MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİKLİ ARAÇ HIZLI ŞARJ İSTASYONLARININ ŞEBEKE ÜZERİNDE OLUŞTURDUĞU ETKİLERİN ANALİZİ

FİKRET KAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı
Elektrik Eğitimi Programı

DANIŞMAN
Dr. Öğretim Üyesi Onur AKAR

İSTANBUL, 2023

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİKLİ ARAÇ HIZLI ŞARJ İSTASYONLARININ ŞEBEKE ÜZERİNDE OLUŞTURDUĞU ETKİLERİN ANALİZİ

FİKRET KAYA

(522322603)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı

Elektrik Eğitimi Programı

DANIŞMAN

Dr. Öğretim Üyesi Onur AKAR

İSTANBUL, 2023

ÖNSÖZ

Günümüzde elektrikli araç kullanımının artması ile birlikte elektrikli araç hızlı şarj istasyonlarının kurulumu da yaygınlaşmaktadır. Bu durumun halen kullanılmakta olan elektrik şebeke sistemi üzerindeki etkileri bilmek ve bu etkilerin doğurabileceği sonuçları öngörüp tedbirler alma konusundaki önemini artırmaktadır. Bu anlamda yeni elektrikli araç hızlı şarj istasyonlarının optimal konumlarını belirleyip getireceği elektriksel yüklerin analizinin yapılması ve sonuçlarının değerlendirilerek var olan şebeke sistemini güçlendirilmesi, kesintisiz ve verimli bir enerji akışını sağlayacaktır. Bu düşünce ve görüşlerle başladığım çalışmamda, tez sürecimin başından itibaren bana yol gösteren tez danışmanım Dr.Öğr.Üyesi Onur AKAR'a, tez sürecinde katkılarından dolayı AYEDAŞ dağıtım şirketinde Elektrik Mühendisi Erhan ÇERİ ve Mekatronik Mühendisi Emin YÜCEL'e ve manevi desteğini esirgemeyen başta eşim Asuman KAYA'ya ve kızlarım Azra ve İnci KAYA'ya teşekkürlerimi sunarım.

2023 **Fikret KAYA**

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖN SÖZ ..... **i**

İÇİNDEKİLER ..... **ii**

ÖZET ..... **vi**

ABSTRACT ..... **vii**

SEMBOLLER ..... **viii**

KISALTMALAR ..... **ix**

ŞEKİL LİSTESİ ..... **xi**

TABLO LİSTESİ ..... **xvi**

1. GİRİŞ **1**

2. ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARI **6**

2.1. EAŞİ Yapısı 6

2.2.Ülkemizdeki Mevzuat Durum 7

2.3.Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Standartları 8

2.4.Şarj İstasyonları Kurulum Parametreleri 10

2.5.Şarj İstasyonu Tipleri 12

2.5.1.Yavaş Şarj İstasyonları 12

2.5.2.Normal Şarj İstasyonları 12

2.5.3.Hızlı Şarj İstasyonları 13

2.6.Şarj İstasyonu Şebeke Bağlantı Şekilleri 14

2.7.Şarj İstasyon Bataryaları 15

2.8.Şarj Yönetimi 18

2.8.1.Kontrolsüz Şarj 19

2.8.2.Kontrollü Şarj 20
2.8.3.Akıllı Şarj 20
2.9.Şarj Metotları 20
2.9.1.Kablolu Şarj Metotu 21
2.9.2.Kablosuz Şarj Metotu 22
2.9.3.Batarya Değiştirme Metotu 23
2.10. Hızlı Şarj Yöntemleri 23
2.10.1.Şebeke Desteği 24
2.10.2.Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Entegrasyonu 24
2.10.3.Güç Yoğunluğu 24
2.10.4.Hücresel Ağ 24
2.10.5.Şarj İstasyonlarının Yerleşimi 24
2.10.6. Güvenlik 25
3. ŞARJ İSTASYONLARININ DAĞITIM ŞEBEKESİNE ETKİLERİ 27
3.1.Güç Kalitesi 27
3.2.Faz Dengesizliği 27
3.3.Transformatör Üzerindeki Etkisi 28
3.4.Sistem Kayıpları Üzerindeki Etkileri 28
3.5.Kararlılık Etkisi 29
3.6.Harmonik Etkileri 29
4. KISA DEVRE ANALİZİ 33
4.1. Simetrik Kısa Devreler 34
4.1.1.Üç Fazlı Kısa Devre 34
4.2. Simetrik Olmayan Kısa Devreler 36
4.2.1.Faz-Toprak Kısa Devresi 36

4.2.2.Faz-Faz Kısa Devresi 38
4.2.3.İki Faz-Toprak Kısa Devresi 41
5. SİSTEMİN MODELLENMESİ 45
5.1. Şebeke Verileri 45
5.2. Haversine Algoritması 48
5.3. Şarj İstasyonlarının Yerleşimi 52
5.4. Matlab Şebeke Parametreleri 55
5.4.1. EA Şarj İstasyonu Modeli 55
5.4.2. EA Batarya Modeli 56
5.4.3. AA Gerilim Kaynakları Modeli 57
5.4.4. Hatların Modeli 59
5.4.5. Trafoların Modeli 61
5.4.6. Kesicilerin Modeli 63
5.4.7. Yüklerin Modeli 65
5.4.8. Ölçüm Blokları Modeli 66
5.4.9. Grafiksel Kullanıcı Ara Yüzü (Powergui) Modeli 69
5.4.10. Hata Bloğu Modeli 69
5.5. Şebeke Modeli 70
6. UYGULAMA 72
6.1. Kavacık Hattı Üzerindeki Elektriksel Analizi 72
6.2. Ümraniye Hattı Üzerindeki Elektriksel Analizi 85
6.3. Kavacık Hattı Üzerinde Kısa Devre Analizi 99
6.4.Ümraniye Hattı Üzerinde Kısa Devre Analizi 104
7. SONUÇLAR 110
KAYNAKLAR 112

EKLER **120**

EK-1 Pyhton yazılım dilinde şarj istasyonu yerleşim kodları 120

EK-2 Şarj istasyonu konum hesaplama tablosu 123

ÖZ GEÇMİŞ **127**

ÖZET

ELEKTRİKLİ ARAÇ HIZLI ŞARJ İSTASYONLARININ ŞEBEKE ÜZERİNDE OLUŞTURDUĞU ETKİLERİN ANALİZİ

Elektrikli Araç (EA)'ları teşvik etmek için çok sayıda şarj istasyonu kurulmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Şarj istasyonları güç sistemlerinde lineer olmayan yük olarak bilinir. Bu durum elektrik dağıtım sistemlerinde çeşitli problemler oluşturur. Ülkemizde yakın tarihte başlayan yerli EA üretimi ve EA'lar için yapılan teşviklerle birlikte, toplam EA kullanımında önemli ölçüde artış beklenmektedir. Dolayısıyla, EA'ların dağıtım şebekesinde oluşturabileceği etkilerin bilinmesi, dağıtım şebekesinin bu artışı karşılayabilmesi için ek şebeke maliyetlerine ve bu maliyetlerin nasıl azaltılabileceğiyle ilgili bilimsel çalışmalar önem arzetmektedir. Bu kapsamda yapılan çalışmada genel olarak Elektrikli Araç Hızlı Şarj İstasyonlarının (EAHŞİ) şebekeye bağlanma şekilleri, tipleri, kurulum parametreleri ve elektrik dağıtım şebekesine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada seçilen bir pilot bölgede yaşayan insanların şarj ihtiyaçlarını hem otoparklarında hem de şebeke üzerinde optimal konumlandırılması yapılmış EAHŞİ'nin üzerinden sağlayacak şekilde şebeke planlaması yapılmıştır. Yapılan bu şebeke planlaması doğrultusunda dağıtım şirketi altyapısı kullanılarak bölgede bulunan dağıtım fiderleri seçilmiş, bu fiderlere ait konum verileri, güç verileri, dağıtım sistemi elemanları verileri gibi teknik bilgiler MATLAB/SIMULINK programı kullanılarak şebeke modellemesi yapılmıştır. Yapılan bu modelleme üzerinden EAHŞİ'lerin oluşturacağı elektriksel etkilerine ilişkin simülasyon sonuçları elde edilip analizleri yapılarak öneriler sunulmuştur.

Ekim 2023 **Fikret KAYA**

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE EFFECTS OF ELECTRIC VEHICLE FAST CHARGING STATIONS ON THE GRID

There is a need to install a large number of charging stations to promote Electric Vehicles (EV). Charging stations are known as nonlinear load in power systems. This situation creates various problems in electrical distribution systems. With the recent start of domestic EV production in our country and the incentives for electric vehicles, a significant increase in total EV usage is expected. Therefore, it is important to know the effects that electric vehicles may have on the distribution network, and to conduct scientific studies on additional network costs and how these costs can be reduced so that the distribution network can meet this increase. In this context, in general, the connection types of Electric Vehicle Fast Charging Stations (EV-FCS) to the network, their types, installation parameters and their effects on the electricity distribution network were investigated. In this study, network planning was made to meet the charging needs of people living in a selected pilot region both in their parking lots and through the optimally positioned EV-FCS on the grid. In line with this network planning, distribution feeders in the region were selected using the distribution company infrastructure, and network modeling was made using the MATLAB/SIMULINK program in the light of technical information such as location data, power data, distribution system element data of these feeders. Based on this modeling, simulation results regarding the electrical effects of EV-FCSs were obtained and analyzed, and suggestions were presented.

