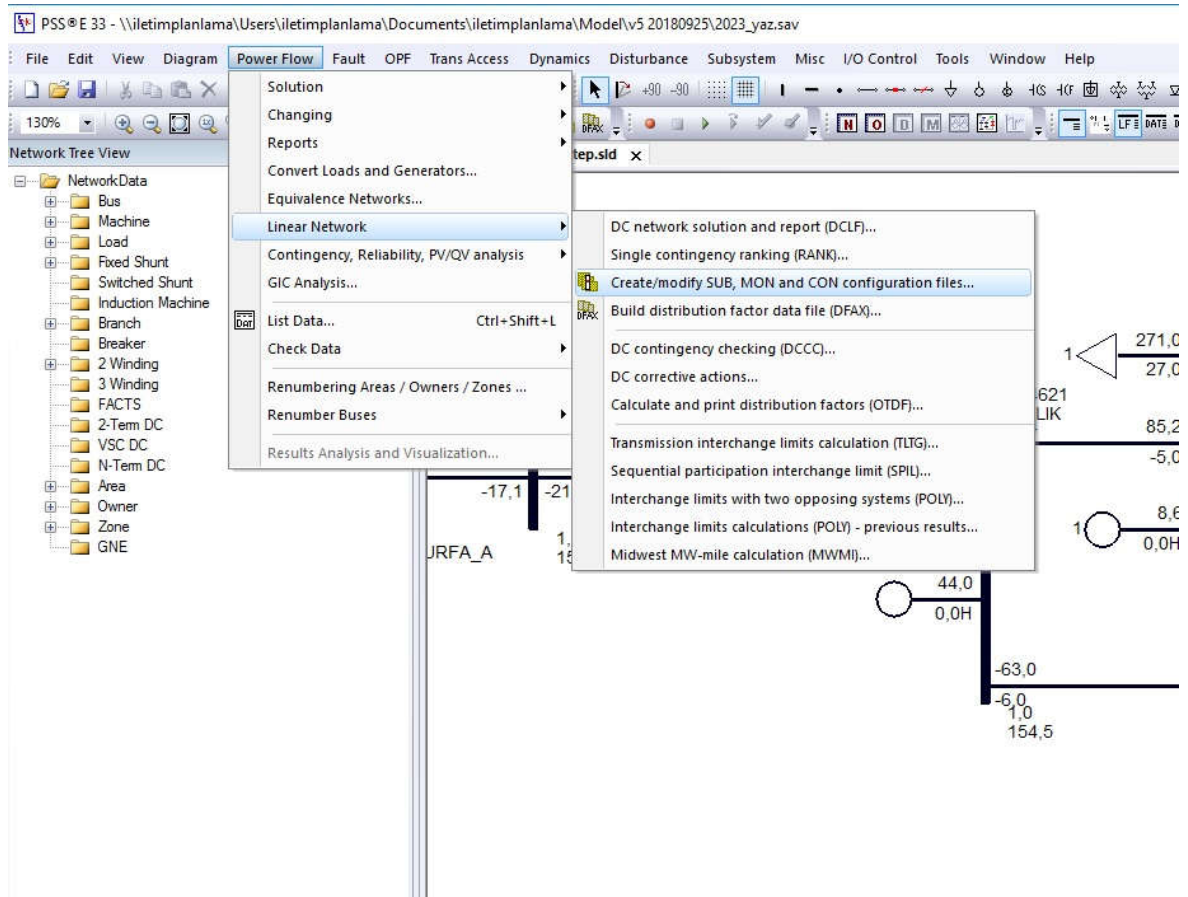


Harita 4.2. TEİAŞ bölge müdürlükleri haritası

Harita 4.2’den görüleceği üzere Şanlıurfa, Mardin ve Diyarbakır illeri 12. ve 16. Bölge

Müdürlükleri sorumluluk alanına girmektedir. Dolayısı bu illerin N-1 analizi yapılırken 12. ve 16. Bölgeler seçilerek otomatik analiz yapılacaktır.

N-1 analizini otomatik olarak yaparken ilk önce bazı dosyaların oluşturulması gerekmektedir. Bu sebeple PSS/E programının menüsünden sırasıyla Power Flow, Linear Network ve Create Sub, Mon and Con configuration files seçeneği seçilir. Şekil 4.3 te bu seçenekler gösterilmiştir.



Şekil 4.3. PSS/E N-1 analizi Sub Mon Con doyası oluşturma

Açılan menüden Subsystem seçilerek hangi bölgeler için N-1 analizinin yapılacağı seçilir. Yukarıda da belirtildiği üzere 12. ve 16. Bölgeler seçilmiştir. Çünkü gerilim dalgalanması yoğun olarak 12 ve 16. Bölgelerde görülmektedir.

Burada bölge seçilmesinin sebebi olarak yalnızca 12. ve 16.Bölgede N-1 analizi yapılarak oluşturulacak raporda yine yalnızca bu bölgelerdeki aşırı yüklenmeler gösterilecektir. Dolayısıyla Türkiye'nin başka bir noktasındaki aşırı yüklenen hattın sonucu raporda

görünmeyecektir. Buda bizi odaklanmak istediğimiz bölgeye yoğunlaştıracaktır.

Bir sorunun analizini yaparken bölgesel bazlı çalışmak sorunun kaynağını bulmak açısından büyük öneme sahiptir. TEİAŞ iletim sistemi dataları oluşturulurken her bir hat, bara, ve trafo bölgesel olarak adreslenmiştir. Böyle bir çalışma bölgesel bazlı olarak çalışmak istenildiğinde büyük kolaylık sağlamaktadır.

Configuration File Builder

Files to create/modify

☒ Create/modify SUB ☒ Create/modify MON ☒ Create/modify CON

Subsystem Description Data file

☒ Append Subsystem description to existing file

Subsystem name: N-1 analiz

Select bus subsystem: Select...

Subsystem description file: [Empty] [Edit...]

Monitored Element Data file

☒ Append Monitored elements to existing file

☒ Bus voltage range: Vmin: 0.95, Vmax: 1.05

☒ Bus voltage deviation: Drop: 0.03, Rise: 0.06

☒ All branch flows ☒ All tie-line flows

Monitored element file: [Empty] [Edit...]

Contingency Description Data file

☒ Append Contingency descriptions to existing file

☒ Single contingency ☐ Double contingency

☐ Bus-double contingency ☒ Parallel circuit contingency

☒ Include tie-lines

Contingency description data file: [Empty] [Edit...]

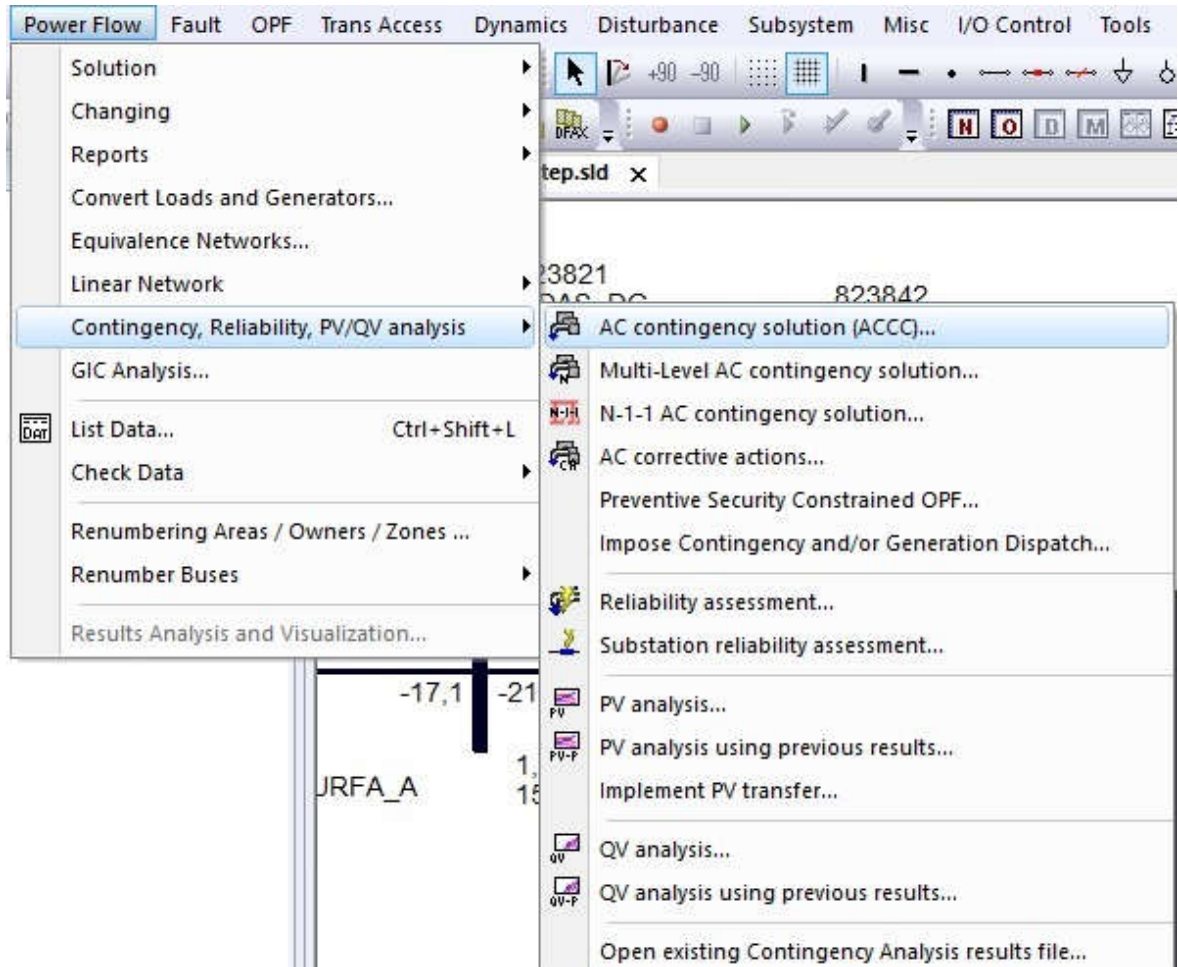
DFAX... Go Close

Şekil 4.4. Sub Mon Con dosyalarının oluşturulması

Bölge seçildikten sonra Şekil 4.4'teki gibi ekran karşımıza gelecektir. Burda üç adet doya için iletim girilecektir. Bu dosyalar Subsystem Description to Existing File (Sub), Monitor Element Data file (Mon) ve Contingency Description File (Con) dosyalarıdır. Bu doyalarda hangi raporlama işleminde hangi parametrelere dikkat edileceği belirlenecektir. Örneğin yukarıdaki parametrelere göre N-1 analizinde sistemin $\pm 5\%$ gerilim değişim aralığında $\pm 3 - 6\%$ sapmalarını raporlamasını istenilecektir.

Bu analizi yaparken yalnızca N-1 durumuna bakılacağı için Single Contingency işaretlenmiştir. Bölgenin diğer bölgeler ile olan bağlantı hatlarının da N-1 analizine dahil edilmesi istendiği için “Include tie-lines” kutucuğu işaretlenmiştir.

Dosyalar oluşturulduktan sonra N-1 analizini yapmak üzere aşağıdaki yol izlenmelidir.



Şekil 4.5. N-1 analizi ekranı

Daha sonrasında ise Şekil 4.6'daki gibi karşımıza çıkan pencerede oluşturduğumuz dosyaların girilmesi istenilecektir.

Bu noktada yukarıda oluşturulan her bir dosyada seçilen bölge ve gerilim seviyesi, raporlanırken dikkat edilecek hususlar tek tek PSS/E programına yüklenmiş olacaktır. Dolayısı ile son adımda raporlama istendiğinde önümüze bir çok seçenek çıkacak ve bu

seçeneklerden istediğimiz bilgiye göre raporlama yapabileceğiz.

Bu noktada bir çok girdiye göre rapor alabilmek, aranılan sorunun sebeplerini seçmek açısından büyük kolaylık sağlamaktadır.

Elektrik sisteminde yağanılan bir sorunun tam anlamıyla sebebini anlamak için sistemin gerçeğe en yakın haliyle programa iğlenmesi ve bu Đekilde programın alığtırılarak sorunun kaynağının tespit edilmeye alığılması gerekmektedir.

The screenshot shows the 'AC Contingency Solution' dialog box. The 'Solution options' section includes 'Tap adjustment' (Lock taps selected), 'Area interchange control' (Disabled selected), and 'Switched shunt adjustments' (Enable all selected). The 'Solution Engine' section has 'Fixed slope decoupled Newton-Raphson' selected. The 'Dispatch mode' is set to 'Disable' and the 'Dispatch system' is '12'. The 'Mismatch tolerance' is '0.50'. The 'Low terminal voltage behavior' is 'Induction machine stalls' and the 'Induction machine(s) stalled or tripped' is 'Treat contingency as non-converged'. The 'Distribution factor data file' is 'C:\Users\zafermertoglu\Desktop\12.dfx', the 'Contingency solution output file' is 'C:\Users\zafermertoglu\Desktop\12.acc', and the 'Load throwover data file' is empty. The 'Unit inertia and governor data file' is empty, the 'Incremental Save case archive' is empty, and the 'RAV database' is empty. The 'Reports...' button is highlighted.

Đekil 4.6. N-1 analizi dosya seme ekranı

Đekil 4.6'daki ekranda Reports tuğuna basıldığında Đekil 4.7'deki gibi bir pencere aılacaktır. Açılan pencerede sistem üzerindeki hatların para metreleri yüklenme değerleri gibi ifadeler görülecektir. Bu pencereden analiz edilen döneme göre seçimler yapılarak hatların veya trafoların seçilen döneme göre yüklenmelerine bakmak gerekmektedir.

Elektrik sistemindeki özellikle iletim hatlarının yılın dört mevsimi değiğen yüklenme

değerleri vardır. Örnek olarak 154 kV 477 MCM bir hattın yaz aylarında taşıyabileceği maksimum yük 110 MW iken bu değer bahar aylarında 132 MW'a çıkmaktadır. Aynı şekilde trafolar da bu şekilde yılın belli dönemlerinde hava sıcaklığı sebebi ile aşırı yüklenebilmektedir.

AC Contingency Reports

Report format: Non-spreadsheet overload report

Base case: Rate A ☐ Use Emergency Voltage limit

Contingency case: Rate B ☐ Use Emergency Voltage limit

☐ Exclude interfaces from reports

☒ Perform voltage limit check

☒ Exclude elements with base case loading violations from contingency reports

☒ Exclude elements with base case voltage range violations from contingency reports

☒ Exclude cases with no overloads from non-spreadsheet overload report

☐ Report post-tripping simulation solutions

☐ Report loss of loads

0 Number of low voltage range violations

0 Number of high voltage range violations

0 Number of voltage deviation violations

0 Number of buses in largest disconnected island

6000 Maximum elements in available capacity table

100,00 Percent of flow rating

0,000 Minimum contingency case flow change for overload reports

0,00 Minimum contingency case voltage change for range violations

0,00 Minimum contingency case % loading increase for overload reports

99999,00 Cutoff threshold for available capacity table

0,50 Bus mismatch tolerance (MVA)

5,00 System mismatch tolerance (MVA)

Contingency solution file: C:\Users\zafermertoglu\Desktop\12.acc

Browser... Go Close

Şekil 4.7. N-1 analizinde dikkat edilecek parametreler

Bu ekran ilk dikkat edilecek kısım Rate A olarak görülen kısımdır. Sistem modellenirken hatların yüklenme kapasiteleri Rate A, B ve C olarak modellenmektedir. Bu modeller Yaz, Kış ve Bahar olarak ifade edilebilir. Hattın termik yük taşıma kapasitesinin en düşük olduğu dönem yaz dönemidir. Çünkü yük taşıyan hat zaten kendi kendine ısınacaktır. Bunun üzerine havanın sıcak olması hattın taşıma kapasitesine düşürecektir. Bu sebeple analiz yapılacak

alanın hangi hava koşullarına göre analiz yapılacağı tespit edilmelidir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi sıcak bir bölge olduğu için yaz dönemi seçilmiştir. Birde raporlanacak değerler kısmında hattın yüklenme değeri hangi seviyeye geldiğinde raporlanması isteniyorsa o değer seçilmelidir. Burada hat %100'ün üzerinde yüklemesi durumunda raporlanması istenmiştir.

Dosyalar oluşturulup sistemin N-1 analizi yapıldığında ise Şekil 3.8'deki gibi bir rapor karşımıza çıkmaktadır.

Network ... OPF Tree ... Dynamic ... Model Tr ... Plot Tree ...									
Bus Plant Machine Load Fixed Shunt Switched Shunt Induction Machine Branch Breaker 2 Winding 3 Win									
Output Bar									
CONTINGENCY EVENTS					OVERLOADED LINES				
MULTI-SECTION LINE GROUPINGS					FROM TO				
					MVA(MW) FLOW				
					PRE-CNT POST-CNT RATING PERCENT				
OPEN LINE FROM BUS 810611 [4ELBISTAN_A1400.00] TO BUS 810643 [G-4ELBIST_A121.000] CKT 1					CONTINGENCY SINGLE 810611-810643(1)				
820011 4ATATURK_A 400.00 820042*G-4ATATURK1 15.750 1					59.0 343.0 315.0 108.9				
OPEN LINE FROM BUS 810611 [4ELBISTAN_A1400.00] TO BUS 810644 [G-4ELBIST_A221.000] CKT 1					CONTINGENCY SINGLE 810611-810644(1)				
820011 4ATATURK_A 400.00 820042*G-4ATATURK1 15.750 1					59.0 342.5 315.0 108.7				
OPEN LINE FROM BUS 813811 [4ELBSTN_B_TS400.00] TO BUS 813841 [G-4ELBIST_B120.000] CKT 1					CONTINGENCY SINGLE 813811-813841(1)				
820011 4ATATURK_A 400.00 820042*G-4ATATURK1 15.750 1					59.0 374.3 315.0 118.8				
					CONTINGENCY SINGLE 813811-813842(1)				

Şekil 4.8. N-1 analizi sonuç raporu

Raporlanan verilerde şunlardan bahsedilmektedir;

400 kV Elbistan TM'de bulunan 400 / 12 kV'luk santralin üretim trafosu devre dışı kaldığında 400 kV Atatürk HES'teki 400/15,75 kV'luk santral trafosu %108 civarında yüklenmektedir.

Burada 400/12 ve 400/15,75 kV trafolarla santral trafosu denilmiştir. Çünkü TEİAŞ standartlarında dağıtım hitap eden trafolar 400/33 kV, 154/33 kV standartlarındadır. Dolayısı ile yukarıdaki rapora göre dağıtım sistemini besleyen trafolar ve 154 kV iletim hatları ile ilgili herhangi bir N-1 sorunu yoktur.

5. DigSILENT PROGRAMI

DigSilent programı, iletim sistemi, dağıtım sistemi ve endüstriyel elektrik sistemlerinin analizi için kullanılan ve elektrik güç sistemi planlanmasında ve işletilmesinde optimizasyon hedeflerine ulaşmak için tasarlanmış bir çok yönlü bir yazılım programıdır. DigSilent, "Digital Simulation of Electrical Networks" kelimelerinin kısa halidir. Bu program ile elde edilen bulguların kesinliği ve geçerliliği dünya genelinde planlama ve güç sistemlerinin işletilmesi ile ilgili kurumlar tarafından belgelenmiştir. Bu analiz programı, kullanıcıların güç sistemi analizlerindeki ihtiyaçlarını karşılamak için entegre bir hesaplama aracı olarak tasarlanmıştır.

5.1. DigSilent Programının Temel Özellikleri

DigSilent Programı;

1. İletim, dağıtım ve üretim sisteminin tasarlanması, sayısal analizler, çıktı ve sonuçların raporlanması,
2. Verilerin işlenmesi ve tek hat şemasına dahil edilmesi,
3. Güç sistemi elemanlarının ve temel data veri tabanının oluşturulması,
4. Hesaplama fonksiyonlarının oluşturulması (örneğin, etiket bilgilerine göre jeneratör veya hat parametrelerinin hesaplanması),
5. Güç sistem planlamasının statik ve dinamik olarak yapılması, online SCADA erişimi,
6. Bilgisayar tabanlı haritalı sistemler için genel bir arabirim olması gibi özelliklere sahiptir.

DigSilent programında bir güç sistemindeki bütün elemanları tanımlamak için gerekli tüm bilgiler mevcuttur. Bunlar; hat karakteristiği, generatör karakteristiği, transformatör karakteristiği, koruma ve kontrol bilgileri, harmonik ve flicker bilgileridir.

DigSilent sayesinde kolay ve hızlı bir şekilde tek bir program vasıtasıyla tüm güç benzetim fonksiyonlarının çalıştırılması mümkündür. Bu program ile; güç akış, kısa devre, N-1 (arıza durum), güvenilirlik, üretim yeterliliği, stabilite hesaplama ve koruma koordinasyon, optimal güç akış, alçak gerilim şebeke, harmonik, flicker, dağıtım şebekesi analizleri yapılabildiği gibi; model parametre tanımlama, güç sistemlerinin dinamik benzetimi, rüzgar

ve güneş enerjisi kullanan santrallerinin modelleme çalışmaları da yürütülebilir.

5.2. DigSilent Programı Kullanılarak Yapılabilen Analizler

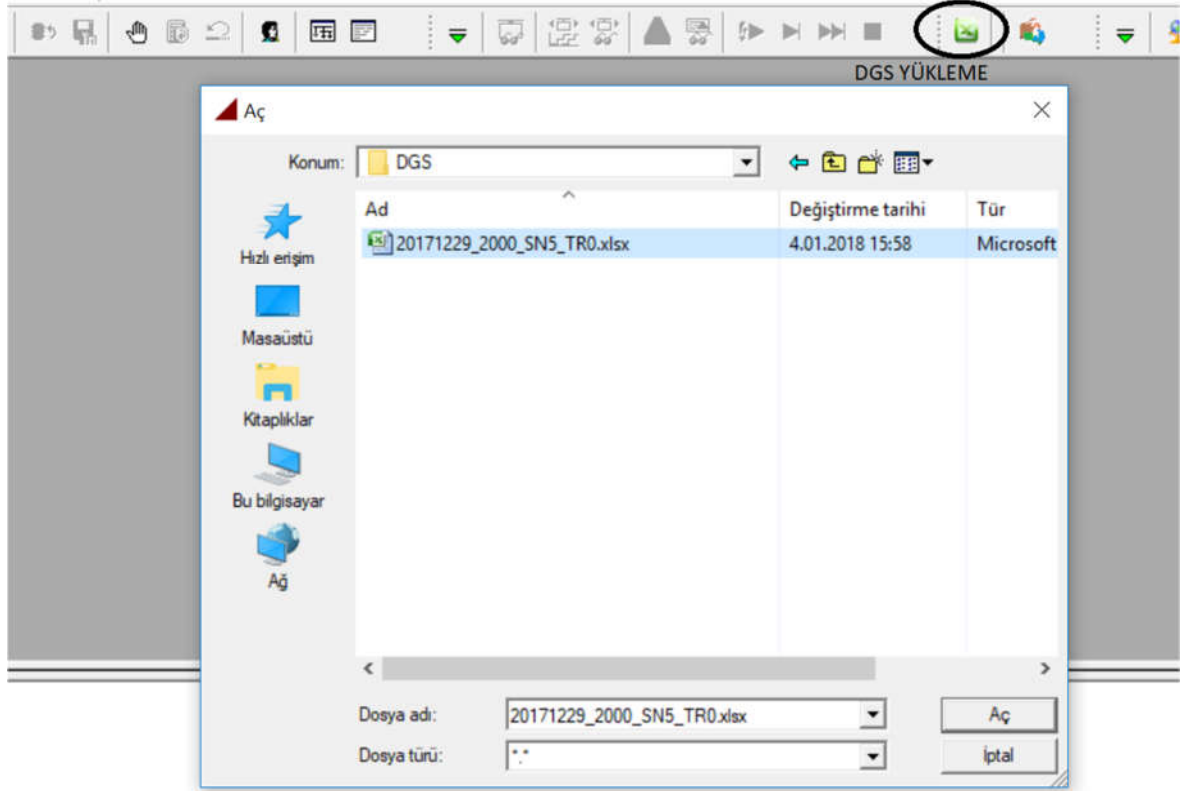
DigSilent programı ile kolayca tek bir program ile tüm güç simülasyon fonksiyonlarının çalıştırılması mümkündür. Bu program ile yapılan çalışmalar;

- Güç Akış Analizi,
- Kısa Devre Analizi,
- N-1(Arıza Durum) Analizi,
- Güvenilirlik Analizi,
- Üretim Yeterliliği Analizi,
- Optimal Güç Akış Analizi,
- Alçak Gerilim Şebeke Analizi,
- Model Parametre Tanımlama,
- Güç Sistemlerinin Dinamik Simülasyonu,
- Harmonik Analizi,
- Flicker Analizi,
- Dağıtım Şebekesi Analizi,
- Stabilité Hesaplama ve Koruma Koordinasyon,
- Rüzgar ve Güneş Santrallerinin Modellenmesidir.

DigSilent Programı öncelikli olarak bir grafik ortamında kullanılmak ve işletilmek üzere tasarlanmıştır.

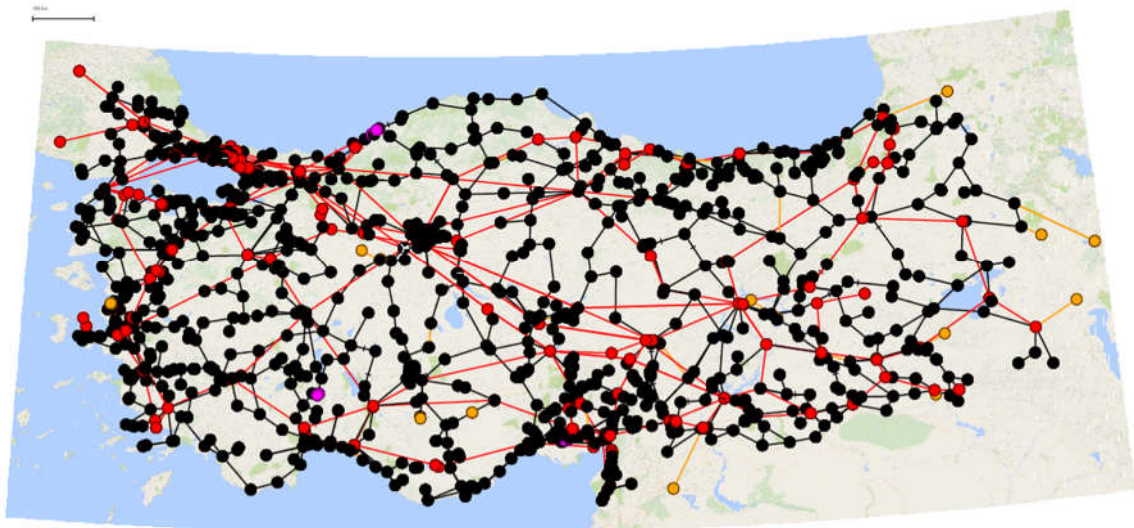
5.3. DigSilent ile Analiz Yapılması

DigSilent ile analiz yapılmadan önce bazı hazırlıkların yapılması gerekmektedir. Öncelikle analiz yapılması istenen tarih ve saatteki şebeke bilgilerini içeren DGS dosyası Şekil 5.1'deki şekilde yüklenir. DGS dosyası belirli formata sahip “.xlsx” uzantılı bir formattadır. YTBS'den indirilmiş olan DGS dosyası toplamda 18 farklı sayfadan oluşmaktadır. Her bir sayfa oluşturulacak olan DIGSILENT analiz dosyasına ait konfigürasyon (senkron makine, trafo, hat, vb.) ve yük akış bilgilerini içermektedir [30].



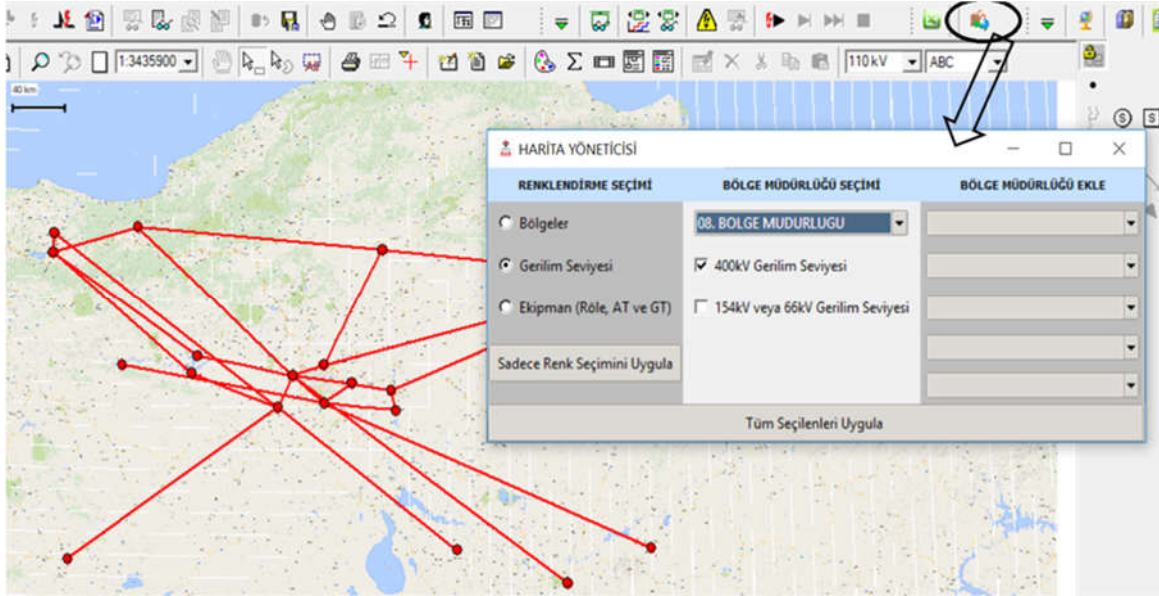
Şekil 5.1. DGS dosyasının yüklenmesi

Şekil 5.2.'deki gibi tüm Türkiye 400 kV, 154 kV ve 66 kV trafo merkezleri ve hatlar projeye aktarılmaktadır. Kırmızı renk 400 kV, siyah renk 154 kV, mor renk 66 kV, sarı renk ise enerjisiz hat ve trafo merkezlerini göstermektedir.



Şekil 5.2. Enterkonnekte şebeke

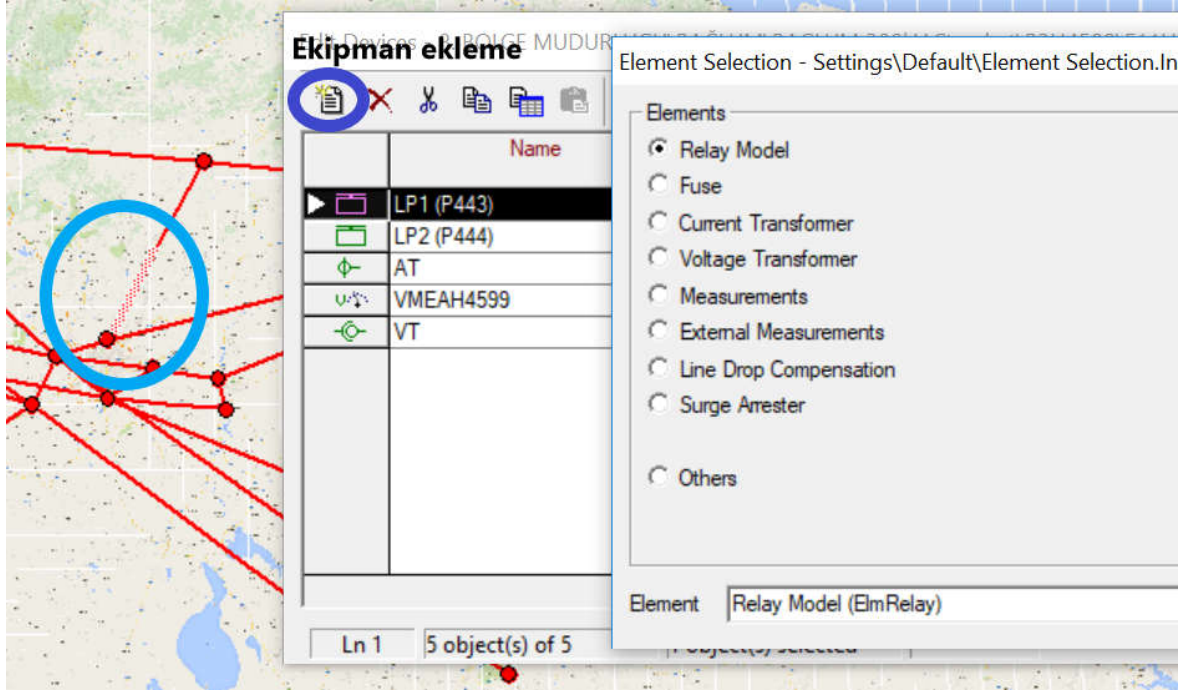
Harita yöneticisi kullanılarak analiz yapılmak istenen bölge ve gerilim seviyesi seçilir. Bölge, gerilim seviyesi ve ekipman durumuna renklendirme yapılabilmektedir. Bölge Müdürlüğü seçildikten sonra istenirse komşu Bölge Müdürlükleri de eklenebilmektedir.



Şekil 5.3. Bölge seçimi

5.4. Ekipmanların Yüklenmesi

Bir trafo merkezinde bulunan fiderdeki akım trafosu, gerilim trafosu ve röleleri yüklemek için hattın yarısı üzerinde sağ tıklanır ve “Edit device” menüsü seçilir. Açılan pencerede ekipman eklemeye tıklanarak program kütüphanesinden mesafe koruma rölesi, akım trafosu ve gerilim trafosu seçilip yüklenir. Program kütüphanesinde bulunan akım trafosu ve gerilim trafosu modeli standarttır. Sadece oran değerleri seçilebilmektedir. Röle kütüphanesinde ise sistemde bulunan çoğu marka ve model mesafe koruma rölesi bulunmaktadır.



Şekil 5.4. Ekipman yükleme

Şekil 5.4.'te görülen LP1 (P443) üzerine tıklanarak Şekil 5.5.'teki gibi rölenin tüm ayar parametreleri görülebilmektedir. Bu parametreler; bağlı bulunduğu akım trafosu ve gerilim trafosu oranları, başlatma ve yön ayarları, kademe empedans değerleri ve açma süreleri gibi parametrelerdir. Rölenin ayarları olarak buradan manuel değiştirilebilmektedir. Ayrıca röle buradan “out of service” seçeneği işaretlenerek servis harici edilebilmektedir.

Relay Model - 8. BOLGE MUDURLUGU\BAĞLUM\BAGLUM 380kV Standart\B3H4599\F11H4599\LP1 (P443).ElmRelay

Basic Data

Category: Distance

Name: LP1 (P443)

Relay Type: ... tance Relay\MICOM\P443\P443

Application: Main Protection Device Number: 1

Location

Reference: ...