October 2023 **Fikret KAYA**

SEMBOLLER

C : IEC standartlarında belirtilen gerilim katsayısı

CU : Bakır

AL : Alüminyum

$\mathbf{I_k}$: Kısa Devre Akım Değeri

$\mathbf{I_n}$: Nominal Akım Değeri

$\mathbf{I_s}$: Sabit Akım Değeri

$\mathbf{I_{(t)}}$: Anlık Akım Değeri

$\mathbf{I_0}$: Sıfır bileşen devresi akım fazörü

$\mathbf{I_1}$: Doğru bileşen devresi akım fazörü

$\mathbf{I_2}$: Ters bileşen devresi akım fazörü

$\mathbf{I_{RST}}$: Faz Akımları

kVA : kilo volt-amper

kVAR : kilo volt-amper reaktif

$\mathbf{L_m}$: Mıknatıslanma Endüktansı

MW : Mega watt

PF : Güç Faktörü

$\mathbf{P_{(t)}}$: Anlık Güç Değeri

$\mathbf{Q_c}$: Devreye paralel bağlanan kondansatörlerin gücü

$\mathbf{R_m}$: Mıknatıslanma Direnci

$\mathbf{U_0}$: Sıfır bileşen devresi gerilim fazörü

$\mathbf{U_1}$: Doğru bileşen devresi gerilim fazörü

$\mathbf{U_2}$: Ters bileşen devresi gerilim fazörü

$\mathbf{V_{(t)}}$: Anlık Gerilim Değeri

$\mathbf{V_{RST}}$: Faz Gerilimleri

Y : Admitans

$\mathbf{Z_0}$: Sıfır bileşen devre empedans fazörü

$\mathbf{Z_1}$: Doğru bileşen devre empedans fazörü

$\mathbf{Z_2}$: Ters bileşen devre empedans fazörü

KISALTMALAR

AA : Alternatif Akım

AG : Alçak Gerilim

AYEDAŞ : Anadolu Yakası Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi

KŞS : Kombine Şarj Sistemi

CBS : Coğrafi Bilgi Sistemi

ÇKKV : Çok Kriterli Karar Verme

DA : Doğru Akım

EA : Elektrikli Araç

EAHŞİ : Elektrikli Araç Hızlı Şarj İstasyonu

EAŞİ : Elektrikli Araç Şarj İstasyonu

HŞİ : Hızlı Şarj İstasyonu

EMO : Elektrik Mühendisleri Odası

EPDK : Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu

EAHŞİ : Elektrikli Araç Hızlı Şarj İstasyonu

G2V : Şebekeden Araca

HEA : Hibrit Elektrikli Araç

IEA : Uluslararası Enerji Ajansı

IEC : Uluslararası Elektorteknik Komisyonu

IEEE : Uluslararası Elektrik Elektronik Mühendisleri Enstitüsü

kWh : Kilowatt-Saat

Li-Ion : Lityum-İyon

$LiFePO_4$: Lityum Demir Fosfat

MW : Megawatt

Ni-Cd : Nikel-Kadmiyum

OG : Orta Gerilim

PF : Pasif Filtre

PI : Oransal İntegral

PSO : Parçacık Sürü Optimizasyonu

PV : Foto Voltaik

PWM : Sinyal Genişlik Modülü

RMS : Karakök Ortalama

SAE : Amerikan Otomotiv Mühendisleri Birliği

TEA : Tüm Elektrikli Araçlar

THD : Toplam Harmonik Distorsiyonu

THDV : Toplam Harmonik Distorsiyonu Voltajı

V0G : Geleneksel Şarj

V1G : Akıllı Şarj

V2G : Araçtan Şebekeye

V2H : Araçtan Eve

V2V : Araçtan Araca Besleme

YG : Yüksek Gerilim

YPEA : Yakıt Pilli Elektrikli Araç

XLPE : Çapraz Bağlı Polietilen Orta Gerilim Kablosu

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Şarj istasyonu sistemi 6

Şekil 2.2 EA'lar için şarj altyapısının şematik diyagramı 7

Şekil 2.3 EAHŞİ planlamasının tasarım akış diyagramı 11

Şekil 2.4 Tipik Li-ion pil şarj özellikleri 17

Şekil 2.5. EA şarj yöntemleri 21

Şekil 2.6 Dahili şarj istasyonu modeli 21

Şekil 2.7 Harici şarj istasyonu modeli 22

Şekil 2.8 Kablosuz şarj aktarımı modeli. 22

Şekil 2.9 Batarya değiştirme metodu uygulaması 23

Şekil 3.1 Harmoniklerin sisteme etkisi, sinüsoidal bozukluk 31

Şekil 4.1 Üç fazlı kısa devre arızası şeması 34

Şekil 4.2 (a) doğru bileşen devre, (b) ters bileşen devre, (c) sıfır bileşen devre 34