Busbar: ... M\BAGLUM 380kV Standart\380 B-1

Remote End: ... URSUNLU 380kV Standart\380 B-1

Connected Branch: ... UGU\380 BAGLUM-KURSUNLU-1

☐ Out of Service

Slot Definition:

	Net Elements Rel", Elm", Sta", IntRef
► Ct	▼ AT
Vt	✓ VT
Measurement	Measurement
Measurement Sequence	Measurement Sequence
Measurement I Delta	Measurement I Delta
Polarizing Zone 1	Polarizing Zone 1
Polarizing Zone 2	Polarizing Zone 2
Polarizing Zone 3	Polarizing Zone 3
Polarizing Outer Zone	Polarizing Outer Zone

Slot Update

OK Cancel Contents

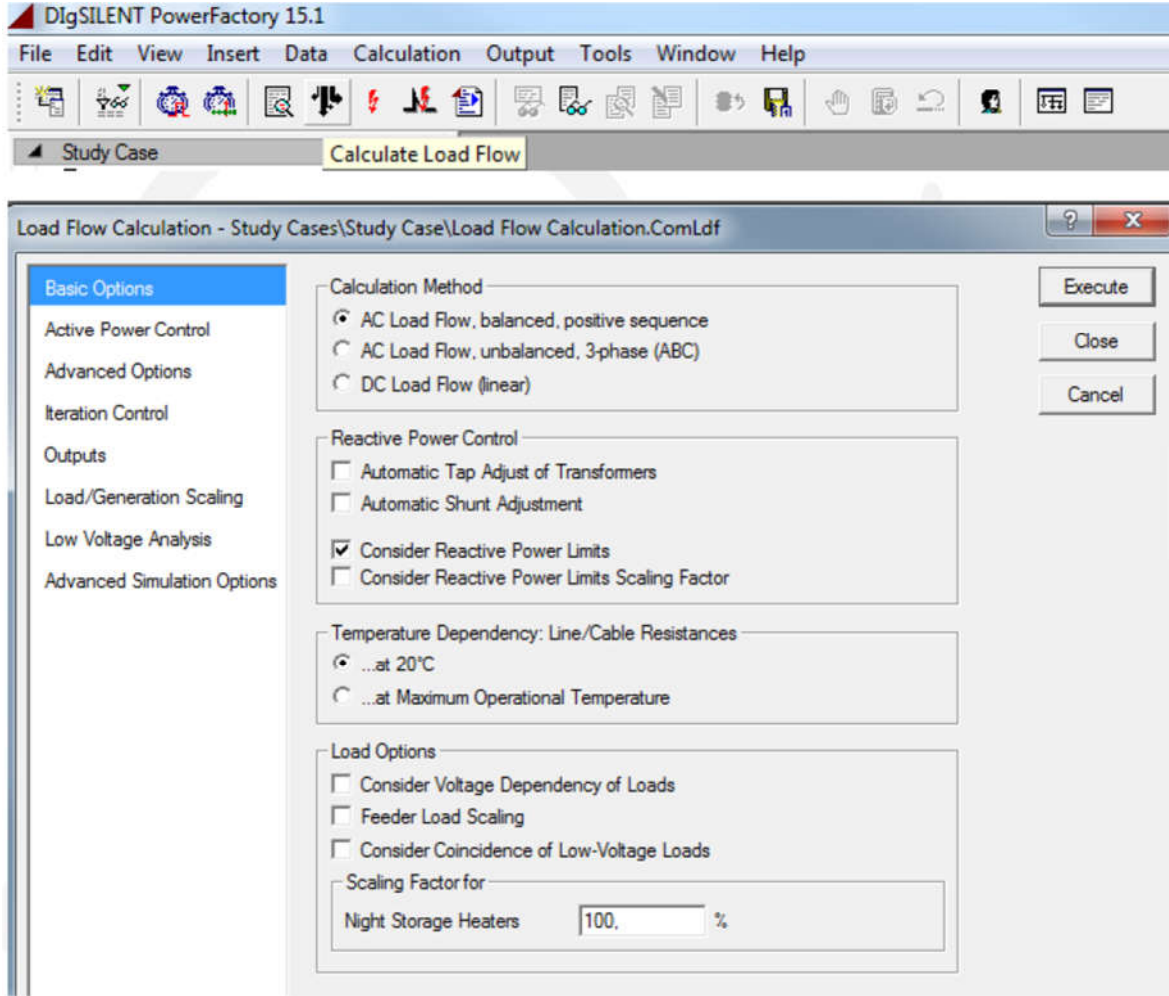
Şekil 5.5. Röle bilgileri

5.5. Yük Akışı Hesaplama

Yük akış analizi, görev çubuğu üzerinde yer alan “Calculate Load Flow” ikonunu seçildikten sonra açılan “Load Flow Calculation” penceresi aracılığı ile yapılır.

Yük akışı analiz penceresinde yük akışı hesaplama metodu, aktif/reaktif güç kontrolünün nasıl yapılacağı vb. ayarlar bulunmaktadır. Gerçekçi bir yük akış analizinin yapılabilmesi için aşağıdaki ayarlamaların yapılması büyük önem taşımaktadır:

“Basic Options” başlığı altındaki “Reactive Power Control” kısmında yer alan “Consider Reactive Power Limits” kutucuğu seçili hale getirilir. Bu seçim ile beraber sistemdeki santrallerin operasyon limitleri dahilinde reaktif güç desteği veriyor olmaları garanti altına alınır.



Şekil 5.6. Yük akış analizi penceresi

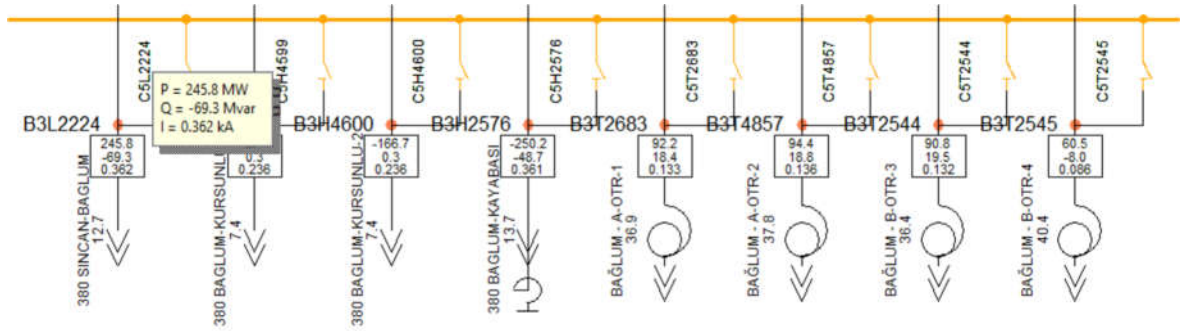
“Active Power Limits” başlığı altındaki “Balancing” kısmında yer alan “Distributed Slack by Generation (Synchronous Generators)” kutucuğu seçili hale getirilir. Bu seçenek ile üretim ile tüketim arasındaki fark, sistem çapındaki tüm santrallerin aktif çıkış güçleri değiştirilerek karşılanmaktadır. Bu sayede meydana gelebilecek olan üretim-tüketim dengesizliği tek bir generatörden sağlanmamış olup yüklenmeye bağlı çözüm bulamama (non-conergant case) ihtimalini azaltmış olmaktadır.

Yük akış hesaplaması sırasındaki iterasyonlar istenildiği takdirde DIgSILENT programı ana penceresinin alt kısmında raporlanabilmektedir. Bu raporlamayı yapabilmek için “Outputs” başlığı altındaki “Show Convergence Progress Report” kutucuğu seçili hale getirilir.

Gerekli seçimler yapıldıktan sonra yük akışı analizinin gerçekleştirilmesi için “Execute” butonuna basılır. Programın ana penceresindeki alt bölümden yük akışı analizine ait bilgiler

gözlemlenebilir.

Yük akış analizi sonucunda sistemde yüklenen ekipmanların ve/veya sistemde oluşan düşük/yüksek gerilim probleminin daha anlaşılır olması için yük akış analizi sonuçları 400 kV trafo merkezlerinin reel koordinatlarıyla konumlandığı bir Türkiye haritasından görsel bir şekilde gözlemlenebilmektedir. Ayrıca harita üzerinden trafo merkezi tıklanarak Şekil 5.7.'deki gibi seçilen baraya bağlı yük akışları görülebilmektedir.



Şekil 5.7. Bağlum barası yük akışı

5.6. Kısa Devre Analizi

DIgSILENT programı ile kısa devre analizi yapmak için arıza oluşturmak istenen hat üzerinde sağ tıklanır ve Calculate > Short – Circuit... seçilir.

Short-Circuit Calculation - Study Cases\20171229_2000_SN5_TR0\Short-Circuit Calculation.ComShc *

Basic Options

Method: IEC 60909 Published: 2001

Fault Type: 3-Phase Short-Circuit

Calculate: Max. Short-Circuit Currents

Max. Voltage Tolerance for LV-Systems: 6 %

Short-Circuit Duration

Break Time: 0.1 s Used Break Time: global

Fault Clearing Time (lt): 1. s

Fault Impedance

☐ Enhanced Fault Impedance Definition

Resistance, Rf: 0. Ohm

Reactance, Xf: 0. Ohm

Fault Location

At: User Selection

User Selection: ... MUDURLUGU\380 SINCAN-BAGLUM

☒ Show Output

Command: ... 71229_2000_SN5_TR0\Output of Results

Shows: Relays Tripping Times

Short-Circuit at Branch/Line

Fault Distance from

Terminal i: ... 0kV Standart\380 B-1 Length of line: 28.791 km

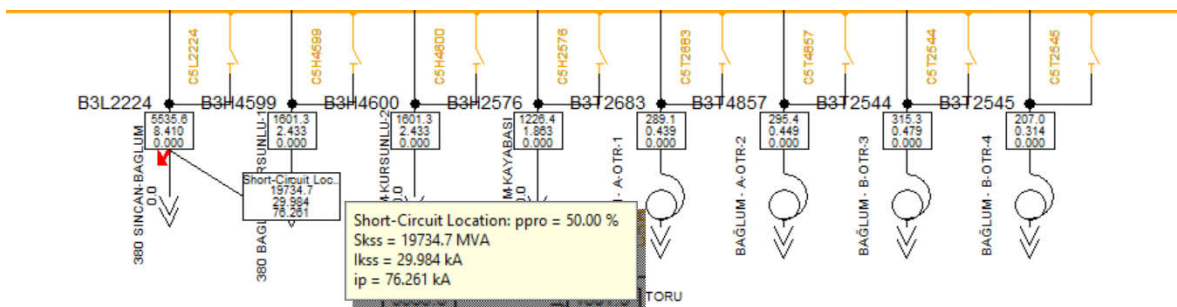
Terminal j: ... 0kV Standart\380 B-1 Absolute: 14.3955 km

Relative: 50. %

Execute Close Cancel Contents

Şekil 5.8. Kısa devre analizi

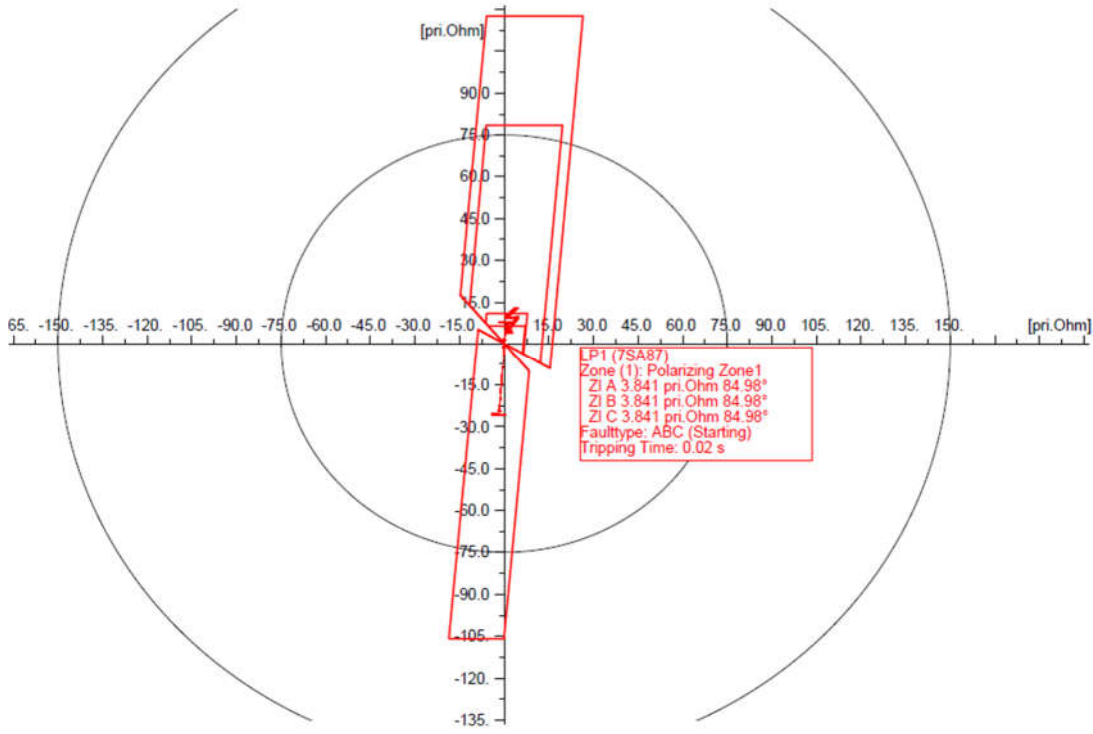
Şekil 5.8.'da görülen pencerede kısa devre metodu, arıza tipi, arıza direnci, arıza yeri seçilir. Arıza yeri hattın herhangi bir yerinde kilometre ya da yüzdesel olarak seçilebilmektedir.



Şekil 5.9. Kısa devre arıza akımları

Kısa devre oluşturulduktan sonra arıza akımını görmek için arıza oluşturulan hattın bir

ucundaki trafo merkezinden biri seçilir. Şekil 5.9.'da 400 kV Bağlum – Sincan hattında oluşturulan kısa devre arızasındaki toplam kısa devre akımı $I_{kss}=29,984$ kA olarak görülmektedir. Ayrıca bu arızada, arıza noktasına Bağlum TM'den 8,41 kA akım akmıştır.



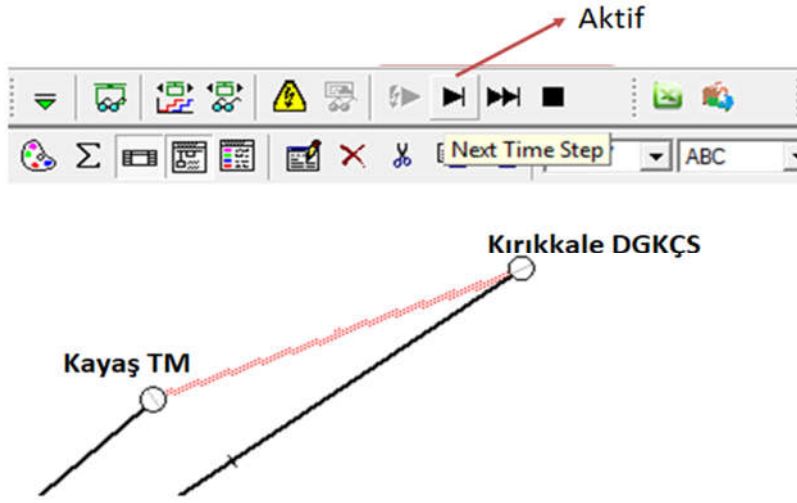
Şekil 5.10. Röle arıza kademe diyagramı

Kısa devre oluşturulan hat üzerinde sağ tıklanarak “R-X çizimi oluştur” denildiğinde, mesafe korumasının arızayı kaçınıcı kademesinde, hangi empedans değerinde gördüğü ve açma komutu bilgileri görülmektedir. Şekil 5.10.

5.7. Kısa Devre İzleme

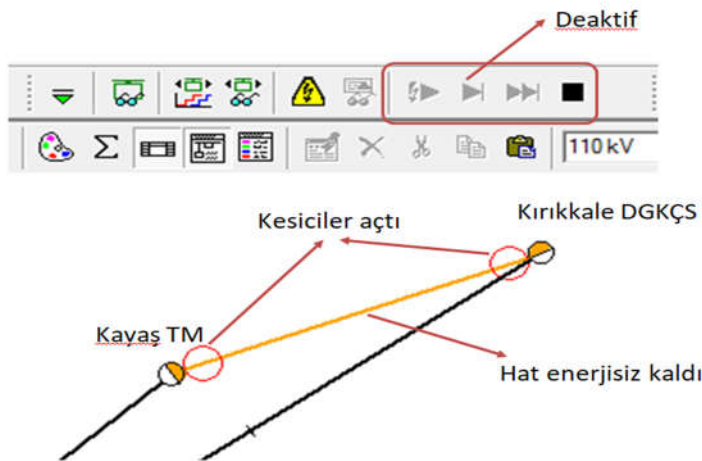
Bir hatta kısa devre arızası oluşturmanın diğer bir yolu “Kısa devre İzleme” metodudur. Bu yöntem ile oluşturulan kısa devre arızasında, arızaya hangi rölenin nasıl tepki verdiği, açan kesiciler ve servis harici olan hatlar adım adım izlenebilmektedir.

Herhangi bir iletim hattında kısa devre izleme analizi yapmak için o hattın üzerine sağ tıklanıp “Calculate > Short – Circuit Trace” denilir.



Şekil 5.11. Kısa devre izleme

Analiz başlatıldığında Şekil 5.11.'deki gibi adım butonları aktif olur. Bu butonlar ile adım adım arızanın nasıl temizlendiği izlenebilmektedir. Şekil 5.12.'te, arızanın kesicilerin açması sonucu temizlendiği ve hattın enerjisiz kaldığı görülmektedir. Bu yöntem ile oluşturulan kısa devre arızalarında da meydana gelen kısa devre akımları ve mesafe koruma rölelerinin arızayı hangi kademede gördüğü ve hangi sürede temizlediği incelenebilmektedir.



Şekil 5.12. Kısa devre izleme arızanın temizlenmesi

6. GERİLİM DALGALANMALARI

2. Bölümde Güneydoğu Anadolu Bölgesi iletim ve dağıtım sistemi hakkında kısaca bilgi verilmiştir.

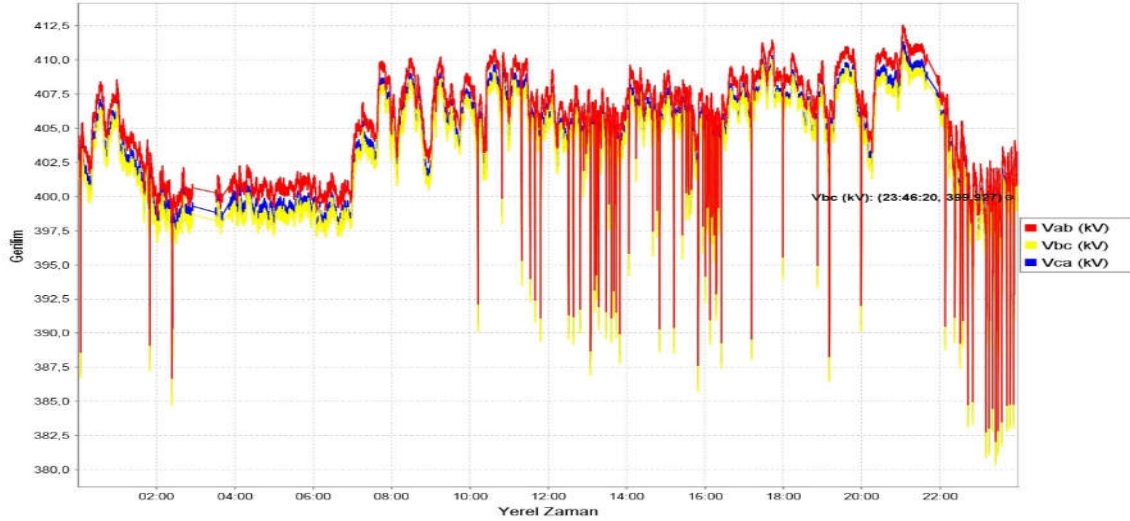
Tarımsal sulamanın yoğun olarak görüldüğü Şanlıurfa, Mardin ve Diyarbakır illerinde yer alan 400/154 kV trafo merkezlerinin listesi çizelge 6.1 de görülmektedir.

Çizelge 6.1 Şanlıurfa, Mardin ve Diyarbakır İlleri 400/154 kV trafo merkezi kapasiteleri

Trafo Merkezi Adı	İli	Ototrafo Kapasitesi
Atatürk HES	Şanlıurfa	300 MVA
Hilvan	Şanlıurfa	400 MVA
Şanlıurfa-2	Şanlıurfa	800 MVA
Viranşehir-2	Şanlıurfa	800 MVA
Diyarbakır-3	Diyarbakır	1000 MVA
Kızıltepe	Mardin	900 MVA
Toplam:		4200 MVA

2.Bölümde belirtildiği üzere iletim sistemi arz güvenliği açısından ve dağıtıma hitap eden trafoların kapasitesi açısından herhangi bir problem görülmemektedir. Ancak bölge genelinde özellikle yaz aylarında yoğun olarak gerilim dalgalanmaları yaşanmaktadır. Söz konusu dalgalanmalar 34,5 kV, 154 kV ve 400 kV sistemde etkisini göstermektedir.

Şekil 6.1’de 14 Ağustos 2017 tarihinde 400 kV Atatürk HES’in 400 kV Şanlıurfa fiderinin bağlı bulunduğu baranın bir günlük gerilim grafiğidir.



Şekil 6.1 400 kV Atatürk HES Şanlıurfa fideri gerilim grafiği

Grafikten de görüleceği üzere 400 kV baranın gerilimi 410 kV seviyelerine yükseltilmesine rağmen sık sık ani gerilim düşümleri yaşanmış ve 400 kV bara gerilimi 380 kV kadar düşüp tekrar 410 kV seviyelerine çıkmıştır.

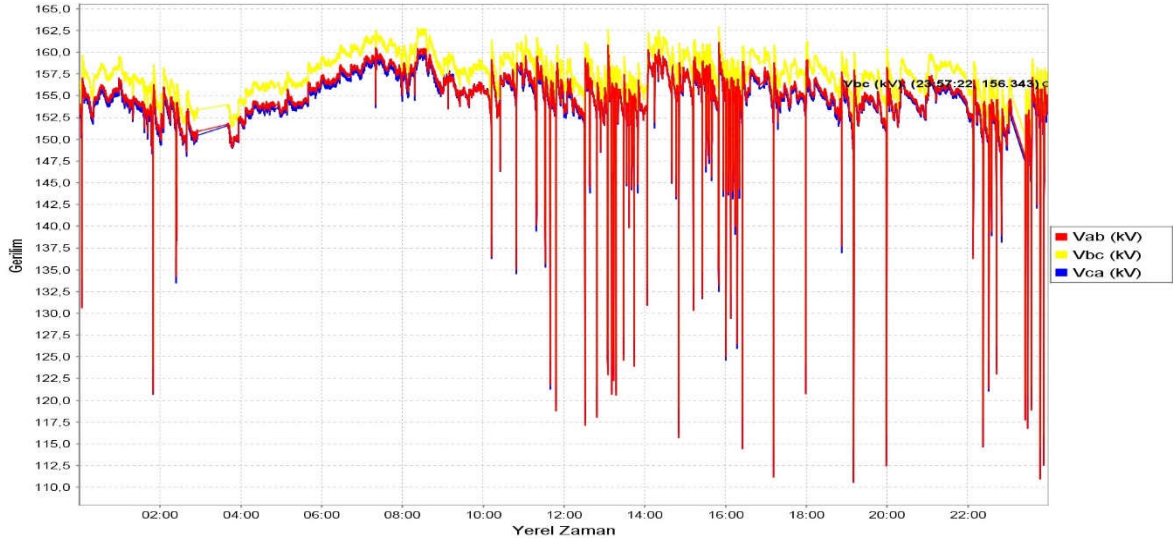
Söz konusu dalgalanmalar özellikle yaz aylarında artmakta olup neredeyse tüm Türkiye iletim sisteminde etkisini göstermektedir.

6.1. Gerilim Dalgalanmalarının İletim Sistemi Üzerindeki Etkileri

Türkiye iletim sistemi 400 kV sistemde görülen gerilim dalgalanmalarından yaz aylarında yoğun bir şekilde etkilenmektedir. Bu sebeple şehir merkezleri ve sanayi tesisleri söz konusu dalgalanmalar sebebi ile olumsuz etkilere maruz kalmaktadır.

Örneğin Mardin ilinde yer alan Mardin Çimento Fabrikasının çimento ocağında gerilim dalgalanmaları sebebi ile koruma sistemleri devreye girmektedir. Bu durum sürekli olarak üretim kaybına sebep olmaktadır. Ayrıca bölgede yer alan sanayi tesisleri de aynı sorun sebebi ile sürekli olarak üretim kaybı yaşamaktadırlar. Buda ülke ekonomisine büyük bir darbe vurmaktadır [27].

Aşağıda Şekil 6.2’de 154 kV Mardin Trafo merkezinin 14 Ağustos 2017 tarihinde ki bir günlük gerilim grafiği yer almaktadır.



Şekil 6.2. 154 kV Mardin trafo merkezi 154 kV bara gerilim grafiği

Grafikten görüldüğü üzere 154 kV bara gerilimi 112 kV seviyelerine kadar düşmekte olup tekrar 154 kV seviyelerine çıkmaktadır. Bu durum sık sık tekrarlanması sebebi bölgede kaliteli elektrik sağlanamamaktadır. Kaliteli elektrik sabit gerilim, sabit frekans ve sürekli enerji demektir. Ancak grafikten de görüldüğü üzere bölgedeki gerilim kararsızdır ve sürekli dalgalanmaktadır [28].

6.2. Güç Sistemlerinde Kalite

Güç sistemleri analiz edilirken sistemde üretim ve tüketim sebebi ile oluşan gerilimlerin haricinde bir kriteri daha göz önünde bulundurmak gerekir. Geçici aşırı gerilimler olarak isimlendirdiğimiz bu gerilimler yıldırım gibi dış etkenlerden meydana gelebileceği gibi anahtarlardan ve bir santralin gücünün kaynağına bağlı olarak düşmesinden ortaya çıkabilir.

Güç Sistemimizin benzetimlerinde yıldırım gibi doğa olayları hesaba katılmasa da üretim santralinde meydana gelebilecek bir gerilim dalgalanması sistem analiz edilirken hesaplamalara katılmalıdır. Örnek olarak 10 MW Kurulu gücünde güneş enerjisi ile çalışan bir üretim tesisi güneşli ve güzel bir havada tam kapasite çalışırken bir anda bulut geçmesi ve panellerin üzerinde gölge oluşması durumunda bu santralin üretim gücü 4 MW mertebesine düşecektir. 10 MW üretim yaparken ani bir şekilde gücü 4 MW mertebesine düşen bir üretim tesisi bağlı olduğu şebeke noktasında gerilimde bir dalgalanmaya neden

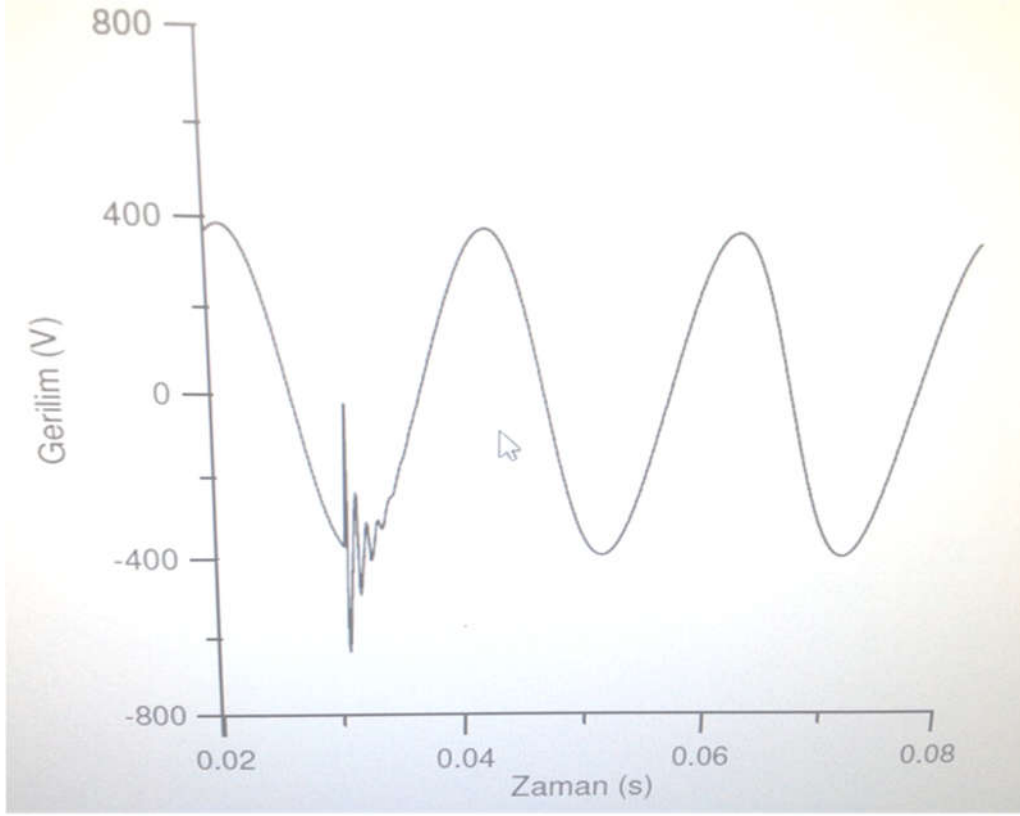
olacaktır. Fakat aynı bulutlanma olayı bir hidroelektrik santral için hiçbir etki yapmaz bu nedenle etkileri ve sonuçlarını her bir tesis için ayrı ayrı değerlendirmek gerekir.

Üretim ve tüketimdeki eşitsizlik ve kısa devre arızası gibi olaylarının şebeke gerilimine bozucu bir etkisinin olacağı kaçınılmazdır. Bağlantı noktasında oluşan bu bozucu etkiler sistemin yapısına da bağlı olarak artarak ya da azalarak şebeke kullanıcılarına yansır. Günümüzde kullanılan dizüstü bilgisayar, televizyon ve benzeri cihazların gerilim dalgalanmalarından etkilendiği hatta bozulabildiği düşünülürse kaliteli elektriğin önemi daha iyi anlaşılabilir.

Elektriksel şebekenin gerilim ve frekansındaki değişimler ile şebekeden çekilen akımdaki dalga şekli bozukluklarının belirtilmek için güç kalitesi tanımı kullanılır. Elektrikli cihazların geneli şebekedeki gerilim ve frekans değişimlerine karşı duyarlı değildir. Ancak son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlayan elektronik devreler tarafından kontrol edilen cihazlar enerji kalitesine karşı son derece hassastırlar. Söz konusu kontrol devrelerinden bazıları, alternatif akım ve doğru akım motor sürücüler ve anahtarlamalı olarak çalışan güç kaynakları gibi enerji dönüştürmede kullanılan devreler ile yardımcı kontrol devreleri olarak kullanılan bilgisayarlar ile PLC'lerdir (Programlanabilir Lojik Kontrolörlerdir). Böyle basit olmayan devreler şebekedeki bozucu etkilerden yüksek ölçüde etkilenmektedirler.

6.2.1. Güç sistem analizindeki bozucu etkiler ve gerilim analizi

Rüzgâr ve Güneş Enerjisi ile çalışan üretim tesislerinde bulutlanma olayı sonrası ya da Hidroelektrik Enerji Santralinde meydana gelen bir arıza sonucunda gerilim grafiğinin ortalarında bir yerlerde ani yükselme ya da düşme meydana gelir. Şekil 6.3'te bir test sırasında 0.03 saniyede meydana gelen bir ani gerilim dalgalanması gösterilmiştir. Bu gerilim dalgalanması bazen grafikteki maksimum gerilim değerinin de birkaç katına çıkabilir ve daha ciddi sorunlarla karşılaşılmasına neden olabilir.



Şekil 6.3. Gerilimde meydana gelen geçici bir ani yükselme

Gerilimde ani yükselme olabileceği gibi kısa devre arızası gibi nedenlerden dolayı gerilim düşmesi de yaşanabilir. Gerilim düşmesi etkisinin zamana bağlı olarak etkisi de katlanarak artar ve uzun süreli bir gerilim düşmesi sonucu bazı tüketiciler şebekeden kopabilir.

Doğru akım motorları kullanan tüketiciler şüphesiz ki gerilim düşümünden daha çok etkilenirler. Örnek olarak bir baskı makinesi düşük gerilimde çalışırken iğnenin darbeleri arasındaki zaman normalden daha uzun olur ve bu da baskının soluk çıkmasına neden olur. Sonuç olarak iyi tasarlanmayan bir elektrik iletim sisteminden doğacak sorunlardan baskı makinesini kullanan bir tüketici dolaylı yoldan da olsa zarar görebilmektedir. Bu nedenle PSS/E, DigSilent gibi sistem analizi ve simülasyonu yapabilen programların kullanımı her geçen yıl daha da önem kazanmaktadır.

Enterkonnekte sistemimizde orta gerilim barasında meydana gelecek olan gerilim değişimi %2 değerini geçmemelidir. Dağıtım kısmında bu değer %5 - %10 arasında kabul görebilirken aslında bir cihazın etkilenebilmesi için %15 ve üzeri gerilim değişimine maruz kalması gerekmektedir. Buradan çıkarılabilecek sonuç gerilimdeki değişim limitlerinin

gerilimin seviyesine de bağılı olduğudur. Aşağıdaki paragraflarda bu konu ile ilgili belli başlı standartlardan bahsedilmiştir.

ANSI Standard C84.1'de sürekli durumdaki gerilim değişimleri standartlarından bahsedilir. 600 volt gerilim seviyesine kadar olan gerilim seviyesi için anma gerilim değerinin $\pm\%5$ 'i kadar gerilim dalgalanmasına izin verilebilir. Geçici gerilim dalgalanmalarında ise gerilim artışı ve azalması için iki farklı hesap yapılmış genellikler bozucu etkilerin gerilim artışında daha çok görülmesinin de sonucu olarak gerilim artışının $\%5,8$ e kadar izin verilmesi kararlaştırılmıştır. Gerilimdeki azalma için ise $\%8,3$ değerine kadar çıkılabileceği belirtilmiştir.