Şekil 4.3 Faz toprak kısa devre arızası şeması 37

Şekil 4.4 Faz toprak kısa devresi simetrili bileşenleri devre şeması 38

Şekil 4.5 Faz faz kısa devre arızası gösterimi 39

Şekil 4.6 Faz faz kısa devresinin simetrili bileşen devre şeması 39

Şekil 4.7 İki faz toprak kısa devre arızası devresi 41

Şekil 4.8 İki faz toprak kısa simetrili bileşenler devresi 42

Şekil 5.1 Seçilen bölgenin haritadaki yeri 45

Şekil 5.2 Seçilen dağıtım şebekesinin tek hat şeması 46

Şekil 5.3 Trafoların harita üzerindeki konumları 48

Şekil 5.4 Şarj istasyonlarının yerleşim algoritma şeması 51

Şekil 5.5 Şarj istasyonlarının ve trafoların haritadaki konumları 52

Şekil 5.6 Tek fazlı EA şarj istasyonu modeli 56

Şekil 5.7 Üç fazlı EA şarj istasyonu modeli..... 56

Şekil 5.8 EA batarya modeli 57

Şekil 5.9 EA Batarya modeli parametreleri..... 57

Şekil 5.10 AA gerilim kaynağı modeli..... 58

Şekil 5.11 380 kV'luk AA gerilim kaynağı parametreleri 58

Şekil 5.12 Enerji dağıtım hattının π (pi) eşdeğer devresi 59

Şekil 5.13 Enerji dağıtım hattı modeli 59

Şekil 5.14 Enerji dağıtım hattının blok parametreleri 61

Şekil 5.15 Kavacık TM modeli 62

Şekil 5.16 Kavacık TM blok parametreleri 63

Şekil 5.17 a) Bir fazlı kesici modeli, b) Üç fazlı kesici modeli 64

Şekil 5.18 Kesici blok parametreleri araç kutusu..... 64

Şekil 5.19 Üç fazlı paralel RLC yük modeli 65

Şekil 5.20 Yük blok parametre araç kutusu 65

Şekil 5.21 Üç fazlı ölçüm bloğu modeli..... 66

Şekil 5.22 Üç fazlı ölçüm bloğu parametre araç kutusu 67

Şekil 5.23 Hat başı ölçüm bloğu alt sistem modeli 67

Şekil 5.24 Trafo girişi ölçü blokları alt sistem modeli 68

Şekil 5.25 Trafo çıkış ölçüm blokları..... 68

Şekil 5.26 Powergui blok şeması 69

Şekil 5.27 Hata blok diyagramı..... 69

Şekil 5.28 Hata bloğu parametre araç kutusu..... 70

Şekil 5.29 Dağıtım şebekesinin ana MATLAB/Simulink modeli şeması..... 71

Şekil 6.1 Kavacık hat başı gerilimleri 72

Şekil 6.2 Kavacık hat başı L_1 faz akımı 73

Şekil 6.3 Kavacık hat başı L_2 faz akımı 73

Şekil 6.4 Kavacık hat başı L_3 faz akımı 74

Şekil 6.5 Kavacık hat başı aktif gücü 74

Şekil 6.6 Kavacık hat başı reaktif gücü 75

Şekil 6.7 Kavacık hat başı akımları 75

Şekil 6.8 Kavacık hat başı L_1 THD değeri 76

Şekil 6.9 Kavacık hat başı L_2 THD değeri 77

Şekil 6.10 Kavacık hat başı L_3 THD değeri 77

Şekil 6.11 Kavacık hattı 6143 nolu trafo noktasındaki akım değerleri 78

Şekil 6.12 Kavacık hattı 6145 nolu trafo noktasındaki akım değerleri 79

Şekil 6.13 Kavacık hattı 6093 nolu trafo noktasındaki akım değerleri 79

Şekil 6.14 Kavacık hattı 6143 nolu trafo noktasındaki gerilim değerleri 80

Şekil 6.15 Kavacık hattı 6145 nolu trafo noktasındaki gerilim değerleri 81

Şekil 6.16 Kavacık hattı 6093 nolu trafo noktasındaki gerilim değerleri 81

Şekil 6.17 Kavacık hattı 6143 nolu trafo noktasındaki aktif gücü 82

Şekil 6.18 Kavacık hattı 6143 nolu trafo noktasındaki reaktif gücü 82

Şekil 6.19 Kavacık hattı 6145 nolu trafo noktasındaki aktif gücü 83

Şekil 6.20 Kavacık hattı 6145 nolu trafo noktasındaki reaktif gücü 83

Şekil 6.21 Kavacık hattı 6093 nolu trafo noktasındaki aktif gücü 84

Şekil 6.22 Kavacık hattı 6093 nolu trafo noktasındaki reaktif gücü 84

Şekil 6.23 Ümraniye hat başı gerilimleri 85

Şekil 6.24 Ümraniye hat başı L_1 faz akımı 86

Şekil 6.25 Ümraniye hat başı L_2 faz akımı 86

Şekil 6.26 Ümraniye hat başı L_3 faz akımı 87

Şekil 6.27 Ümraniye hat başı aktif gücü 87

Şekil 6.28 Ümraniye hat başı reaktif gücü 88

Şekil 6.29 Ümraniye hat başı akımları 88

Şekil 6.30 Ümraniye hat başı L_1 THD değeri 89

Şekil 6.31 Ümraniye hat başı L_2 THD değeri 90

Şekil 6.32 Ümraniye hat başı L_3 THD değeri 90

Şekil 6.33 Ümraniye hattı 6189 nolu trafo noktasındaki akım değerleri 91

Şekil 6.34 Ümraniye hattı 6191 nolu trafo noktasındaki akım değerleri 92

Şekil 6.35 Ümraniye hattı 6221 nolu trafo noktasındaki akım değerleri 92

Şekil 6.36 Ümraniye hattı 6189 nolu trafo noktasındaki gerilim değerleri..... 93

Şekil 6.37 Ümraniye hattı 6191 nolu trafo noktasındaki gerilim değerleri..... 93

Şekil 6.38 Ümraniye hattı 6221 nolu trafo noktasındaki gerilim değerleri..... 94

Şekil 6.39 Ümraniye hattı 6189 nolu trafo noktasındaki aktif gücü 95

Şekil 6.40 Ümraniye hattı 6189 nolu trafo noktasındaki reaktif gücü 95

Şekil 6.41 Ümraniye hattı 6191 nolu trafo noktasındaki aktif gücü 96

Şekil 6.42 Ümraniye hattı 6191 nolu trafo noktasındaki reaktif gücü 96

Şekil 6.43 Ümraniye hattı 6221 nolu trafo noktasındaki aktif gücü 97

Şekil 6.44 Ümraniye hattı 6221 nolu trafo noktasındaki reaktif gücü 97

Şekil 6.45 Kavacık hattı kısa devre hat şeması 100

Şekil 6.46 Kavacık üç faz kısa devre hat başı gerilimleri 100

Şekil 6.47 Kavacık üç faz kısa devre hat başı akımları..... 101

Şekil 6.48 Kavacık faz-toprak kısa devre hat başı gerilimleri 101

Şekil 6.49 Kavacık faz-toprak kısa devre hat başı akımları..... 102

Şekil 6.50 Kavacık faz-faz kısa devre hat başı gerilimleri..... 102

Şekil 6.51 Kavacık faz-faz kısa devre hat başı akımları 103

Şekil 6.52 Kavacık iki faz-toprak kısa devre hat başı gerilimleri 103

Şekil 6.53 Kavacık iki faz-toprak kısa devre hat başı akımları..... 104

Şekil 6.54 Ümraniye hattı kısa devre tek hat şeması..... 105

Şekil 6.55 Ümraniye üç faz kısa devre hat başı gerilimleri..... 105

Şekil 6.56 Ümraniye üç faz kısa devre hat başı akımları 106

Şekil 6.57 Ümraniye faz toprak kısa devre hat başı gerilimleri 106

Şekil 6.58 Ümraniye faz toprak kısa devre hat başı akımları..... 107

Şekil 6.59 Ümraniye faz faz kısa devre hat başı gerilimleri 107

Şekil 6.60 Ümraniye faz faz kısa devre hat başı akımları 108

Şekil 6.61 Ümraniye iki faz toprak kısa devre hat başı gerilimleri..... 108

Şekil 6.62 Ümraniye iki faz toprak kısa devre hat başı akımları 109

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 EA standartları 9

Tablo 2.2 Çeşitli standartlara göre şarj bağlantı noktalarının ve konnektörlerin şeması 10

Tablo 2.3 EA şarj istasyonu şarj tipleri 12

Tablo 2.4 Tiplerine göre EAŞİ kuruldukları yerler 14

Tablo 2.5 EA'ların şebekeyle interaktif çalışma şekilleri 15

Tablo 2.6 EA'larda kullanılan batarya teknolojileri 16

Tablo 2.7 Farklı seviyedeki EA'ların şarj süreleri 25

Tablo 3.1 IEEE 519-2014 Gerilim bozulma sınır değerleri 32

Tablo 5.1 Şebeke trafo değerleri 47

Tablo 5.2 Şebeke hat değerleri 47

Tablo 5.3 EAHŞİ Konum Koordinatları 53

Tablo 5.4 Şarj istasyonu yerleşim kriterleri ve koordinatları 54

Tablo 5.5 20,8/36 kV XLPE izoleli iletken özellikleri 60

Tablo 5.6 Şebekenin gerçek hat paramatreleri 60

Tablo 5.7 Şebekenin trafo blok paramatre değerleri 62

Tablo 5.8 Şebeke kesici blok parametreleri 63

Tablo 5.9 Şebeke yük blok parametre verileri 66

Tablo 6.1 Ölçüm noktalarındaki sayısal değerler 98

1. GİRİŞ

Elektrik güç sistemi içersinde Elektrikli Araç (EA) şarj istasyonlarının gibi yeni nesil elektrik yüklerinin eklenmesi ile beraber güç sisteminin işletilmesinde, günümüzde geçmişe göre çok daha farklı karmaşıklıklar ortaya çıkmaktadır. Küresel ısınma ve fosil enerji kaynaklarının tükenebilir olması gibi nedenlerden dolayı birçok sektör daha çevreci alternatif çözümler üretmektedir. Temel yakıt kullanımı petrol ve türevleri olan ulaşım sektörünün elektrifikasyonuda bu bağlamda önem kazanmıştır. Bu açıdan baktığımızda EA'ların önemi artmış olup, otomotiv üreticileride yatırımlarını bu yöne doğru kaydırmaya başlamıştır. EA'lar faydalı olmakla beraber elektrik güç sisteminin işletme karmaşıklığına dahada olumsuz katkı yapabilecek bir potansiyele sahiptir. EA'lar hareketli bir yük olarak değerlendirecek olursak daha önceki bildiğimiz yük tiplerine benzetecek kadar elimizde mevcut kullanım verisi yoktur. Bu anlamda EA'lar büyük ölçekteki yükler sınıfına girmektedir. EA'lar güç sistemine kontrolsüz bir şekilde entegrasyonu özellikle dağıtım şebekesi gibi güç sisteminin en zayıf yerinde işletme yönetimi açısından olumsuzluk oluşturabilir. Bu aşamada EA'ların dağıtım şebeklerine etkileri üzerine yapılacak akademik çalışmalar hem bu alanda yapılacak yatırımları yönlendirmesine hem de EA'ların yaygınlaşmasına katkı sunacaktır [1, 2]. EA'ların maliyetlerinin yüksek olması, uzun menzillere ulaşamamaları ve şarj istasyonları sayısının yeterli olmaması gibi faktörler tercih edilmelerini zorlaştırmaktadır. EA'ların şarj istasyonları, yapı itibariyle batarya teknolojileri ile senkron bir şekilde gelişim göstererek EA'ların yaygınlaşmasına olanak sağlayacaktır. Bunun yanında EA sayısının artması bu artışa cevap verebilecek şarj istasyonları sayısının artışına, varolan elektrik dağıtım şebekesinin yeniden değerlendirilmesine ve mevcut kapasitenin yükseltilmesine neden olacaktır [3, 4]. Uygulamada EA'lar ev veya otopark benzeri özel yerlerde şarj olarak elektrik enerji taleplerini şebekeden karşılamaktadır. Bu durum varolan elektrik şebekesine daha fazla yüklenmek demektir. Birer harmonik akım kaynağı olarak kabul edilen EA'lar yapısal olarak lineer olmayan güç yarı iletkenlerini barındırır [5-7]. EA'ların kaynak gibi kullanıldığı diğer bir deyişle elektrik şebekesiyle çift yönlü çalıştığını ve bu çalışma sırasında dağıtım şebekesinde ne tür değişimler oluşturduğunu gösteren çalışmalar vardır. Dağıtım sisteminin en önemli elemanlarından olan transformatörlerin ani yük değişimlerine verdiği tepkiler, verimi ve kullanım ömrü gibi önemli verilerin olduğu çalışmalar yapılmıştır. EA'ların enerji ihtiyacının giderilmesi

için kurulacak şarj istasyonların hangi kriterlere göre kurulması gerektiğine dair ölçümler ve değerlendirmeler yapılmıştır [8-10]. Yukarıda ifade ettiğimiz ve bu çalışmalara benzer çok sayıda yapılmış çalışmalar Elektrikli Araç Şarj İstasyonları (EAŞİ)'nın dağıtım şebekesine etkileri üzerine zaman içersinde bir çok katkılar sunmuştur. Ancak yapılan çalışmalar iletim ve dağıtım şebekelerinin tek bir etkisi üzerinde yoğunlaşmış olup tümüyle ele alınmamıştır.