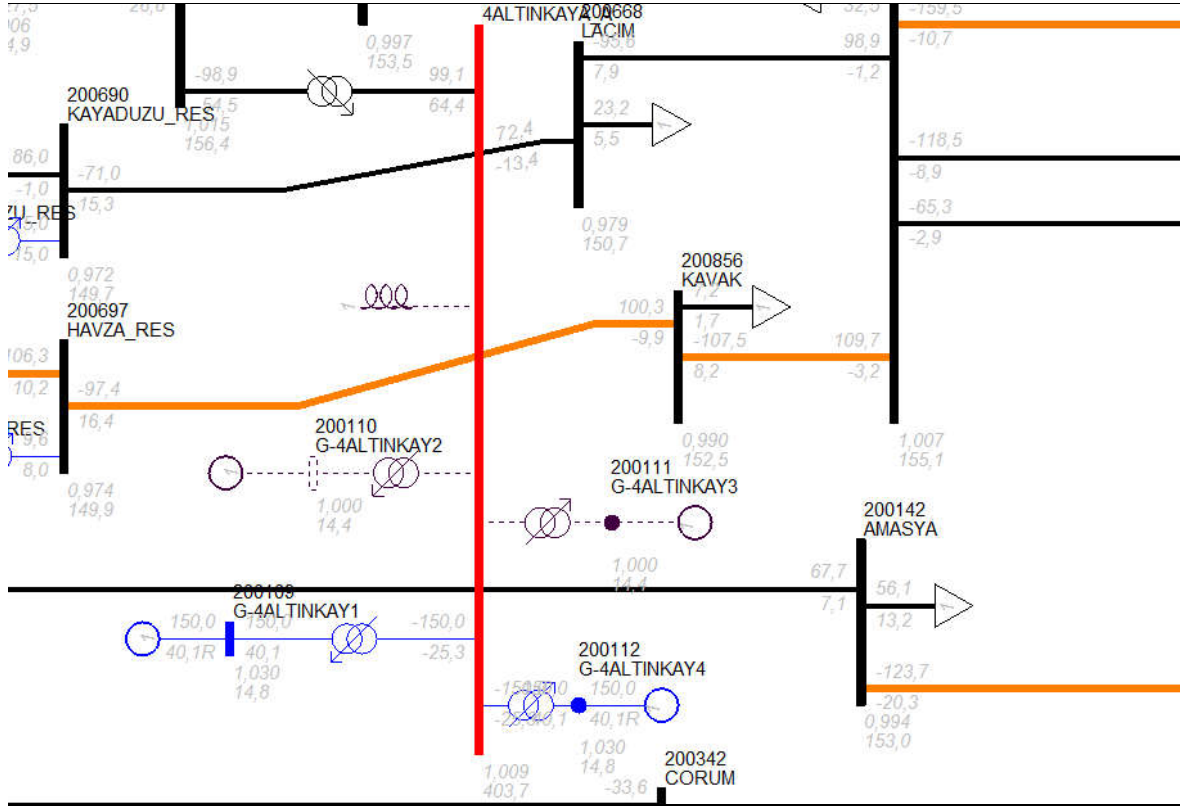
MG-1-1087 sayılı NEMA standardında ise üç fazlı bir sistem düşünülerek gerilim dalgalanmasının $\%1$ 'i aşmaması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca motorun yüklenme durumuna göre de ayrı gerilim limitleri belirlenmiş motorun yük durumu değiştiğinde gerilimdeki dalgalanma limit değeri de değişmektedir. Örnek olarak $\%75$ yüklü motor için gerilimde meydana gelecek dalgalanma $\%5$ değerini geçmemelidir. $\%90$ yüke sahip durumdaki motor için ise gerilim dalgalanması sınırı $\%3$ olarak belirlenmiştir.

IEEE 519-1992 sayılı standardında ise demir çelik üretim tesisleri gibi hızlı gerilim değişimleri yaşanan tüketiciler için ayrı bir standart getirilmiştir. Bu şekildeki tesisler şebeke geriliminde daha uzun süreli gerilim dalgalanmasına sebep olmakta ve bu da şebekeye bağlı diğer tüketicilere olumsuz etkiye sebep olmaktadır.

Gerilim etkilerinin önlenmesi ya da en azından azaltılabilmesi için kısa devre arızalarına sebep olacak durumlar ortadan kaldırılmalıdır. Örnek olarak kavak gibi uzun ağaçlar özellikle Doğu Karadeniz gibi orman ile iletim hatlarımızın iç içe olduğu bölgelerimizde iletim hatlarına temas etmekte hatta açmalara sebep olmakta kısa devre arıza akım limit değerinin aşan akımlar oluşturmaktadır. Bu gibi bölgelerimizde gerekirse ağaçlar budanmalı, izolatörlerin sık sık bakımı yapılmalıdır. Ayrıca röle seçimlerinde de daha dikkatli hareket edilmelidir.

6.2.2. PSS/E yazılımı ile gerilim analizi

PSS/E programı ile her baranın gerilim değeri gözlenebilir. Hatlarda açma kapama işlemleri ile gerilimdeki değişimler per unit (pu) ve gerçek değerler olarak gözlenebilir.



Şekil 6.4. PSS/E programında baranın bir görüntüsü ve gerilim değerleri

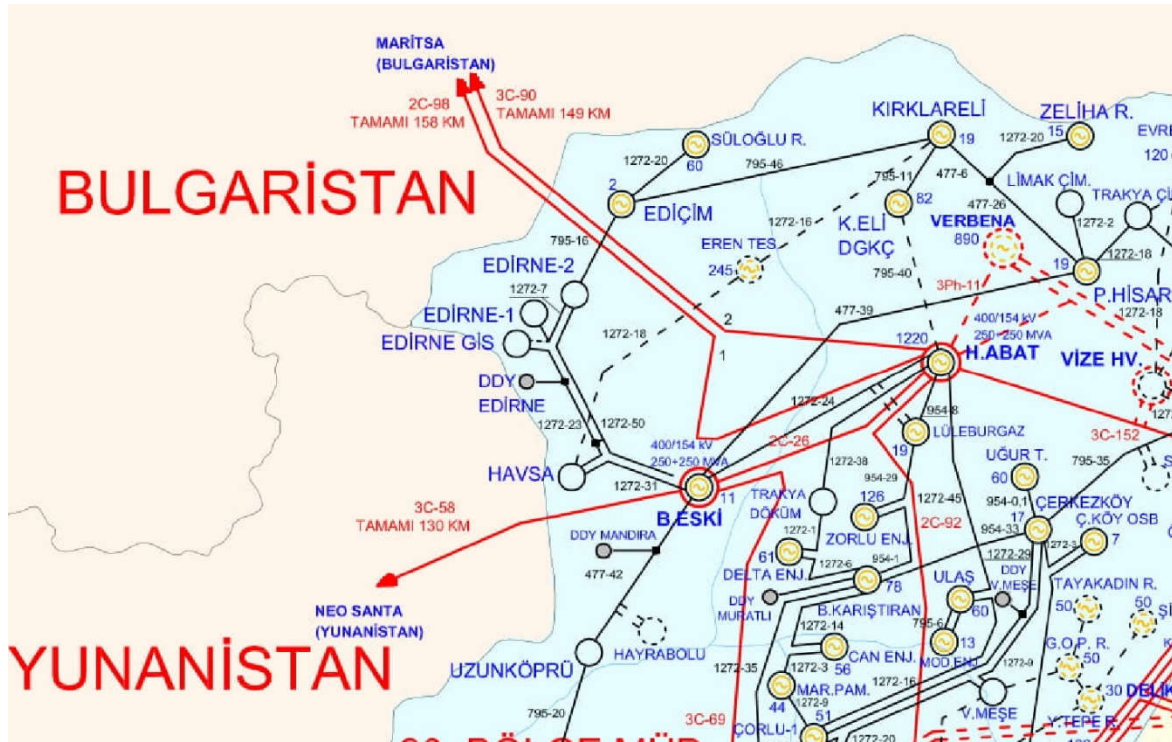
Şekil 6.4’de kırmızı çubuk şeklinde belirtilen Altinkaya Barajı şaltındaki 400 kV bara görülmektedir. Altinkaya barasının hemen altındaki 1,009 değeri per unit (pu) cinsinden baradaki gerilimi işaret eder. Bu değerin altındaki 403,7 ise o baradaki gerilimin gerçek değeridir. Burada görüldüğü üzere Altinkaya barasında gerilim yükselmesi vardır. 400 kV olması istenen bara gerilimi 403,7 kV değerindedir. Ancak işletme koşullarında bu gerilim değeri limitler dahilinde olduğundan herhangi bir röle açmasına ya da sistemde probleme neden olmaz. Bu dalgalanma normal kabul edilir.

Şekil 6.4.’deki siyah ile gösterilen Amasya İli sınırları içerisindeki Amasya trafo merkezi ise 154 kV gerilim seviyesinde çalışmaktadır. Bu barada gerilim değeri ise 0,994 per unit (pu) yani 153 kV olarak gözlemlenmektedir. Bu barada ise görüldüğü üzere bir gerilim düşümü mevcuttur. 154 kV olması gereken gerilim 153 kV olarak işletilmektedir. Gerekli durumlarda kompanzasyon ile bu gerilim arttırılabilir.

6.3. Gerilim Dalgalanmalarının Yurt Dışı Bağlantıları Üzerindeki Etkileri

Bölgede görülen gerilim dalgalanmalar yalnız yurt içinde değil yurtdışı bağlantı hatlarımızda da etkisini göstermektedir. Ani olarak düşen ve tekrar yükselen gerilimler sebebi ile yurt dışı bağlantı hatlarımızda ani olarak değişen yük akışları meydana gelmektedir.[29]

Ülkemizin ile Avrupa iletim sistemi arasındaki bağlantıları Harita 6.1’de gösterilmektedir.



Harita 6.1 Yurtdışı Bağlantıları Elektrifikasyon Haritası

Harita 6.1’de görüldüğü üzere Türkiye ile Yunanistan arasında 400 kV Bababeski TM ile Neo Santa TM arasında tek devre ve Bulgaristan ile 400 kV Hamitabat TM ile Maritsa TM arasında çift devre hat bağlantısı bulunmaktadır. Bu hatlar ile Türkiye ENTSO-E (Avrupa İletim Sistemi Operatörleri Ağı) bölgesine bağlı bulunmaktadır.

ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity) eski adı UCTE (Union for the Coordination of Transmission of Electricity) olan Elektrik İletim Koordinasyon Birliğinin yeni adıdır.

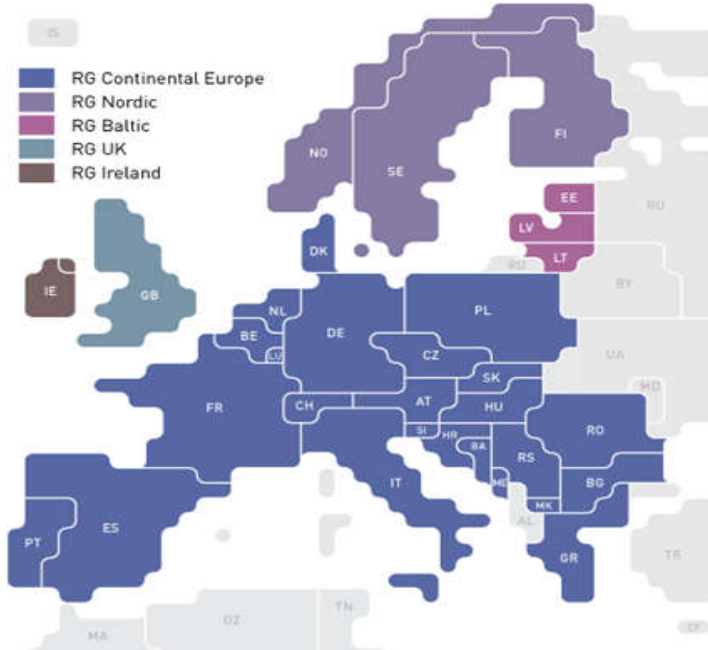
ENTSO-E bölgesine bağlanabilmek için Türkiye başvuruda bulunmuş olup kalıcı üyeliği

2013 yılında başlamıştır. Daha öncesinde ise 2010 yılında test bağlantıları yapılmıştır.



Harita 6.2 ENTSO-E Bölgesi Haritası

ENTSO-E bölgesinde 34 ülkeden 43 adet sistem operatörü bulunmaktadır. Şekil 6.5’de ENTSO-E Ülkeleri görülmektedir.



Şekil 6.5 ENTSO-E Ülkeleri

6.3.1. Mevcut enterkonneksiyon hatlarının durumu

Aşağıda Türkiye'nin yurtdışı enterkonneksiyon hatları gösterilmiştir. Türkiye'nin 8 adet yurtdışı bağlantısı ve bu hatların karakteristikleri aşağıda bölümler halinde sunulmuştur.

Türkiye-Bulgaristan;

Çizelge 6.2. 400 kV, 158 km Hamitabat (Türkiye) - Maritsa East (Bulgaristan) EİH

TİP	Karakteristik (MCM)	Akım Taşıma Kapasitesi (A)	Yaz Kapasitesi (MVA)	Bahar Kapasitesi (MVA)	Termik Kapasite (MVA)
2B, Rail	2x954	2x755	832	1360	995

Çizelge 6.3. 400 kV, 149 km Hamitabat - Maritsa-East EİH

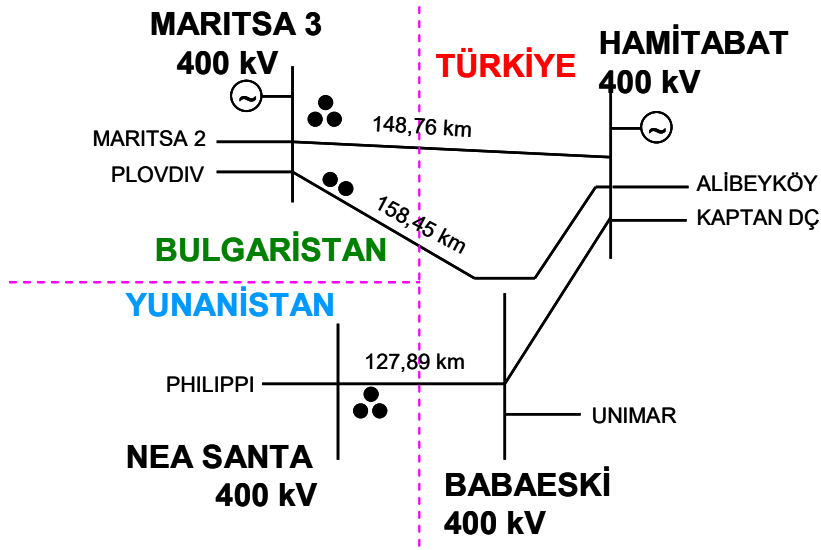
TİP	Karakteristik (MCM)	Akım Taşıma Kapasitesi (A)	Yaz Kapasitesi (MVA)	Bahar Kapasitesi (MVA)	Termik Kapasite (MVA)
3B, Cardinal	3x954	3x765	1268	2070	1510

Türkiye-Yunanistan;

Çizelge 6.4. 400 kV, 128 km Babaeski (Türkiye) - Filippi (Yunanistan) EİH

TİP	Karakteristik (MCM)	Akım Taşıma Kapasitesi (A)	Yaz Kapasitesi (MVA)	Bahar Kapasitesi (MVA)	Termik Kapasite (MVA)
3B, Cardinal	3x954	3x765	1268	2070	1510

Şekil 6.6'de Yunanistan ve Bulgaristan ile mevcut durumda yer alan enterkonneksiyon hatlarımızın tek hat şeması verilmektedir.

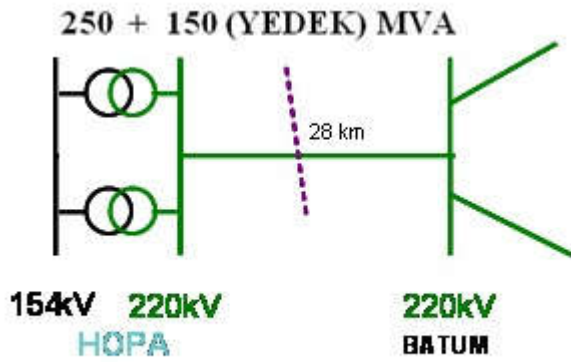


Şekil 6.6. Bulgaristan ve Yunanistan enterkonneksiyonu tek hat şeması

Türkiye – Gürcistan;

Çizelge 6.5. 220 kV, 28 km Hopa (Türkiye)-Batumi (Gürcistan) EİH

TİP	Karakteristik (MCM)	Akım Taşıma Kapasitesi (A)	Yaz Kapasitesi (MVA)	Bahar Kapasitesi (MVA)	Termik Kapasite (MVA)
Rail	954	755	240	393	287

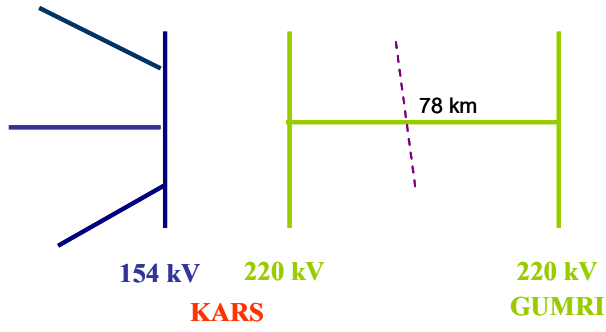


Şekil 6.7. Gürcistan Enterkonneksiyonu tek hat şeması

Türkiye-Ermenistan;

Çizelge 6.6. 220 kV, 80,7 km uzunluğundaki Kars (Türkiye) - Gumri (Ermenistan) EİH

TİP	Karakteristik (MCM)	Akım Taşıma Kapasitesi (A)	Yaz Kapasitesi (MVA)	Bahar Kapasitesi (MVA)	Termik Kapasite (MVA)
2B Cardinal	2X954	2294	480	786	574

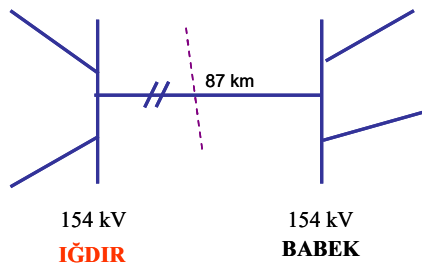


Şekil 6.8. Ermenistan Enterkoneksiyonu tek hat şeması

Türkiye-Azerbaycan (Nahcivan);

Çizelge 6.7. 154 kV, çift devre, 87,3 km Iğdır (Türkiye) - Babek (Nahcivan) EİH

TİP	Karakteristik (MCM)	Akım Taşıma Kapasitesi (A)	Yaz Kapasitesi (MVA)	Bahar Kapasitesi (MVA)	Termik Kapasite (MVA)
Hawk	477	496	110	180	132

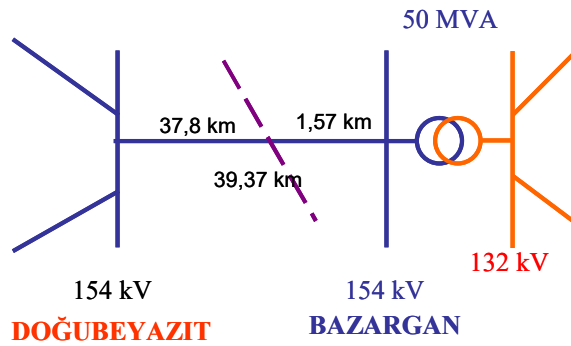


Şekil 6.9. Azerbaycan (Nahçıvan) enterkoneksiyonu tek hat şeması

Türkiye-İran;

Çizelge 6.8. 154 kV, 39,37 km Doğubeyazıt (Türkiye) – Bazargan (İran) EİH

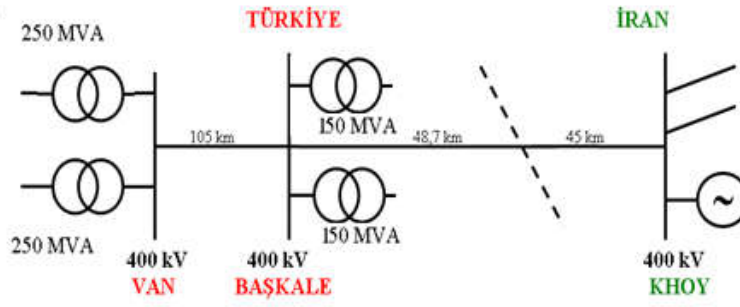
TİP	Karakteristik (MCM)	Akım Taşıma Kapasitesi (A)	Yaz Kapasitesi (MVA)	Bahar Kapasitesi (MVA)	Termik Kapasite (MVA)
Cardinal	954	765	171	280	204



Şekil 6.10. İran Enterkonneksiyonu (154kV) Tek hat şeması

Çizelge 6.9. 400 kV, 100 km uzunluğundaki Başkale (Türkiye) – Khoy (İran) EİH

TİP	Karakteristik (MCM)	Akım Taşıma Kapasitesi (A)	Yaz Kapasitesi (MVA)	Bahar Kapasitesi (MVA)	Termik Kapasite (MVA)
3B, Cardinal	3x954	3x765	1268	2070	1510

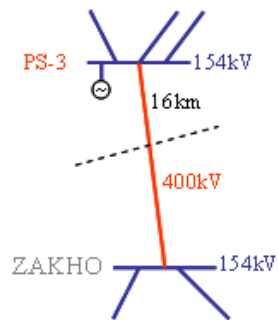


Şekil 6.11. İran enterkonneksiyonu (400 kV) tek hat şeması

Türkiye-Irak;

Çizelge 6.10 400 kV, Irak sınırına kadar 16 km'lik PS.3 (Türkiye) - Zakho (Irak) EİH

TİP	Karakteristik (MCM)	Akım Taşıma Kapasitesi (A)	Yaz Kapasitesi (MVA)	Bahar Kapasitesi (MVA)	Termik Kapasite (MVA)
2B, Cardinal	2x954	2099	342	560	408

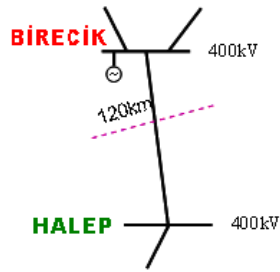


Şekil 6.12. Irak enterkonneksiyonu tek hat şeması

Türkiye-Suriye;

Çizelge 6.11 400 kV, 124 km Birecik HES (Türkiye) – Aleppo (Suriye) EİH

TİP	Karakteristik (MCM)	Akım Taşıma Kapasitesi (A)	Yaz Kapasitesi (MVA)	Bahar Kapasitesi (MVA)	Termik Kapasite (MVA)
2B, Cardinal	2x954	2x765	845	1360	1005



Şekil 6.13. Suriye enterkonneksiyonu tek hat şeması

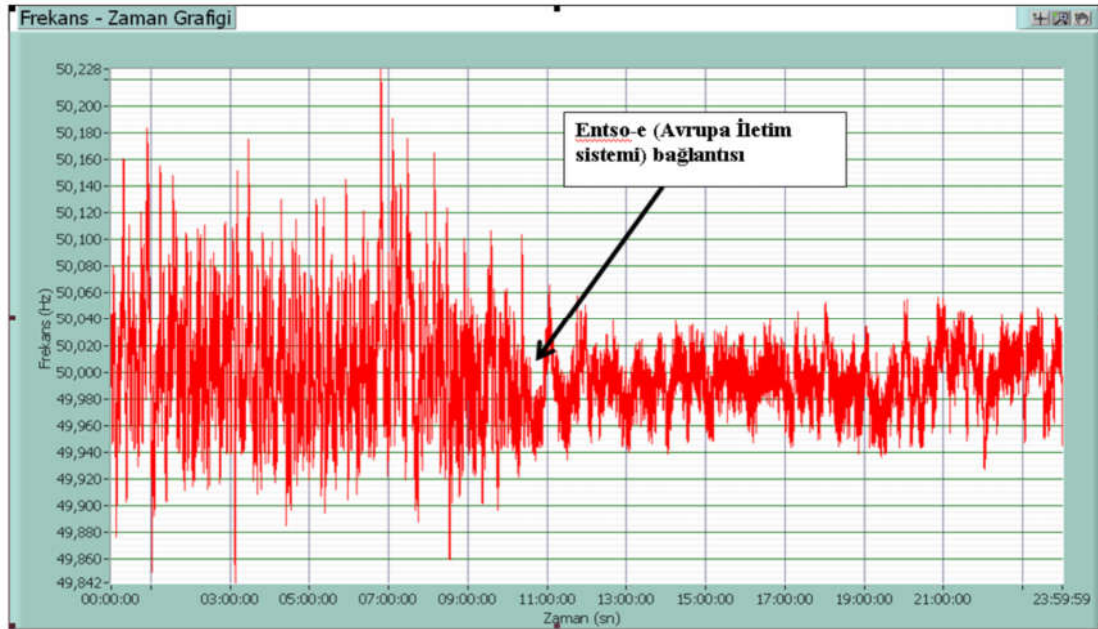


Şekil 6.14. Türkiye komşu ülkelerle yapmış olduğu enterkoneksiyon bağlantı çalışmaları

6.4. ENTSO-E Bağlantısının Türkiye için Önemi

2010 yılı sonu itibari ile Türkiye ile Avrupa iletim sistemi arasında senkron paralel bağlantılar devreye alınarak test çalışmalarına başlanmıştır. Test çalışmalarına başlanılmasından itibaren Türkiye iletim sisteminin frekansında büyük iyileşmeler yaşanmaya başlamıştır.

TEİAŞ 2016 yılı başında imzalanan anlaşma ile gözlemci üye (observer member) statüsüne geçmiştir.



Şekil 6.15 ENTSO/E bağlantısı anında Türkiye iletim sisteminin frekans-zaman grafiği

Türkiye'nin Avrupa iletim sistemine bağlanması ile birlikte sistem frekansındaki değişim Şekil 6.15'te gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere Türkiye'yi Avrupa sistemine bağlanılmasından itibaren frekansta gözle görülür bir iyileşme sağlanmıştır.

Kalıcı bağlantının devam edebilmesi için ENTSO-E tarafından Güneydoğu Anadolu Bölgesinde görülen gerilim dalgalanmalarının çözülmesi istenmiştir. Çünkü Türkiye ENTSO-E bölgesine bağlandıktan sonra Avrupa iletim sisteminin en doğusundaki ülke olmuştur. Türkiye'de yaşana gerilim dalgalanmaları ise Avrupa'nın en batısında yer alan İspanya ve Portekiz'den hissedilmektedir. Bu sorun devam ettiği sürece Türkiye'nin

ENTSO-E bağlantısı tehlikeye girmektedir. Dolayısı ile bu sorun bir an önce çözülmelidir.

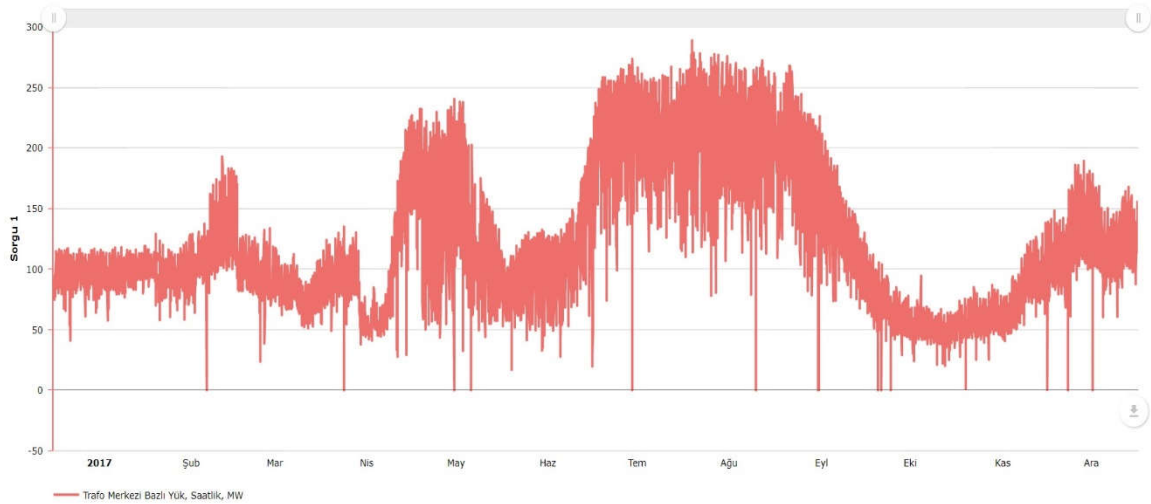
7. GERİLİM DALGALANMALARININ SEBEPLERİ

Gerilim dalgalanmalarının sebeplerini anlamak için böge iletim sisteminin ve dağıtım sisteminin detaylıca incelenmesi gerekmektedir.

Yukarıdaki bölümlerde de anlatıldığı üzere bölge iletim sisteminde dağıtıma yönelik herhangi bir kapasite sorunu görülmemektedir. Yapılan N-1 analizlerinde de bu durum görülmektedir.

Aynı şekilde dağıtım sistemi incelendiğinde, bölgede yoğun bir kaçak elektrik kullanımının olduğu görülmektedir. Özellikle kırsal bölgede tarımsal sulama kaynaklı olarak yoğun bir kaçak elektrik kullanımı vardır.

Kaçak elektriğin boyutu anlamak için bir örnek vermek gerekirse Dicle EDAŞ'ın 154 kV Viranşehir-1 TM'den TEİAŞ ile yapmış olduğu sistem kullanım anlaşması 110 MW'tır.

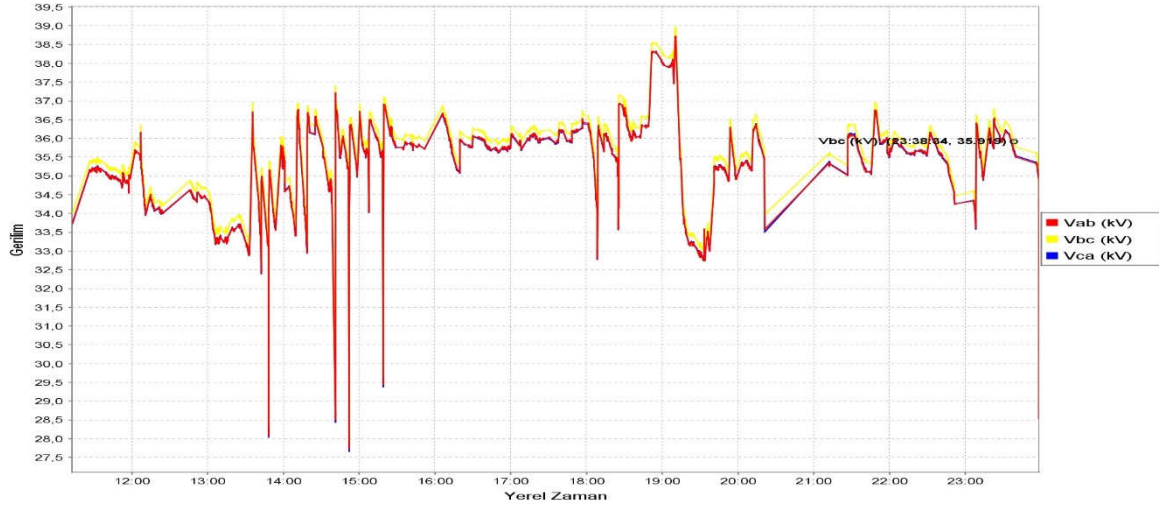


Şekil 7.1. 154 kV Viranşehir-1 TM'nin bir yıllık aktif yük değerleri

Şekil 7.1'den görüldüğü üzere sistem kullanım anlaşması 110 MW olan Viranşehir TM'nin özellikle yaz aylarında yükü 275 MW'ı bulmaktadır. Dolayısı ile 165 MW'lık bir kaçak elektrik kullanımı söz konusudur.

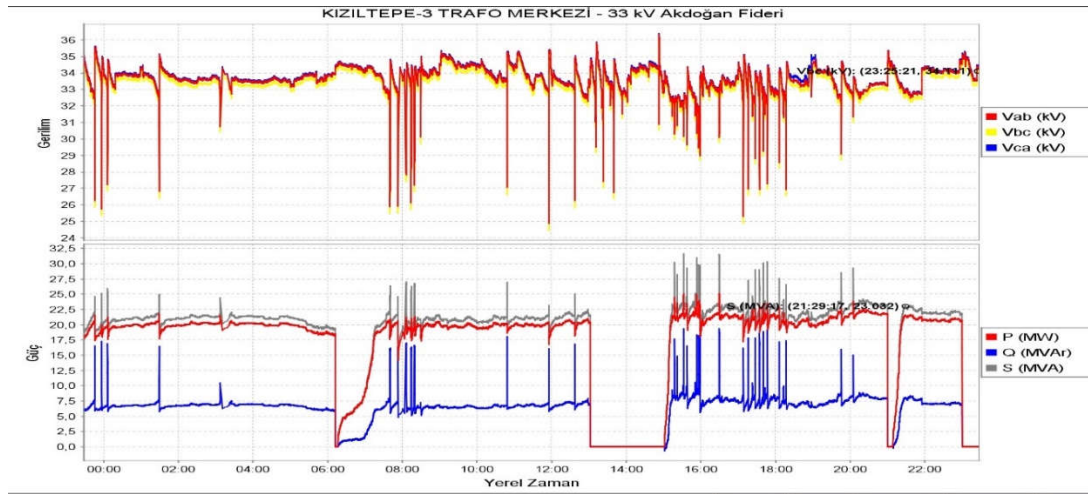
Ancak 154 kV Viranşehir-1 TM'nin trafo kapasitesi 4x100 MVA'dır. Trafo merkezinin

maksimum yüklendiği anda bile trafolar %100 doluluğa ulaşmamaktadır. Ancak gerilim trafolar %100 dolulukta olmamasına rağmen 154 kV Viranşehir-1 TM'nin 34,5 kV Kızıltepe Fiderinde görülen bir günlük gerilim değişimi Şekil 7.2'de görülmektedir.



Şekil 7.2. 154 kV Viranşehir-1 TM'nin 34,5 kV Kızıltepe fideri gerilim grafiği

Şekil 7.2'den de görüldüğü üzere kapasite sorunu olmamasına rağmen dağıtım hatlarını besleyen 34,5 kV fiderinde gerilim salınımları yaşanmaktadır.



Şekil 7.3. 400 kV Kızıltepe-3 TM'nin 33 kV Akdoğan fideri gerilim ve güç grafiği

Şekil 7.3 te ise 400/154/33 kV olan Kızıltepe TM'de yer alan 33 kV'luk akdoğan fiderinin gerilim ve güç grafiği görülmektedir. Grafikten de görüleceği üzere fider yükü 20 MW civarında iken gerilim çökmeleri yaşanmaya başlanmıştır.

7.1. Dağıtım Fider Modelleri

İletim sistemi tarafında kapasite problemi ve N-1 durumunda sorun olmamasına rağmen yaşanan bu gerilim dalgalanmalarının sebebini anlamak için dağıtım hatlarının karakteristik ve yük bilgileri incelenmiştir.

Yapılan incelemelerde genel olarak dağıtım hatları dal budak yapıda ve tek kaynaktan beslenen bir yapıda olduğu görülmüştür. Şekil 6.4 te 154 kV Viranşehir-1 TM’de bulunan 34 kV Kınalıtepe Fiderinin dağıtım hat şeması görülmektedir.



Şekil 7.4. 34,5 kV Kınalıtepe fideri dağıtım hattı

Şekil 7.4'ten de görüleceği üzere Kınalıtepe Fiderine bağlı olan dağıtım hattının uzunluğu 45 km'yi toplam yükü ise 40 MW'ı bulmaktadır.

7.2. Dağıtım Hatlarından Çekilen Yükün Karakteristiği

Bölgede dağıtım seviyesinden kullanılan yükün kaynağı incelenirse yukarı bölümlerde de bahsedildiği üzere plansız ve kaçak olarak açılmış birçok sulama kuyusu bulunmakta ve bu kuyulardan su çekmek için elektrik motorları kullanılmaktadır.