EAŞİ'nın dağıtım şebekesine etkisi ile ilgili şarj istasyonlarının konumlandırılması, uygun trafo yerlerinin belirlenmesi, şebekenin güç kalitesinin değişiminin incelenmesi gibi konularında yurt dışında değişik çalışmalar yapılmış ve çeşitli ülkelerde uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Go ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada, dağıtım sistemindeki gerçek trafik hacmine ve ortalama sürüş süresine bağlı olarak EA'ların bağlanması üzerine oluşan gerilim düşmesi ve gerilim dengesizliği sorununu araştırmışlardır. Simülasyonları çeşitli penetrasyon seviyelerinde gerçekleştirmişler ve sonuçları IEEE standartlarıyla karşılaştırmışlardır [11]. Hui, XU Yonghai (2016) yaptıkları çalışmada gerilim düşüşlerinin EA'ların şarjı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. 6-darbeli doğrultucu şarj cihazı, 12-darbeli doğrultucu şarj cihazı ve darbe genişlik modülasyonu doğrultucu şarj cihazının simülasyon modellerini oluşturulmuşlar, daha sonra farklı şiddette ve farklı tipteki gerilim düşüşlerinin farklı koşullarda çalışan şarj cihazlarına etkilerini analiz etmişlerdir. Simülasyon sonuçları, gerilim düşüşlerinin şarj cihazları üzerindeki etkilerinin sadece gerilim düşüşlerinin gücü ve türleri ile değil, aynı zamanda şarj cihazlarının çalışma durumu ile de ilgili olduğunu göstermişlerdir [12]. Nikitha ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada gaz ve fosil kaynak kullanan araçlar yerine EA'ın temiz bir enerji alternatifi olduğunu analiz etmişlerdir. Çalışmada detaylı olarak lineer bir yük olmayan EA'ın güç kalitesini nasıl etkilediğini incelemişlerdir. Güç sistemine değişken sayıda EA bağlayıp güç faktörü ve Toplam Harmonik Distorsiyonu (THD) değerlerindeki değişimleri simülasyon üzerinde incelemişlerdir [13]. Sheng ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada EA şarj cihazlarının şebeke harmonikleri üzerindeki etkisinin analizini incelemişlerdir. Araç üstü şarj cihazları ile güç dağıtım şebekesinin simülasyon modelini oluşturmuşlar ve şarj cihazının harmonik özelliğini analiz etmişlerdir. Şarj cihazlarının farklı şarj doluluk oranlarını dikkate alarak, EA'ın harmonik akımı ile başlangıç şarj doluluk oranları değerleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. EA şarj cihazlarının neden olduğu harmonik akımı azaltmak için, koordineli şarjın bir optimizasyon modelini geliştirmişler ve Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) algoritması kullanılarak optimum çözüm elde etmişlerdir. Önerilen optimal şarj programının geçerliliğini simülasyon sonuçlarıyla doğrulamışlardır [14]. Chakraborty ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada EA ve prizden

şarj edilebilen hibrit EA için farklı DA-DA dönüştürücü topolojilerinin tasarımını ve değerlendirmesini analiz etmişlerdir. Bu dönüştürücü topolojilerinin tasarımı ve değerlendirilmesi, çıkış gücü, bileşen sayısı, anahtarlama frekansı, elektromanyetik girişim, kayıplar, etkinlik, güvenilirlik ve maliyet açısından sunulmuş ve analiz etmişlerdir. Bu çalışmada ayrıca Hızlı Şarj İstasyonu (HŞİ) için dönüştürücü topolojilerinin (AA-DA ve DA-DA) mimarisini, avantajlarını ve dezavantajlarını incelemişlerdir. Son olarak, bu çalışmada bataryalı EA, prizden şarj edilebilen hibrit EA için DA-DA dönüştürücülerde ve HŞİ için dönüştürücülerde geniş bant aralıklı yarı iletkenlerin kullanma fırsatını araştırmışlardır. Spesifik olarak, geniş bant aralıklı yarı iletkenlerin gelecekteki araştırma yol haritası, ortaya çıkan topolojilerin modellenmesi ve bataryalı EA ve prizden şarj edilebilen hibrit EA güç aktarma organları için kontrol sisteminin tasarım tekniklerini de ayrıntılı olarak analiz etmişlerdir [15]. Das ve ark. (2019) yaptıkları bir çalışmada EA pazarının mevcut durumunu, standartları, şarj altyapısını ve EA şarjının şebeke üzerindeki etkilerini incelemişlerdir [16]. Katic ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada gerilim düşüşleri esnasında Araçtan Şebekeye (V2G) modunun dağıtım şebekesine olan etkilerini incelemişlerdir. Dağıtım şebekesi 3MW' lık IEEE 13 bara modeli ile simule edilmiş 22 adet 22 kW araç şarj istasyonu bağlamışlardır. Sistemde artan EA şarj istasyonu sayısının gerilim düşmelerine ve yüksek harmoniklere sebep olduğunu analiz etmişlerdir. V2G modunda çalışmanın şebekede oluşan olumsuz etkileri giderdiğini tespit etmişlerdir [17]. Nour ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada V2G, Araçtan Binaya (V2B) ve Araçtan Eve (V2H) gibi gelişmiş şarj kontrol yöntemleri ile EA'lardan daha fazla fayda ve elektrik hizmeti alınabileceği konusu üzerine çalışmışlardır. EA'ların kontrollü şarj/deşarj yöntemi ile şebekeye sağlayacağı faydaları araştırmışlardır [18]. Baraniak ve Starzy´nski (2020) yaptıkları çalışmada EA şarjının şebekeye etkisinin modellenmesi üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmada 22 kW ve 40 kW şarj cihazlarının V2G ve Şebekeden Araca (G2V) modlarında şebekeye olan etkilerini harmonik bakımdan inceleyerek Matlab'da simule etmişlerdir [19]. Watson ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada EA şarj cihazlarında çift yönlü güç kalitesi konusu üzerinde araştırmalar yapmış ve V2G modunun şebekeye olumlu etkilerini incelemişlerdir [20]. Anıl ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada EA şarjının harmonik sorunları analiz etmişlerdir. Bu çalışmada iki farklı dönüştürücüye sahip iki şarj istasyonunu simüle etmişlerdir. DA için buck boost dönüştürücüler seçilmiş ayrıca pratik bir şarj istasyonu modeli önermişlerdir [21]. Selvabharathi ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada EA'larda güç kalitesi sorunlarının denetlenmesi ve azaltılması konusunu araştırmışlardır. Şarj durumunda güç faktörünün azaldığını, şebekeye verdiği zararın harmonik oluşumundan kaynaklandığını göstermişlerdir [22]. Pareek (2020) yaptığı çalışmada Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının (EAŞİ) zorlukları

ve fırsatları konularını incelemiştir. Çalışmada EAŞİ konumlandırılmasının önemininde göz ardı edilmemesi gerekliliğini vurgulamıştır. Şarj istasyonu türleri, seviyeleri gibi şarj istasyonunun temel terminolojilerini incelemiştir. Ayrıca, lityum iyon batarya şarj stratejileri ve batarya yönetim sisteminin kısa tanıtımıyla birlikte çeşitli teknolojileri analiz etmiştir [23]. Deepa ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada EA şarjının elektrik şebekesine etkisini güç talebi açısından analiz etmişlerdir. Harmonikler ve gerilim sarkması ve trafo güç kaybı konularını incelemişlerdir. Ayrıca, bu çalışmada güç kalitesi bozulmalarının azaltılması tekniğini uygulamışlardır [24]. Tasnim ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada EA'ların dağıtım şebekesi üzerindeki olumsuz etkileri olan gerilim bozulmalarını, harmonikleri, aşırı yüklemeyi, artan şebeke kaybını ve güç sistemi performansı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. OG/AG dağıtım test sistemi ile simüle ederek, artan EA'ların dağıtım sistemi üzerindeki etkisini analiz etmişler ve merkezi bir şarj istasyonu için basit bir şarj programı yaklaşımı önermişlerdir [25]. Sabarimuthu ve ark. (2021) yaptıkları çalışmada EA şarjı sırasında harmonik analizler yapmışlardır. Bu çalışma, aynı zamanda bir simülasyon modeli üzerinde gerçekleştirilmiştir [26]. Sreenadh ve ark. (2022) PV bağlantılı DA hızlı şarj istasyonları, şarj standartları, şarj bileşenleri, çalışma modları, enerji yönetim sistemi ve batarya yönetim sistemine özel dikkat gösterilerek tartışılmaktadır [27]. Medugorac ve ark. (2022) simüle edilmiş olan güç dağıtım ağı modelinde dağıtım trafo istasyonlarının AG baralarına farklı sayıdaki EAŞİ'den kaynaklanan yük artışının etkisini incelenmiştir. Dağıtım sistemi operatörü kullanılarak şebeke kayıplarının tespiti ve şebekenin kuvvetlendirilmesi sağlanmıştır [28]. Naser ve ark. (2023) barındırma kapasitesi, şebeke modellemesi açısından farklı senaryolar dikkate alınarak bir dağıtım trafosuna yakın bir hızlı şarj istasyonu simülasyonu yapılmıştır. Bu simülasyon sonuçları ile harmonik barındırma kapasitesinin doğru bir tahminini elde etmek için stokastik bir yaklaşım tekniği kullanıldığını göstermiştir [29]. Tim ve ark. (2023) farklı frekans ve güç aralığında çalışan hızlı EA şarj sırasında oluşan aşırı harmonik akımları bileşenlerinin toplamı üzerinden şebekeye etkilerini incelemiştir. Eşzamanlılık faktörü ile toplam harmonik akımları arasında ilişki analiz edilmiştir [30].

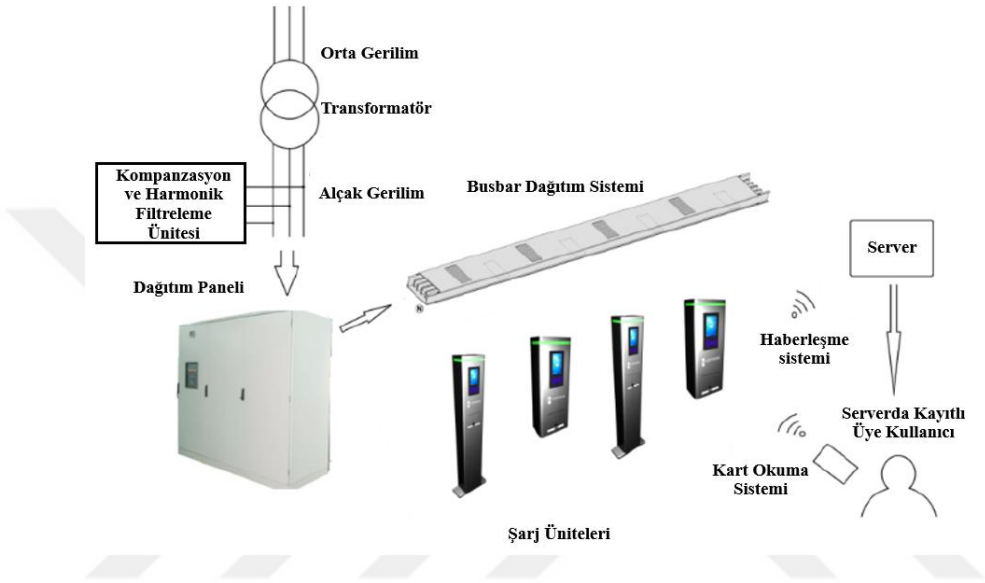
Yukarıda yapılan çalışmaların tamamı gerçekte olmayan şebeke ve veriler üzerinden modellelnmiş simülasyon çalışmalarıdır. Ayrıca bu çalışmalarda AG dağıtım sistemi üzerindeki normal EA şarj istasyonlarının oluşturduğu akım, gerilim, güç ve harmonik değişimlerini ayrı ayrı veya bir kısmını, sadece bir kaç fider ve bara üzerinden basit modellemelerle yapmışlardır. Bu çalışmanın orijinal katkıları aşağıdaki gibidir:

- Yaptığımız bu çalışma İstanbul'da pilot bir bölgenin elektrik dağıtım şebekenin gerçek dinamik yük verileri üzerinden modellenmiş olması,

- Bölgede bulunan YG dağıtım sistemi tarafındaki belirli mesafelerde bulunan yüklü trafo merkezlerinin model alınması,
- Bağlanacak şarj istasyonların yeni nesil EAHŞİ olması, ayrıca 1 fazlı ve 3 fazlı EAHŞİ kullanılması,
- Hem şebekede bulunan sistem elemanlarının hem de yeni nesil EA'ların gerçek verileri üzerinden modellenmesi,
- Dağıtım sisteminin çoklu fider ile birlikte EAHŞİ'nın modellenmesi,
- Şebeke üzerinde meydana getirdiği akım, gerilim, güç ve harmonik değişimlerinin tamamının analiz edilmesi,
- Modellenen şebeke üzerinde simetrik ve asimetrik kısa devre analizlerinin tüm çeşitleri uygulanması,
- Elde edilen veriler gelecekte yapılması düşünülen bölgedeki şarj istasyonu kurulumları için bir fizibilite raporu niteliği taşımasıdır.

2. ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARI

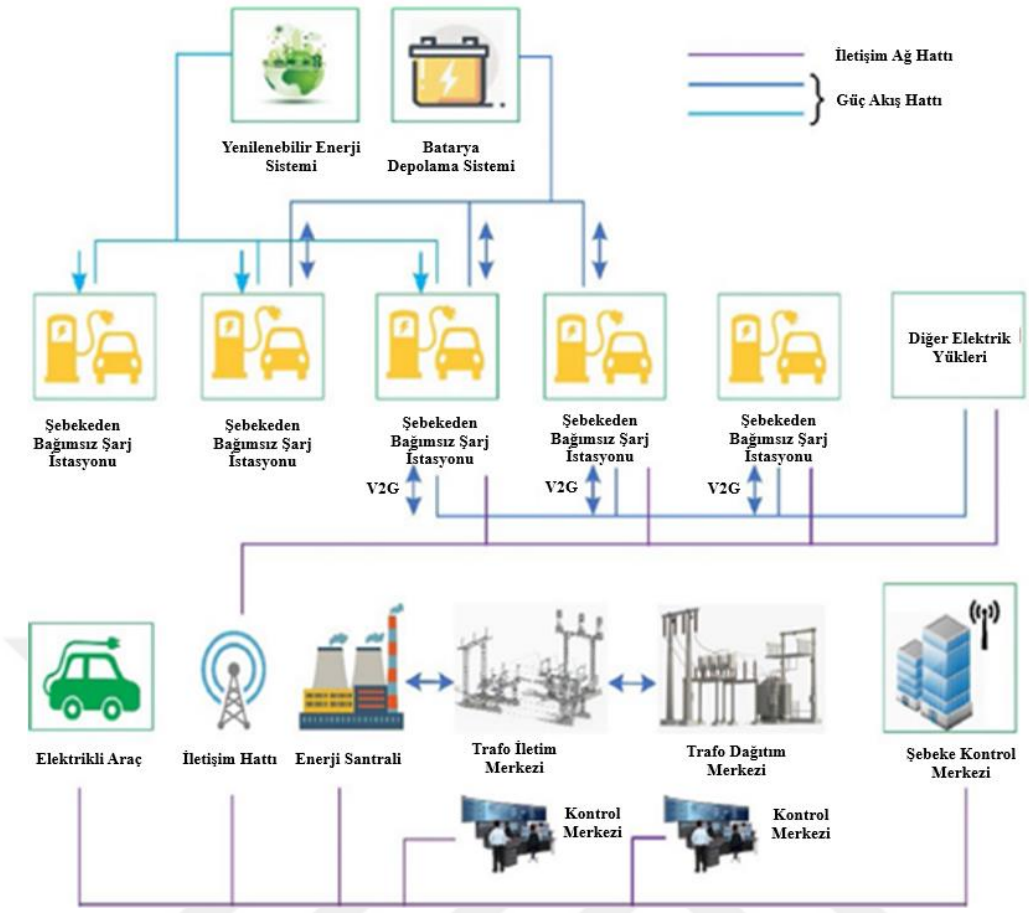
EA'ların eneji akışı sistem içersinde şarj üniteleri sayesinde gerçekleşir. IEC 62196 gibi uluslararası şarj istasyonları standartlarına uygun olacak şekilde kullanıcılarında güvenliklerinin sağlandığı ve tüketim miktarlarının da fiyatlandırıldığı cihazlardır. Haberleşme sistemine bağlı olmaları hem fiyatlandırma hem de uzaktan takip etme ve arıza bildirimleri için gereklidir. Bütün bir yapı Şekil 2.1'de görülmektedir [31].



Şekil 2.1. Şarj istasyonu sistemi

2.1. EAŞİ Yapısı

Elektrik enerjisi alt yapısı ve tesisatı ile başlayan, araçlara enerji akışını ve kontrolünü gerçekleştiren üniteler ve bunların haberleşme alt yapısı bulunduran EAŞİ sistemleri, bu yapı içersinde; enerji alt yapısı şarj kapasitesini karşılayabilir kapasitede alçak gerilim tesisatını içermektedir. Bu tesisatın parçaları olarak elektrik panoları ve şarj birimlerine elektrik iletimini sağlayan kablo veya busbar sistemleri görebiliriz. Ayrıca, kompanzasyon ve harmonik filtreleme üniteleri de enerji kalitesi unsurlarını yerine getirmek amacıyla bu tesisat içersinde bulunmaktadır. EA'lar için şarj altyapısının şematik diyagramı Şekil 2.2'de görülmektedir [32-33].



Şekil 2.2 EA'lar için şarj altyapısının şematik diyagramı

2.2. Ülkemizdeki Mevzuat Durumu

EAŞİ'lere ilişkin ülkemizde yeterli altyapı olmadığı gibi şarj istasyonlarının kurulumu ve tasarımı ve şebekeye bağlantısına yönelik mevzuat da oluşturulamamıştır.

Teknik kriterleri içeren ve istasyonların şebekeye olası olumsuz etkilerini azaltacak bir düzenleme gidilmese de şarj istasyonlarının "TS EN/IEC 61851: Elektrikli Şarj İstasyonları" standardı ve buna bağlı diğer standartlara uygun olarak tesis edilmesi gerekmektedir. Herhangi bir denetim mekanizması öngörülmediğinde en azından "İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelik" kapsamında belediyelerin söz konusu şarj istasyonu işletmelerini denetlemesi gerekmektedir [34].

Resmi Gazete'de 9 Haziran 2020 tarihinde yayımlanan "İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelik Değişikliği" uyarınca EAŞİ üçüncü sınıf gayrisıhhi müesseseler kapsamına alınmıştır. Yönetmelikte "Elektrik enerjisi ile çalışan araçların

elektrik ihtiyacını temin edebilmeleri için otoparklarda, alışveriş merkezlerinin otopark alanı olarak ayrılmış yerlerinde, akaryakıt istasyonlarında veya yetkili idarece uygun görülecek ve imar planında bu amaca ayrılmış olan diğer yerlerde müstakil olarak kurulacak EAŞİ'ler" ifadeleriyle tanımlama yapılarak, üçüncü sınıf gayrisıhhî müessese olarak ruhsat almaları veya işyerinin ana faaliyet dalı esas alınarak düzenlenen ruhsatta tali faaliyet olarak işlenmelerine hükmedilmiştir. Halen kurulu olan şarj istasyonları için 3 aylık süre içinde mevzuata uyma zorunluluğu getirilmiştir [35].

2 Nisan 2022 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Şarj Ağı İşletmeci Lisansı İşlemleri İle İlgili Başvurulara İlişkin Usul ve Esaslar" çerçevesinde "Şarj Ağı İşletmeci Lisansı" almak isteyen tüzel kişilerin lisans başvuruları 18 Nisan 2022 tarihinden itibaren alınmaya başlanmıştı. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) tarafından yayınlanan 21 Kasım 2022 tarihli listeye göre 63 şirket Lisans aldı. Bu sayede EPDK, devlet bütçesine yaklaşık 20 Milyon TL'lik katkı sağlamış oldu. Lisans sahibi şirketler ise; patent süreçleri, yeni istihdam, cihaz ve lokasyon bazlı şarj istasyonu yatırımları dahil, yaklaşık 250 Milyon TL'lik bir hacmin oluşmasını sağladı [36].

2.3. Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Standartları

Hareket edebilmeleri için ihtiyaç duydukları enerjiyi EA'lar bataryalarından tedarik etmektedir. Bu sebeple bataryaların belirli zaman aralıklarıyla şarj edilmesi gerekmektedir. Farklı şarj ünite tipleri şarj dolum işlemini gerçekleştirebilmek için üretilmişlerdir. EA standartları Tablo 2.1'de belirtilmiştir. Şarj ünitesi, enerjinin EA'lara güvenli bir biçimde iletilmesini sağlayan kısmıdır. Şarj üniteleri Amerika, Japonya ve Avrupa ülkelerinde farklı şekillerde üretimi yapılmaktadır. DA ve AA şarj şekli bu farklılıklardan en önemlisidir. Dünya genelinde bu konuda farklı standartlar ortaya konulmuştur. Japonya DA ile şarj eden üniteleri CHAdeMO standardını ile gerçekleştirmektedir. EA'lara en fazla 62,5 kW değerinde güç aktarımı yapabilmektedir. Avrupa'da kullanılan IEC 62196 standardında ise AA şarj ile üç fazlı sistemlerde 43,5 kW'a kadar güç aktarımı yapılabilirken, Amerika'da kullanılan SAE J1772 standardında ise 19,2 kW'a kadar güç aktarımı yapılmaktadır. Çeşitli standartlara göre şarj bağlantı noktalarının ve konnektörlerin şeması Tablo 2.2'de belirtilmiştir [37].

Tablo 2.1 EA standartları

Sayı	Standartlar	Amaç
1	IEC 61851; iletken şarj sistemleri IEC 61851-1	Kablolar ve bağlantı kurumlarını tanımlar.
	IEC 61851-23	DA hızlı şarj istasyonları için elektriksel güvenlik, harmonikler, şebeke bağlantısı ve komünikasyon yapısını açıklar.
	IEC 61851-24	DA Şarj kontrolü için dijital komünikasyon yapısını açıklar.
2	IEC 62196: Fişler, prizler, araç bağlantıları ve girişler. IEC 62196-1 IEC 62196-2	EA bağlantıları için genel şartları açıklar. Farklı şarj modları için kuplaj tiplerini açıklar.
	IEC 62196-3	DA hızlı şarj istasyonları için konnektör ve girişleri tanımlar.
3	IEC 60309: Fişler, prizler ve bağlantı elemanları IEC 60309-1	Şarj istasyonu için genel gereklilikleri açıklar.
	IEC 60309-2	Faz sayıları ve akım kaynakları tabanlı farklı fişlerle, farklı boyuttaki fişleri ve prizleri tanımlar, ayrıca gerilim ve frekans tabanlı renk kodlu konnektörleri tanımlar.
4	IEC 60364	Binalar için elektriksel tertibatı tanımlar.
5	SAE J1772: iletken şarj sistemleri	AA şarj için bağlantıları tanımlar. DA hızlı şarj için yeni Combo bağlantısını tanımlar.

Tablo 2.2 Çeşitli standartlara göre şarj bağlantı noktalarının ve konnektörlerin şeması

	GB/T 20234 DC	CHAdeMO	CCS Combo 1	CCS Combo 1
				
Şarj Tipi	AA Şarj	AA Şarj	Hızlı DA Şarj	Hızlı DA Şarj
Pin No	5	4	7	9
Kapasite	187,5 kW'a kadar	200 kW- 400 kW	50 kW- 100 kW	200 kW
Gerilim	750 V - 1000 V	500 V	600 V	1000V
Akım	250A	125A - 400A	200A	350A
Uygunluk	Evet	Evet	Hayır	Evet
	SAE J1772 Tip 1	IEC 62196-2 Tip 2	GB/T 20234 C	Tesla Supercharger
				
Şarj Tipi	AA Şarj	AA Şarj	AA Şarj	Hızlı DA Şarj
Pin No	5	7	7	6
Kapasite	7,68 kW	12,8 kW	12,16 kW	140 kW
Gerilim	120 - 240 V	400 V	380 V	480 V
Akım	0 - 80A	0 - 63A	10A	250A
Uygunluk	Evet	Evet	Evet	Evet

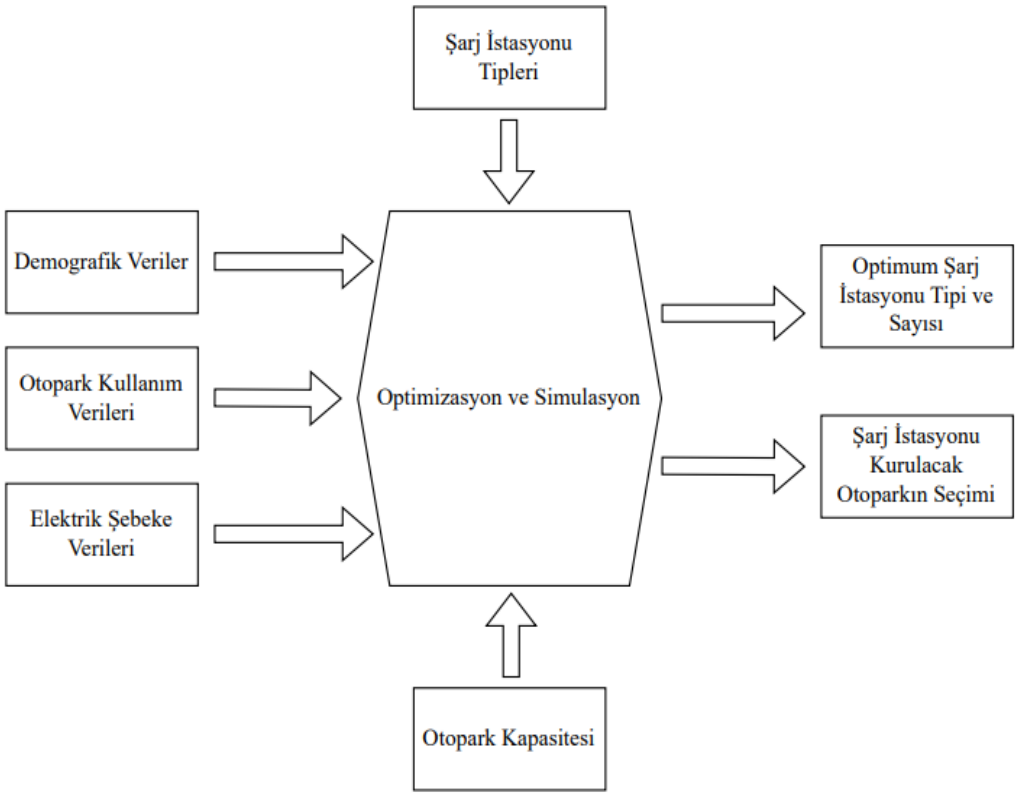
2.4. Şarj İstasyonları Kurulum Parametreleri

Günümüzde EA'ların en büyük sorunu şarj istasyonu noktalarına olan erişimidir. Ancak otoparkların zamanla şarj istasyonlarına dönüşmesiyle birlikte EA'ların bu sorunları çözüm bulacaktır. Ayrıca bu çözüm EA'lara olan talebi arttıracağından dolayı otoparklarda kapasite sorunu oluşturacak ve otopark giriş ve çıkışlarında yoğunluk oluşturabilecektir. Bu durumun önüne geçmek için düşünülebilecek çözüm önerilerinden biri şarj istasyonlarına sahip otoparklarda araçları hızlı şarj edebilecek alt yapı kurmaktır. EA'ların artışını sağlayacak teknik çözümler sunulmasıyla birlikte o bölgede bulunan ya da transit geçen araçların verileri toplanıp analiz edilerek gelecekte kullanılacak araç sayısına ve buna bağlı olarak oluşabilecek sorunların çözümüne yönelik projeksiyon yapılabilir [38].

EA'lar için şarj ünitesi planlanırken dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- EA kullanım biçimleri
- Trafo noktasına olan mesafe
- Dağıtım şebeke altyapısı
- Kullanım oranları ve otopark alanlarının sayısı
- Şarj istasyonu konumu
- EA Yoğunluğu
- Şarj ünitesinin bağlı olduğu şebekenin güç tüketim değerleri

Yukarıda belirtilen bu kriterler dikkate alınarak şarj ünitelerinin konumlandırılacağı otoparklar ile şarj ünitesi miktarları ve güçleri belirtilmelidir. Bu totaliter yaklaşımı ifade eden akış diyagramı Şekil 2.3'de görülmektedir [39].



Şekil 2.3 EAHŞİ planlamasının tasarım akış diyagramı

2.5. Şarj İstasyon Tipleri

Yavaş, normal ve hızlı olmak üzere şarj istasyonları genel olarak üç gruba ayrılır. Çoğunlukla konutlarda ve otopark sürelerinin daha fazla olduğu yerlerde yavaş şarj istasyonları tercih edilmektedir. Normal şarj istasyonları, 3-6 saat arasında sürelerde park edilmenin mümkün olduğu otoparklar ve alışveriş merkezleri gibi yerlerde tercih edilebilirler. Araç trafik akışının çok daha fazla olduğu bölgelerde ve ivedi olarak şarj ihtiyacı duyulacak yerlerde EAHŞİ kullanılmaktadır. Tablo 2.3'de farklı şarj istasyon tiplerine uygun veriler görülmektedir [40].

Tablo 2.3. EA şarj istasyonu şarj tipleri

Şarj Üniteleri ve Özellikleri				
	Seviye-1	Seviye-2	Seviye-3	Seviye-3 DA
Gerilimi (V)	120-220 V-AA	208-240 V-AA	208-240 V-AA	600 V-DA
Güç (kW)	1,2-3,8	3,8-15	>15-96	>15-240
Akım (A)	15-20	20-80	>85	
Şarj Süresi (h)	5-12	1-4	0,25-0,50	

2.5.1. Yavaş Şarj İstasyonları

İş yerlerimizde ve evlerimizde olduğumuz süreler günlük hayatımızda çoğunlukla uzun olmaktadır ve bu sürelerin yapılan incelemelerde 6 saat ve üzeri olduğu görülmüştür. Araç sahipleride bundan dolayı araçlarını park durumunda bırakmaktadırlar. Şebekeye yük anlamında sıkıntı oluşturmayan yavaş şarj istasyonları uzun süreli park durumlarında tercih edilmektedir. Bu tip istasyonlar, üç fazlı sistemlerde 16 A ve 480 V değerlerinde ve bir fazlı sistemlerde ise 16 A ve 250 V (ABD için 16 A ve 120 V) değerlerinde çalışabilirler. 1,4-3,5 kW arasında ortalama güç değerine sahiptir [41].