Motorlarda yaygın olarak yıldız-üçgen yol verme yöntemi kullanılmaktadır. Motorlar bölge halkı tarafından dağıtım hatlarına direkt olarak bağlanmış ve bazı bölgelerde yine bölge halkı tarafından dağıtım hattı tesis edilerek bu hatlar sulama kuyularına kadar çekilmiştir.

Motorların birçoğunda kesinti anından sonra otomatik devreye girmek için ayarlanmış 3 dakika gecikmeli röleler bulunmaktadır. Bu 3 dakikalık gecikme motorlar çalışırken herhangi bir arızadan dolayı enerjisiz kalırlarsa tekrar enerji geldiğinde motor borusu içerisindeki suyun boşaltılması için gereken zamanı sağlamaktadır. Aksi halde tekrar enerji geldiğinde motor borularındaki su boşalmadan motor tekrar çalışmaya başlayacaktır. Bu durumda motor yük altında çalışmaya başlayacağı için motorların yanmasına sebep olacaktır. Bu durumun önüne geçebilmek için 3 dakikalık bir zaman gecikmesi ayarlanmıştır. Zaman gecikmesi olmayan motorların ise tekrar devreye girmesi için manuel olarak anahtarlanması gerekmektedir.

Motor güçleri sabit olmayıp her kuyuda farklı güçte motorlar kullanılmaktadır. 100 W'tan, 2 kW'a kadar sulama motoru bulunmaktadır. Bu güçteki motorlarla 40 MW yük çekmek için yüzlerce motor kullanılması gerekmektedir.

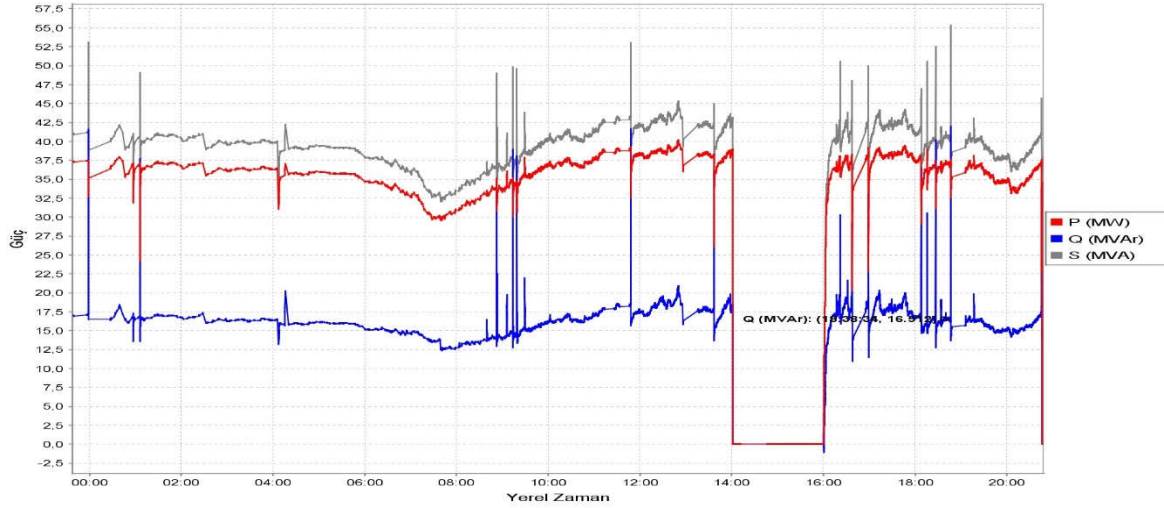
7.3. Gerilim Dalgalanması Döngüsü

Sulama pompalarını besleyen bazı dağıtım fiderlerinin uzunluğu yukarıda da belirtildiği üzere 45 km'yi bulmakta olup bu fiderlerin yükleri 40 MW'a kadar çıkmaktadır. Dağıtım hatlarının dal budak yapıda olması sebebi ile hat sonlarına doğru gerilim düşümleri görülmektedir.

Hat sonlarında gerilim düşümleri ile başlayan süreç şu şekilde açıklanabilir;

Yıldız/Üçgen yol verme yöntemi ile çalışmaya başlayan motorlar dağıtım fiderlerine enerji verildiğinde zaman gecikmeleri sebebi ile ilk çalışma anında düşük akım ve güç çekerler. Ancak motorların hepsi tek tek çalışmaya başladığında hat gerilimi kademe kademe düşmeye başlar. Özellikle hat sonlarında aşırı bir gerilim düşümü yaşanmaya başlar. Gerilim düşümleri ile birlikte motorların güç eğrileri de değişmeye başlar başlangıç çekilen aktif güç motor gerilimlerinin düşmeye başlaması ile birlikte çekilen akımın artmasına sebep olur. Artan akım ihtiyacı karşısında hattan çekinde reaktif güç miktarı artmaya, çekilen aktif güç miktarı ise düşmeye başlar.

Aşağıdaki Şekil 7.5'te yine 34,5 kV Kınalıtepe fiderinin çektiği aktif ve reaktif güç grafiği görülmektedir.



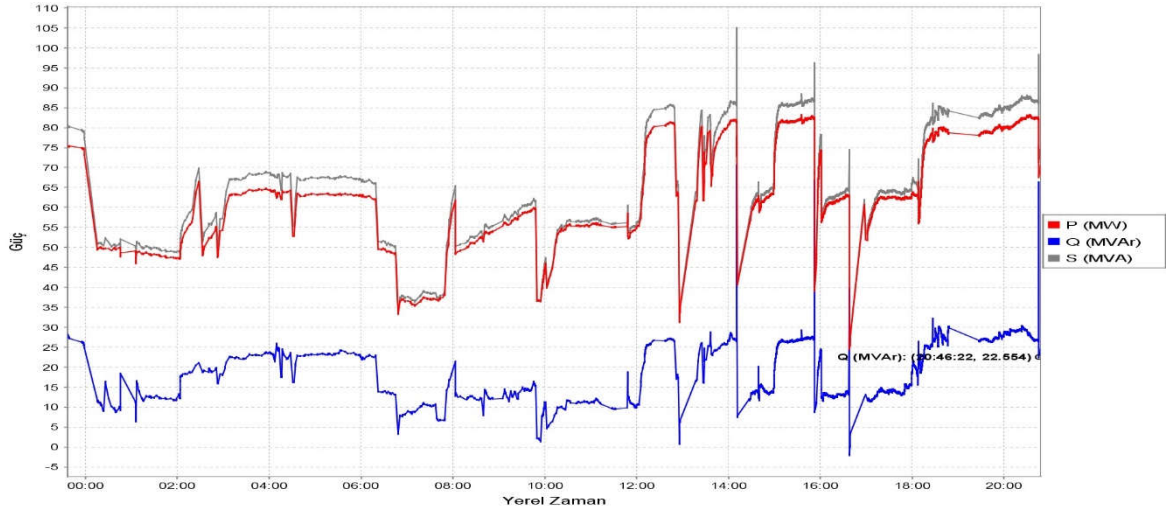
Şekil 7.5. 34,5 kV Kınaltepe fideri güç akış grafiği

Şekil 7.5'ten de görüleceği üzere gerilim dalgalanmaları yaşanırken aktif güç düşmüş reaktif güç ise yükselmiştir.

Bu şekilde gerilimi düşmeye başlayan motorların elektromanyetik torkları, mekanik torklarından daha düşük seviyeye geldikleri anda motorlar aniden durur. Duran motorlar düşük güç faktörü ile nominal akımının 5–6 katı akım çekmeye başlar. Bu durum 34,5 kV fiderde büyük bir reaktif güç artışına ve gerilimde aşırı düşüşe sebep olur.

Yaşanan bu durum hat üzerinde bulunana bütün motorlarda zincirleme etki yapar ve bütün motorlar gerilimin düşmesi ile neredeyse aynı anda durur ve aşırı akım çekmeye başlarlar. 154/33 kV trafolar üzerinde yüksek endüktif akım akışı 34,5 kV baralarda gerilim düşümüne neden olur. Bu durumu sulama pompalarını besleyen diğer fiderlerdeki motorların durması izler. 34,5 kV baralarda gerilim saniyeler içerisinde 34,5 kV'dan, 22-26 kV'a düşer (~%25-30). Bölge 154 kV sisteminde ~%15, 400 kV sistemde yaklaşık ~%5 gerilim düşümü oluşur. Bu zincirleme reaksiyon diğer trafo merkezlerindeki dağıtım fiderlerinde bulunana motorları da etkiler ve bütün bölgede yer alan motorlar aynı anda durur ve aşırı akım çekilmesine sebep olur.

Şekil 7.6'daki grafikte 154 kV Viranşehir-1 Trafo Merkezinde yer alan 154/34,5 kV trafodan çekilen gücün karakteristiği gösterilmektedir.



Şekil 7.6. 154 kV Viranşehir-1 TM 154/34,5 kV TR-A primer taraf güç akış grafiği

Şekil 7.6'dan da görüleceği üzere gerilim dalgalanması olduğu anda 154/34,5 kV trafonun 154 kV tarafında da ani olarak reaktif güç çekişi olmaktadır.

Gerilim dalgalanmaları Trafo Merkezine bağlı olarak yaklaşık 10 saniyeden 40–50 saniyeye kadar devam etmektedir. Bu sürenin sonuna Gerilim çökmesi nedeniyle motorların anahtarları açılmakta ya da aşırı yük korumalarının çalışması nedeniyle motorlar devre dışı kalmaktadırlar.

Aniden devre dışı kalan motorlar sebebi ile dağıtım hatlarından çekilen reaktif güç ve akım düşmektedir. Ani bir şekilde hattın reaktif gücünün azalması hat geriliminin de ani bir şekilde tekrar eski seviyesine hatta daha da yüksek bir mertebeye çıkmasına sebep olmaktadır.

Gerilimin toparlanmasını takip eden dakikalarda, birçok motor genellikle 3 dakikaya ayarlı zaman gecikmeli röleler ile otomatik veya elle tekrar çalışmaya başlamaktadır. Gerilimin toparlanmasından 2–3 dakika sonra devre dışı kalan fiderler tekrar enerjilenmektedir. Sonuç olarak yukarıda anlatılan süreç tekrar yaşanmaya başlamaktadır.

Gerilim çökmesi döngüsü bölgede yer alan ve üzerinde sulama motoru bulunan dağıtım hatlarının herhangi birinde başlayıp diğer dağıtım hatlarını da tetiklemektedir. Dolayısı ile çökmeyi başlatabilecek her dağıtım hattının karakteristiği belirlenmesi gerekmektedir.

Bu kapsamda ilgili dağıtım şirketi olan Dicle EDAŞ yetkilileri ile sorun yaşatabileceği

limitleri tespit edilmiştir. Böylelikle sorunun kaynağına daha yaklaşılmış ve çözüm için özellikle bu fiderler üzerinde yoğunlaşılması sağlanmıştır.

Simülasyonlar sonucu yük limitleri tespit edilen 30 adet fider aşağıdaki çizelgede yer almaktadır.

Çizelge 7.1. Yük limitleri belirlenen fiderler ve yük limit değerleri

Fider Adı (TM Adı)	Yük Limiti (MW)	Fider Adı (TM Adı)	Yük Limiti (MW)
Başak (Kızıltepe)	21	Kırbalı (Viranşehir)	12,5
Şenyurt (Kızıltepe)	21	Bakırca (Viranşehir)	21
Dikmen (Kızıltepe)	23	Yazgüneşi (Viranşehir)	26
Derik (Kızıltepe)	26,25	Turna (Karakeçili)	21
Akdoğan (Kızıltepe)	16,53	Karakeçi (Karakeçili)	24
Gökçe (Kızıltepe)	12	Gözelek (Siverek)	14,9
Akalın (Kızıltepe)	27	Mono Blok (Siverek)	14
Arıklı (Dikmen)	23	Yağmurlu (Yardımcı)	11,7
Atlı (Dikmen)	21,21	Sulama (Akçakale)	10
Bozhöyük (Dikmen)	25,03	Feeder 2 (Hilvan)	10
Kocatepe (Dikmen)	23	Feeder 3 (Hilvan)	25
Gözcü (Pekmezli)	31	Sulak (Mardin)	11
Kınalıtepe (Viranşehir)	25	Derik-1 (Etifosfat)	10
Karakeçi (Viranşehir)	16	Derik-2 (Etifosfat)	12
Eser (Viranşehir)	21	Mazıdağı (Etifosfat)	10

Çizelge 7.1'deki değerler sayesinde gerilim çökmesinin hangi fiderde hangi yükte başladığı belirlenmiştir. Mevcut sistem izlenilerek fiderlerin hangi yükte iken gerilim çökmeye başladığını tespit etmek olanaksızdır. Çünkü bir fiderde başlayan çökme diğer fiderde yük limitine ulaşmadan çökmeyi tetiklemektedir. Bu toplu olarak bölgede bir gerilim çökmesine sebep olmaktadır.

8. ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Güneydoğu Anadolu bölgesinin özellikle tarımsal sulama yapılan bölümlerinde kullanılan dalgıç su pompalarının yük karakteristiğinden dolayı gerilim düşümleri yaşanmaktadır. Yaşanılan bu ani gerilim düşümleri sürekli olarak tekrarlanması sebebi ile bölge yazlarında yoğun bir salınım görülmektedir.

Bu salınımlar bölgede yer alan bütün sanayi tesislerini ve bölge halkını olumsuz yönde etkilemektedir. Salınımlar fabrika üretimlerini durmasına veya hatalı ürün üretilmesine sebep olmaktadır.

Ayrıca söz konusu salınımlardan Türkiye'nin Avrupa bağlantıları da etkilenmektedir. ENTSO-E üyesi olan Türkiye'nin bu üyeliğini devam ettirebilmesi için söz konusu salınımları önlemesi gerekmektedir. Avrupa'nın en doğusunda yer alan Türkiye'de gözlenen gerilim salınımları Avrupa'nın en batısında yer alan Portekiz ve İspanya'da hissedilmektedir.

Sayılan sebeplerden dolayı gerilim salınımlarını önlemek veya etkisini azaltmak adına yapılabilecek birkaç çözüm bulunmaktadır.

Bu bölümde yukarıda sebebi anlatılan gerilim dalgalanmaları adına uygulanabilecek çözüm önerilerinden bahsedilmiştir. Aşağıda her bir çözüm önerisi tek tek açıklamış ve uygulanabilirliği hakkında bilgi verilmiştir.

İlave 154 kV trafo merkezi tesis edilmesi;

Yukarıdaki bölümlerde de bahsedildiği üzere bölgede arz güvenliği açısından herhangi bir kapasite yetersizliği bulunmamaktadır. Ancak 6.Bölüme anlatıldığı üzere gerilim salınımlarının birincil sebebi yine gerilim düşümüdür.

Dağıtım hatlarının dal budak yapısı sebebi ile hat sonlarında gerilim düşümü çok fazladır. Bu durumun önüne geçmek için uzun dağıtım hatlarını iki veya daha fazla uçtan beslemek üzere yeni 154 kV trafo merkezleri tesis edilmelidir. Bu şekilde hat başı ve sonundaki

gerilimler yükseltilecektir. Bu şekilde bölgede kullanılan sulama motorlarının kararsızlığı önlenerek hatlardan çekilecek reaktif güç azaltılacaktır.

Ancak böylesi bir çözüm oldukça maliyetlidir. Günümüz koşullarında yeni bir trafo merkezinin ortalama maliyeti 15.000.000 TL'dir. Yalnızca bir trafo merkezinin tesisi ise bölge için yeterli olmayacaktır. Ayrıca yeni bir 154 kV trafo merkezinin sistem bağlantısı için yeni 154 kV iletim hatlarının tesis edilmesi gerekecektir. Bu açıdan bakıldığında 100.000.000 TL'yi geçen yatırımlar gerekebilecektir.

Sulama kanallarının tesis edilmesi;

Bölgede elektriğin en yaygın kullanılma sebebi sulamadır. Sulama ise kuyulardan elektrik motorları kullanılarak yapılmaktadır. Kontrolsüz bir şekilde açılan kaçak sulama kuyularının sayıları her geçen gün artmaktadır. Bu sebeple yer altı su seviyesi her geçen gün daha da düşmektedir. Sonuç olarak sulama kuyularının derinlikleri de her geçen gün artmaktadır. Derinliği artan sulama kuyuları ise daha güçlü motorların kullanılmasını gerektirmektedir.

Böylesi bir durumu önlemek adına bölgedeki tarımsal arazilerde sulama kanalları yapılarak su pompalarının sayıları ve güçleri azaltılabilir.

Böyle bir proje GAP kapsamında planlanmıştır. Ancak halen istenilen seviyeye gelinememiştir.

Münavebeli sulama yapılması;

Bölgede görülen gerilim dalgalanmalarının sebebi birçok su motorunun aynı anda devreye girmesidir. Aynı anda birçok motorun devreye girmesi ile hat gerilimi düşürmektedir. Yukarıda süreç detaylı olarak anlatılmıştır.

Eğer hat üzerinde bulunan sulama bölgelerini belli bir program dahilinde parça parça enerjilendirilirse hat yükü düşmüş olur ve gerilim düşümleri azaltılır.

34,5 kV Fiderlere düşük gerilim rölesi takılması;

Bu yöntem kapsamında 34,5 kV fiderlerde tek tek gerilimin çökmeye başladığı seviye

belirlenmelidir. Fider başına takılacak olan düşük gerilim rölesi ile gerilim belirlenen seviyenin altına inildiğinde o fiderin enerjisi kesilmelidir. Böylelikle bir fiderde başlayan gerilim çökmesi diğer fiderleri etkilemeden gerilim çökmesi o fiderde hapsedilecektir.