2.5.2. Normal Şarj İstasyonları

Park etme süresinin 3 ile 6 saat arasında olduğu bölgelerde normal hızda çalışan şarj istasyonları tercih edilmektedir. Bu tip şarj istasyonları genellikle alışveriş merkezleri, sinemalar, piknik alanları, otoparklar gibi alanlarda kullanılmaktadır. Normal şarj

istasyonları üç faz için 32 A ve 480 V, tek faz için ise maksimum 32 A ve 250 V değerlerine sahiptir. EA'lar bir fazlı veya üç fazlı soket çıkışları kullanılarak enerji ihtiyacını karşılar. Toprak koruma iletkeni ile kullanıcıların herhangi bir elektrik çarpmasına karşı koruma yapılır. Taşıt ile şarj ünitesi arasında bu iletken bağlantısı yapılır. Pilot kontrol ünitesi ile topraklama hattı arasında 1000 ohm'luk direnç kullanılır. Normal şarj (mod-2) bağlantı elemanlarında kontrol pin'inin IEC 61851-1 standardına göre EA'larda olması beklenir. Birçok yerde kullanılabilir ve basit yapıda olması istasyonlarda bulunmasının sebebi olmuştur. 6-20 kW değerleri normal şarj istasyonlarının anma güç değerlerini oluşturmaktadır [42].

2.5.3. Hızlı Şarj İstasyonları

Trafiğin yoğun olduğu, şarj ihtiyacının ivedi olması gereken yerlerde ve dinlenme tesislerinde hızlı şarj sistemleri tercih edilmektedir. Park edilme süresinin 30 dakikadan daha az olduğu yerlerde genel olarak kullanılmaktadır. Hızlı şarj istasyonlarının yüksek güvenliklidir. Bunun sebebi özel olarak koruma elemanları ile birlikte üretilmesidir. Sinyal ve kontrol pinleri bağlantı kablolarının her iki tarafında da bulunmaktadır. Bu istasyonlarda maksimum akım 250 A olmaktadır. Ayrıca DA hızlı şarj şekli IEC 61851-1 standardı gereğince mod-4 olarak adlandırılmış olup azami 600 V- 400 A değerine kadar çıkmaktadır. Ancak diğer şarj modlarına göre DA hızlı şarj istasyonlarının maliyetleri çok daha yüksektir. Ortalama güç değerleri ise 50-150 kW arasında değişmektedir [43].

Ayrıca elektrikli taşıt batarya üreticileri hızlı şarj istasyonlarının batarya ömürlerini olumsuz etkilerini aşmak için de yeni çözümler sunmaktadır. Hızlı şarj ile bataryanın %90'lık kısmını 10 dakikadan daha aşağı sürede doldurabilecek ve yüksek derecede kullanılabilirliği sağlayabilecek 35 kWh bataryayı Altairnano şirketi tasarlamıştır [44].

Şarj istasyonlarında bu üç şarj yöntemi kullanılmaktadır. Şarj istasyonları, talep edilen her yerleşim yerine sistemindeki gereksinimlerinden dolayı kurulması mümkün değildir. Hangi tür yerleşim birimlerine hangi tip şarj istasyonunun kurulabileceği Tablo 2.4'de gösterilmiştir [45].

Tablo 2.4 Tiplerine göre EAŞİ kuruldukları alanlar

Yerleşim Birimleri		Şarj İstasyonu Tipi		
		Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Meskenler	Bağımsız Konutlar	√	√	-
	Apartmanlar	√	√	-
	Kişisel Mülkler	√	√	-
Ticari/İş Merkezleri	Perakende/Ticari	√	√	-
	Kamu Alanları	√	√	√
	Üniversiteler ve Belediye Binaları	√	√	-
	Bağlantı Geçiş Noktaları	-	√	√
	Benzin İstasyonları	-	√	√
Umuma Açık Alanlar	Park Alanları	√	√	√
	Cadde	-	√	√
	Şehirler Arası Yollar ve Otobanlar	-	-	√

2.6. Şarj İstasyon Şebeke Bağlantı Şekilleri

EA'ların yaygın olması ile birlikte dağıtım şebekesinde yaratacağı problemler aşikardır. Yaşanması muhtemel problemlerin giderilmesine dair çalışmalar yapılmaktadır. Bu tip problemleri ortadan kaldırmak için yapılacak öncelikli iş sistemde bulunan dağıtım trafolarının ve kabloların akım taşıma kapasitelerinin yükseltilmelidir. Fakat bu çözüm yöntemi maliyet açısından uygun değildir. Bu nedenle yapılması gereken şey mevcut elektrik dağıtım sistemini en kontrollü şekilde koordine etmek için tüketim talebini kontrol altına almaktır. EA'ların şebekeden talep ettiği elektrik enerjisini kontrol edebilmek için EA'ların tüm çalışma biçimlerini iyi analiz etmek gerekir. Çalışma durumları araçtan şebekeye çalışma (V2G), akıllı şarj (V1G) ve yeni nesil araçtan şebekeye çalışma (V2G NGU) gibi sıralanabilir. Çalışma biçimlerinin tamamı Tablo 2.5'te görülmektedir. V1G çalışmada EA'lar halihazırdaki şebeke ile gerçek zamanlı olarak haberleşme halindedir ve şebekenin uygun olduğu zaman kısmında şarj edebilirler. EA'lar iş prensiplerindeki farklılıklar ve sahip oldukları donanımlar nedeniyle içlerinde bölümlendirilmiştir. EA'lar üç grup altında incelenebilir. Bunlar sırasıyla yakıt hücreli EA'lar, hibrid elektrikli araçlar (HEA) ve Tümü Elektrikli Araçlar (TEA)'dır [46].

EA'lar şebekeyle gerçek zamanlı olarak iletişime V2G çalışma durumunda geçerler. Şebeke tarafından ihtiyaç duyulan enerji miktarı yükseldiğinde EA'nın dolu olan

bataryaları tarafından bu enerji karşılanır ve bu durumda EA'lar bir generatör gibi davranır. V2G çalışma şeklinde iyileştirmeler yapılarak V2G NGU çalışma şekli elde edilmiştir. Akıllı şebekelerin yaygınlaşmasıyla birlikte V2G NGU çalışma durumu önem kazanacaktır. Araç prize takıldığı anda şarj olmaya başlayan V0G çalışma durumuda Tablo 2.5'te verilen diğer çalışma durumların arasında yer almıştır. Şebekenin pik yaptığı anlarda bu şekilde çalışırken herhangi bir kontrol ünitesi bulunmadığından risk teşkil edecektir [47].

Eğer zamana göre şarj olma durumu söz konusuysa, şarj olacak aracın ayarlanan zamandan önce şarj olması mümkün değildir. Ayarlanan bu zaman dilimi şebekenin gün içersinde pik değerlerine bakılarak ayarlanmalıdır. V0G'ye göre bu çalışma şekli şebeke tarafından bakıldığında bir hayli güvenlidir. V2H çalışmada ise, EA'lar şebekeye bağlı olmadan bir işletmenin veya meskenin enerji talebini bir generatör gibi tedarik etmektedir. EA'ların bu çalışma şekillerine uygun şekilde çalışabilmeleri için var olan güç elektroniği devrelerinin de bu duruma göre dizayn edilmesi gerekir. Ayrıca yeniden düzenlenen bu devrelerin kontrolü için elverişli ekipmanlar ve yazılımlar hazır edilmelidir [48].

Tablo 2.5. EA'ların şebekeyle interaktif çalışma şekilleri

	Bilinen Diğer İsimleri	Gerçek zamanlı Haberleşme	Kullanıcılar İçin Enerji Ucuzluğu	Zaman Ayarlaması Şarj	Yedek Güç Kullanımı	Çift Taraflı Çalışma	Pik Saatler Dışında Şarj Olabilme	İhtiyaç Fazlası Yenilenebilir Enerjilerin Depolanması
V0G	Kolay Şarj	X	√	X	X	X	√	X
Zaman Ayarlı Şarj	-	X	√+	√	X	X	√	X
V1G	Akıllı Şarj	√	√	√	X	X	√	X
V2H	V2B	X	√+	√	√	X	√	√
V2G	-	√	√+	√	√	√	√	√
V2G NGU	-	√	√+	√	√	√+	√	√
	İşaret Anlamı	X : Yok	√ : Var	√+: Var (Daha iyisi)				

2.7. Şarj İstasyon Bataryaları

Farklı değerdeki anma gerilimlerine ve farklı enerji yoğunluklarına sahip olacak şekilde günümüz batarya teknolojileri sınıflandırılmıştır. Tablo 2.6'da EA'larda yaygın olarak kullanılmakta olan birkaç pil teknolojisine yer verilmiştir.