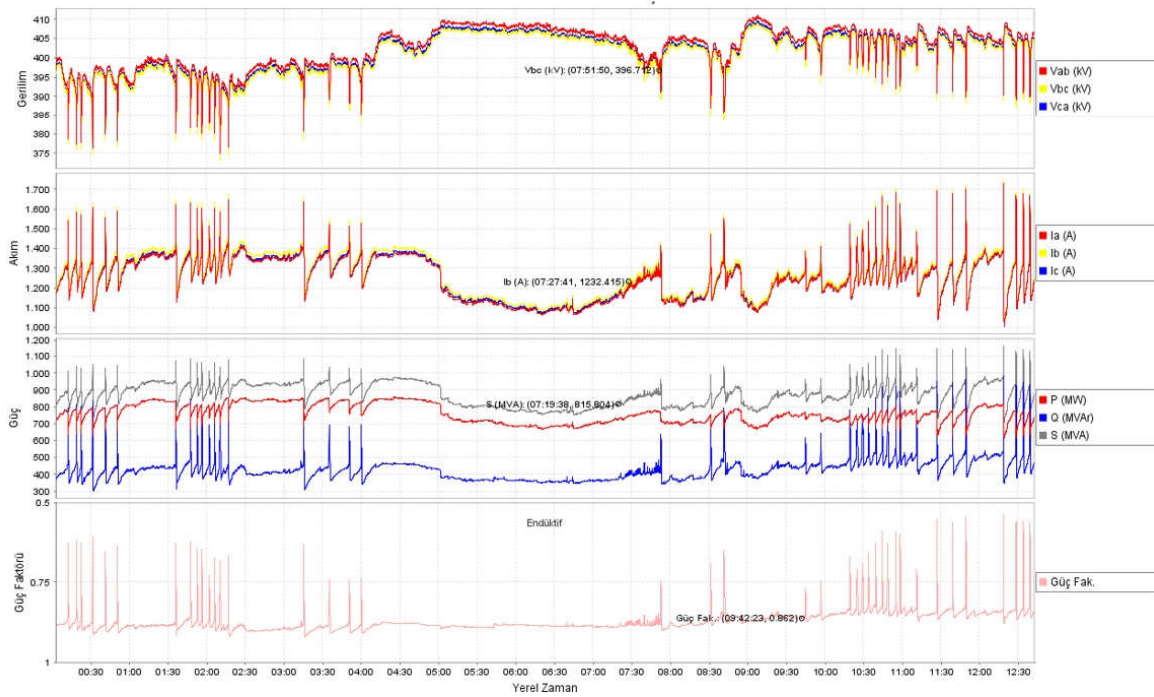
Bu kapsamda bölge bir çalışma yapılmıştır. Sulama fiderlerinin en yoğun olduğu trafo merkezleri ve bu merkezlerdeki fiderler belirlenmiştir.

Buna göre Çizelge 8.1’de yer alan fiderlerin başlarına düşük gerilim rölesi takılmıştır.

Çizelge 8.1. Düşük gerilim rölesi takılan fiderlerin listesi

Trafo Merkezi	Fider İsmi	Fider Yüğü
Alakuş	Boğaziye	29
Dikmen	Geçit	27
	Bozhöyük	29
Kızıltepe	Başak	25
	Şenyurt	30
Çırçıp	Maden	26
Pekmezli	Keskin	30
Viranşehir	Zümrüt	30
	Kınalıtepe	40
	Karakeçi	24
	Gözlek	16
	Aslanbaba	24
	Eser	23

Çizelge 8.1’deki fiderlerde normal çalışma zamanlarında fider gerilimi 31 kV’un altına inmediğinden ve röle açma gerilimi rölenin hassasiyeti gereği çift rakamlara (28 kV, 30 kV, 32 kV) ayarlanabileceğinden, röle açma gerilimi 30 kV olarak belirlenmiştir. Açma süreleri ise aynı barada olan fiderlere risk durumuna göre en riskli olan fiderin daha önce enerjisinin kesilmesi için röle açma süresi 0.1 sn ve daha az riskli fiderin bir sonraki adımda enerjisi kesilmesi için röle açma süresi 0.3 sn olarak belirlenmiştir. Kapama süresi olarak nispeten daha az riskli fidere enerji verildikten bir süre sonra (yaklaşık 2 dk) daha riskli olan 2.fidere enerji verilmiştir. Böylece enerjisi kesilmiş fiderlerin tekrar sisteme bağlanması sırasında sistemin ani yüklenmesi engellenmiştir. Bu çalışma sabaha karşı 04.00 ile 08.00 arasında yapılmıştır.



Şekil 8.1. 400 kV Atatürk HES – Şanlıurfa fideri gerilim ve güç grafiği

Şekil 8.1’den de görüleceği üzere test boyunca gerilim salınımları minimuma indirgenmiştir.

Ancak test boyunca Dikmen TM’deki Geçit fiderinin sık sık açması, bu durumun sulamayı imkansız hale getirmesi ve bölge halkının tepkisi nedeniyle bu fiderdeki röle devre dışı bırakılmıştır. Testin sağlıklı yürümesi ve fiderler üzerinde tam bir kontrol sağlanabilmesi için tüm sorunlu fiderlere rölelerin takılması ve aynı zamanda aktif duruma getirilmesi gerekmektedir. Aksi halde bir fiderde başlayan çökme diğer fiderlere yansıyacak ve çökmenin etkisiyle bütün fiderlerde gerilim düşeceği için fiderlere bağlı röleler bağlı olduğu fiderin enerjisini kesecek ve bu çok küçük periyotlarla tekrarlanacaktır.

Bu durum sık sık açma kapa sebebi ile fiderlerdeki techizatların ömrünü kısaltacaktır. Fiderler üzerinden tam bir kontrol sağlanamadığı için test sonlandırılmıştır.

Dağıtım hatlarının yüklerinin bölünmesi;

Bu yöntem için her bir dağıtım hattının çekebileceği maksimum yük belirlenmeli ve dağıtım hatları bu yüke göre diğer trafo merkezleri ile irtibatlanacak şekilde bölünmelidir. Böylelikle hat sonlarında meydana gelen gerilim düşümleri en aza indirgenebilecektir.

Statcom (Statik senkron kondansatör) tesis edilmesi;

Dağıtım hatlarında çok fazla sulama motoru kullanılması sistemden reaktif güç çekilmesine sebep olmaktadır. Bu sebeple, dağıtım hatlarında kayıpların artmakta, dağıtım hattından taşınan güç kapasitesi azalmakta ve hat sonundaki gerilim nominal seviyenin altında olmaktadır. Sayılan sebeplerden dolayı güç kompanzasyonu yaparak sistemin sürekli izlenmesi gerekmektedir. Güç kompanzasyonu yapılarak gerilim kararlılığı sağlanacaktır. Bu da hem hatların daha verimli kullanılmasını hem de kaynakların daha sağlıklı kullanılmasını sağlayacaktır.

Bunu sağlamak için güç sistemlerinde reaktif güç kompanzasyon çalışmaları ve uygulamaları yaygın bir şekilde yapılmaktadır. Yüksek güçlü ve hızlı anahtarlama yüklerin güç faktörü yaygın olarak kullanılan elektromekanik kompanzasyon düzenekleri ile düzeltilmesi zordur. Bunun nedeni geleneksel kompanzasyon sistemleri, yükün plansız olarak ihtiyaç duyduğu reaktif güç talebine hızlıca cevap verememesi ve tepki süresinin gereğinden fazla olmasıdır. Sonuç olarak ihtiyaç duyulan kapasitif reaktif gücün kompanzasyon sisteminden elde edilememesi durumu ortaya çıkmaktadır. Buna bağlı olarak enerji iletim ve dağıtım sistemleri için hızlı kompanzasyon ihtiyacı giderek önem kazanmaktadır. Güç elektroniği elemanları anahtarlama hızlarının yüksek olması sebebi ile günümüzde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Gerilim çökmelerini önlemek için yapılan kompanzasyon sistemlerinde yarı iletken kullanılması, anahtarlama işlemlerini hızlandıracağı için oldukça faydalı sonuçlar doğuracaktır.

Gerilim salınımları sırasında sistemden çekilen reaktif gücün Statcom'lar aracılığı ile sağlanması durumunda hatdaki gerilim düşümleri en aza indirgenebilir. Ancak bu nokta Statcom'un tesis edileceği bölge çok önemlidir. Çünkü Statcom'lardan maksimum verimi alabilmek için hat ortasına veya sonuna tesis etmek gerekmektedir.

9. SONUÇLAR

Yapılan bütün çalışmalar ve problemin sebebine bakıldığında bölgede bir gerilim dalgalanması olduğu ve bunun bir elektriksel sorun olduğu açıktır.

Güneydoğu Anadolu Bölgesinden başlayarak tüm Türkiye iletim sistemini ve hatta yurtdışı bağlantıları etkileyen bu sorunun temeli elektriğin yanlış, programsız ve teknik dışı kullanımıdır.

Dolayısı ile bölgede yapılacak bütün çalışmalar ve yukarıda sunulan çözüm önerileri, bölgedeki yanlış ve programsız elektrik kullanımı önlenmedikçe sorunun kesin çözümü olmayacaktır. Kaçak elektrik önlenmedikçe yapılacak her yatırım yaşanan gerilim dalgalanmalarının etkisini bir miktar azaltacak ancak süreç içerisinde tekrar eski seviyesine gelmesine engel olmayacaktır.

Elektriksel açıdan bakıldığında bölgenin sorunu çözümsüz değildir. Ancak çözümün olmazsa olmaz şartı elektriğin bir program dahilinde tüketilmesi ve bu çerçevede önlem alınmasıdır.

Bütün bu anlatılanlar dışında bölgede yaşanan gerilim dalgalanmaları tarımsal sulamanın elektrik kullanılarak yapılmasının sonucudur. Dolayısı ile bölgedeki asıl sorun elektrik kapasite yetersizliği değil sulama kanallarının yetersizliğidir. Söz konusu yetersizlik sebebi ile bölge halkı sulama kuyularına yönelmiş ve bu kuyulardan elektrik pompaları ile su çıkarma yoluna gitmiştir. Dolayısı ile bölgedeki asıl sorun sulama yapmak için kanalların yetersiz olmasıdır. Bununla birlikte bölge halkı tarımsal sulama konusunda bilinçsizdir. Şöyleki bölgede sağnak yağmur altında arazilere su kuyularından su pompalanmaya devam edilmektedir. Su kuyularından arazilere 24 saat su pompalanmaktadır. Bu da yer altı su kuyularının derinliğini her geçen gün daha da arttırmaktadır. Suyun daha derinden çekilmesi ile kuyulardan çekilen suyun kalitesi düşmekte buda tarım arazilerinin verimini düşürmekte hatta çölleşmeye götürmektedir.

Bütün bu çalışma boyunca sorunun elektrik sorunu olarak ele alınıp çözümün yine elektriksel alanda aranmasının sebebi ülkemizin ENTSO-E bağlantısıdır. Çünkü ENTSO-E

üyeliliğimizin tam yapılabilmesi için gerilim dalgalanmalarının önlenmesi gerekmektedir. Yukarıda sunulan çözüm önerileri kapsamında gerilim dalgalanmalarında belli oranda iyileşme sağlanmış ve ENTSO-E ile tam üyelik sözleşmesi imzalanmıştır. Ancak bu yalnızca elektriksel boyutta sorunun bir miktar azaltılması sebebi ile olmuştur.

Sorunun tam çözümü için öncelikle bölge halkı sulama konusunda bilinçlendirilmelidir. Hernekadar sulama elektrik alanında olumsuz etkiler yaratsa da asıl büyük sorun ülkemizin verimli arazileri gün geçtikçe verimsiz hale gelmekte ve hatta çölleşmektedir. Bunun önüne geçilmesi için bir an önce bölgede yanlış sulama alışkanlıkları durdurulmalıdır. Bölgeye yeni sulama kanalları tesis edilerek gerekirse uzmanlar eşliğinde bölgede sulama yapılmalıdır.

Böylelikle hem elektriğin kaçak olarak kullanılmasını azaltılacak hem de bölgedeki tarımsal faaliyetler daha kaliteli hale gelecektir. Buda her yönüyle ülke ekonomimize olumlu katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. İnci, M., Tümay, M., Bayındır, K. (2016). Dinamik gerilim iyileştiricilerinde gerilim problemlerinin tespiti için yeni yöntem geliştirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31 (4), 5-6.
2. Bayındır, R., Yeşilbudak, M. ve Çetinkaya, Ü. (2015). Modelling and analysing of electricity transmission infrastructure of Ankara, Turkey: A case study on the critical line scenarios. *Gazi University Journal of Science*, 28(4), 587-597.
3. İlhan, S. (2012). *Türkiye ulusal elektrik iletim sisteminde kullanılan 380 kV V-askı izolatörleri için korona halkası tasarımı ve parametre optimizasyonu*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
4. Abdelmoumene, A. and Bentarzi, H. (2014). A review on protective relays' developments and trends. *Journal of Energy in Southern Africa*, 25(2), 91–95.
5. Atabey, G. ve Tezcan S., S. (2017). Rüzgâr santrallerinin modellenmesi ve rüzgâr santrallerinin iletim sistemi üzerindeki etkilerinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 5(3), 197-212.
6. IEEE Industry Applications Society (2012). Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems. *Industry Applications IEEE Transactions*, 1(1), 2-9.
7. IEEE Industry Applications Society (2010). Application Guide for Surge Protection of Electric Generating Plants. *Industry Applications IEEE Transactions*, 1(1), 23-25.
8. Eren, S. (2014). *Akkuyu Nükleer Güç Santrali için iletim sistemi güvenlik analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
9. Elektrik Mühendisleri Odası. (2013). *Türkiye’de Elektrik Enerjisi Gelişiminin Kısa Tarihçesi ve. Genel Üretim Bilgileri* (2011-2013) Ankara: EMO, 19-25.
10. Canbek, E. (2010). *Türkiye iletim sistemi planlama kriterleri dahilinde havza planlamaları ve bu kapsamda sason havzası planlaması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
11. Türkiye Elektrik İletim A.Ş.(2014). *TEİAŞ APK Dairesi Çalışma Raporları* (2012-2014) Ankara: TEİAŞ, 7-44.
12. Değerli, G. (2017). *Enerji iletim sistemlerinde hatların nümerik diferansiyel röleler ile korunması ve T-bağlantılı hatlarda diferansiyel korumanın mesafe koruma ile karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
13. Tekşut, H, B. (2009). *Ulusal elektrik iletim sistemindeki şalt tesislerinin incelenmesi ve yeni çözüm önerileri*, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.

14. İlaslaner, İ. (2006). *Güç kalitesinde harmonikler ve filtrelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
15. Ata, R. (1996). *Enerji iletim sistemindeki güç kayıplarının yapay sinir ağları ile analizi*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
16. Akdağ, O. ve Yeroğlu, C. (2019). Güç sistemlerinde aşırı akım koruma koordinasyon modelinin oluşturulması, benzetimi ve optimizasyonu. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(1), 202-214.
17. Türkiye Elektrik İletim A.Ş.(2014). *TEİAŞ Yük Tevzi Dairesi Çalışma Raporları* (2012-2014) Ankara: TEİAŞ, 11-28.
18. Meier, A. (2006). *Electric Power Systems: A Conceptual Introduction*.(2). New Jersey A John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, 29-53.
19. Penthong, T. and Hongesombut, K. (2013). *An efficient method of automatic distance relay settings for transmission line protection*. 2013 IEEE International Conference of IEEE Region 10, Xi'an, China.
20. Aydın, H. (2017). *Farklı arıza durumları dikkate alınarak enerji iletim sistemi için en uygun röle ayar değerlerinin belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
21. Amir, M., (2017). *Güç iletim sisteminde güç kalitesini geliştirmek için dağıtım gücü akımı kontrolörünün (DPFC) uygulama ve performans değerlendirmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Türk Hava Kurumu Üniversitesi, Ankara.
22. Aydoğdu, N. (2003). *İletim hatlarında arıza modelleme ve sayısal rölelerle koruma*, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
23. Gürsanlı, Ö. (2017). *Enerji iletim hatlarındaki yapısal değişikliklerin röle koordinasyonu üzerindeki etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
24. Aneesh, S. and Angel, T. S. (2015). *Quadrilateral relay based distance protection scheme for transmission lines under varying system conditions*. 2015 International Conference on Technological Advancements in Power and Energy, Kollam, India.
25. Monticelli, A. (1999). *Application to Power Flow Equations*. Unicamp: Kluwer Academic Publishers, 29-36
26. Chaudhari, N., Hinge, T. and Damhare, S. (2016). *Blocking of distance relays zone3 under load encroachment conditions using decision tree technique*. 2016 IEEE 7th Power India International Conference, Bikaner, India.
27. Ziegler, G. (2008). *Numerical Distance Protection Principles and Applications (Third Edition)*. Germany: Publicis Corporate Publishing, 304-317.
28. Ergün, A., (1997). *Güç Sistemlerindeki Harmoniklerin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

29. Das, A. (2011). Power System Analysis. *Short-Circuit Load Flow and Harmonics*, Second Edition. New Jersey: CRC Press, 32-36.
30. Saygılı, M. (2019). *Enerji İletim Hattı Koruma Modellemesi ve Analizi ile Ankara Bölge Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : MERTOĞLU, Zafer
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 30.09.1985, Ankara
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (507) 577 80 37
 e-mail : zafermavi@gmail.com.tr



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Elektrik-Elektronik Mühendisliği	Devam Ediyor
Lisans	Dumlupınar Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği	2009
Lise	Ankara Kanuni Lisesi (Y.D.A.)	2004

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2011-Halen	Türkiye Elektrik İletim A.Ş.	Başmühendis

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

RC Araçlar, Fotoğraf, Sinema, Müzik



GAZİ GELECEKTİR..