Tablo 2.6. EA'larda kullanılan batarya teknolojileri

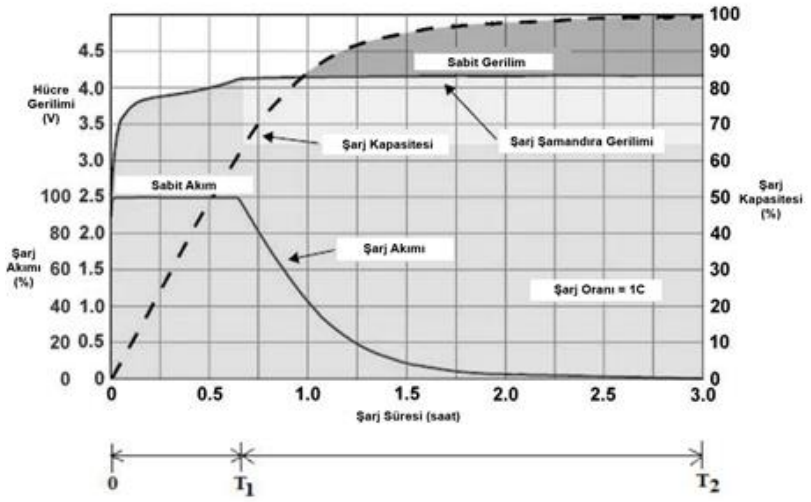
Batarya Türleri	Enerji Yoğunluğu (Wh/kg)	Çevrim Ömrü (#)	Hafıza Etkisi	Çalışma Sıcaklığı Aralıkları (°C)	Nominal Gerilim (V)
Pb-acid	35	1000	Yok	(-15) - (+50)	2
NiCd	50-80	2000	Var	(-20) - (+50)	1,2
NiMH	70-95	< 3000	Nadir	(-20) - (+60)	1,2
Zebra	90-120	> 1200	Yok	(-245) - (+350)	2,6
Li-ion	118-250	2000	Yok	(-20) - (+60)	3,6
LiPo	130-225	> 1200	Yok	(-20) - (+60)	3,7
$LiFePO_4$	120	> 2000	Yok	(-45) - (+75)	3,2
Zn-air	460	200	Yok	(-10) - (+55)	1,65
Li-S	350-650	300	Yok	(-60) - (+60)	2,5
Li-air	1300-2000	100	Yok	(-10) - (+70)	2,9

Nikel tabanlı batarya gruplarınla karşılaştırıldığında Li-ion bataryalar daha yüksek daha yüksek enerji yoğunluğuna ve çalışma gerilim değerine sahiptir. Günümüzde başta EA batarya teknolojilerinde olmak üzere, birçok taşınabilir cihazlarda ve elektronik ekipmanların enerji depolama sistemlerinde Li-ion batarya türü olarak tercih edilmektedir. Li-ion bataryalar, birim kütle başına en yüksek enerji yoğunluğuna ve birim hücre başına en yüksek hücre gerilimine sahip batarya çeşitidir. Hafıza etkisinin bulunmaması, çevrim ömürlerinin yüksek olması ve şarjlarının kendi kendilerine boşalma oranının çok düşük olması açısından diğer batarya türlerinden daha fazla tercih edilirler [49,50].

Fiziksel açıdan daha dayanıklı olması, ortalama ömürleri beş yıl kadar olması ve en yüksek şarj verimine sahip olmaları, Li-ion bataryaları diğer batarya türleri arasında öne çıkarmaktadır. Ayrıca Li-ion bataryalar bakıma en az ihtiyaç duyan batarya çeşitlerinden biridir. Taşınabilir cihazlarda enerji depolamada önde gelen batarya çeşidi olan Li-ion bataryalar, enerji depolama teknolojileri ile ilgili yeni gelişmeler sağlayabilmekte ve performansı gerektiren uygulamaları büyük ölçüde genişletebilmektedir. Malzeme bilimindeki yeni buluşlar ile ileri teknolojiler ortaya çıktıkça, bu çeşit bataryaların önümüzdeki yıllarda hayatımızı kolaylaştırmadaki etkisi mutlaka daha fazla olacaktır [51].

EA'larda kullanılan en popüler batarya türü, daha yüksek enerji yoğunluğuna, daha uzun kullanım ömrüne ve yüksek sayıda şarj/deşarj döngüsüne sahip Li-ion bataryadır. Öte yandan, şu anda batarya pazarına Li-ion bataryalar hakim olsa da, yakın gelecekte

batarya pazarında gelecek vaat eden başka teknolojilerinde olacağı öngörülmektedir [52].



Şekil 2.4. Tipik Li-ion pil şarj özellikleri

Şekil 2.4.'teki tipik Li-ion pil şarj özelliklerine göre denklemleri (2.1)-(2.4)'de belirlilmiştir.

0 - T_1 aralığındaki yaklaşık pil şarj modelleri,

$$v(t) = Vn\left(1 - e^{\frac{-t}{\tau v}}\right) \tag{2.1}$$

$$\mathrm{i}_{(t)} = \mathrm{I}_{\mathrm{n}} \tag{2.2}$$

Burada;

V_n EA batarya nominal gerilimi (V)

$v_{(t)}$ EA batarya şarj geriliminin anlık değeri (V)

τ_v Gerilim zaman sabiti (s)

τ_i Akım zaman sabiti (s)

$i_{(t)}$ EA batarya şarj akımın anlık değeri (A)

I_n EA batarya nominal akımı (A)

T_1 - T_2 aralığında pil şarjının yaklaşık modelleri,

$$v_{(t)} = v_{(n)} \tag{2.3}$$

$$i(t) = I_n\, e^{\frac{-t}{\tau_i}} \tag{2.4}$$

Sabit gerilim v_n, EA pilinin nominal gerilimidir. Zaman sabiti τv ve τi şarj gerilimi ve şarj akımı eğrisinden belirlenir. Sabit akım I_S , pil tam şarj durumuna ulaşana kadar üstel azalmayla değişir. Şarj işlemi sırasında EA pilinin anlık gücü,

$$P_{(t)} = i_{(t)} v_{(t)} \begin{cases} V_n I_n \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_v}}\right) & 0 \le t \le T_1 \\ V_n I_n e^{-\frac{t}{\tau_i}} & T_1 \le t \le T_2 \end{cases} \tag{2.5}$$

Aküye şarj işlemi ile verilen toplam enerji,

$$W = \int p_{(t)} dt = \int_0^{T_1} V_n I_n \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_v}}\right) dt + \int_{T_1}^{T_2} V_n I_n\, e^{-\frac{t}{\tau_i}}\, dt \tag{2.6}$$

Burada [53] ;

$P_{(t)}$ Anlık aktif güç değeri (W)

W Enerji (J)

2.8. Şarj Yönetimi

Araç kullanma alışkanlıkları analiz edildiğinde kullanıcıların araçlarını günün tüm zamanı değerlendirildiğinde %90'ından fazla bir oranda park halinde bıraktıkları görülmüştür. Eğer park süreleri uzarsa, bu durumda şarj sürelerini yönetmek için bir fırsat oluşmuştur. EA'ların gece vakitlerinde şarj edilmesi genel olarak önerilmektedir. Ancak kısmen bu yaygın düşünce doğru olsada, çoğunlukla park halindeki bu araçların sadece bu zaman dilimlerinde şarj olması sınırlayıcı bir düşünce olarak görülmektedir.

EA'ların şarj edilebilmesi yalnızca meskenlerde değil, iş yerinde, okul bahçelerinde, alışveriş merkezlerinde, piknikte ve tatil yerlerinde olabildiği takdirde ancak EA'ların yaygın olarak kullanılmasına imkan sağlayacaktır. EA'ların bulundukları konuma göre en uygun şekilde şarj edilmelerini ile adı geçen bu uzun süreyle park etme sayesinde mümkün olabilecektir [54].

EA'ların mobil bir enerji kaynağı olarak kabul görmesi EA'ların sadece tek taraflı şarj işlemi olarak değil aynı zamanda karşılıklı enerji alışverişine imkan veren araçtan-elektrik şebekesine (V2G), araçtan-araca (V2V) veya araçtan-eve (V2H) gibi yöntemleri mümkün kılmasıyla gerçekleşecektir. EA'ların yüksek güçlere sahip enerji santralleri kadar sisteme enerji sağlayabilmesi, EA'ların bir sistem yöneticisi yardımıyla kontrolü sağlanarak ve gerekli uygun düzenlemeler yaptığında imkan bulacaktır. EA'lar böyle bir durumda elektrik üretim piyasasının yeni oyuncularından biri olması muhtemeldir [55].

Diğer elektrik makinelerinde olduğu gibi EA'lar da şarj sırasında şebekeden enerji çektikleri için yük gibi davranırlar. Ancak deşarj sırasında ise şebekeye doğru enerji akışı sağladıkları için santrallerde olduğu gibi elektrik üreticisi gibi davranırlar. Her iki durumda da EA'ların şebeke üzerinde çeşitli etkilerinin olması mümkündür. Öncelikle, varolan elektrik şebekesinin yük taşıma kapasitesinin yeterliliği ve güvenilirliği, EA'ların teknolojik gelişimi ve kullanım oranının artması ile birlikte sorgulanacaktır. EA'ların kullanımındaki artış gözlemlenerek, yoğun zaman dilimlerindeki kapasite sıkıntısının halihazırdaki elektrik şebekesine yeni yükler oluşturacağı ve bilhassa bölgesel anlamda oluşturacağı yoğun şarj istekleri şebeke üzerinde istenmeyen etkiler doğuracağı öngörülmektedir. Literatürde bu gibi olumsuz etkileri analiz edildiğinde genellikle üç adet şarj yönetim uygulaması öne çıkmakta olup bunlar[56-57].

2.8.1. Kontrolsüz Şarj

Hiçbir yönetim sisteminin olmadığı, EA'ların herhangi bir kontrole maruz kalmadığı ve kullanıcının istediği şekilde araçlarını şarj edebildiği bir yöntemdir. Örnek vermek gerekirse, akşam eve gelindiğinde kullanıcılar araçlarını şarj etmeye başlarlar. Bu durumda, puant şarj talebiyle birlikte şebeke sistemi uzun süren aşırı yüklenmelere, şebekede elektrik kesintilerine ve şebeke sisteminin belkide tamamen çökmesine neden olabilecektir [58].

2.8.2. Kontrollü Şarj

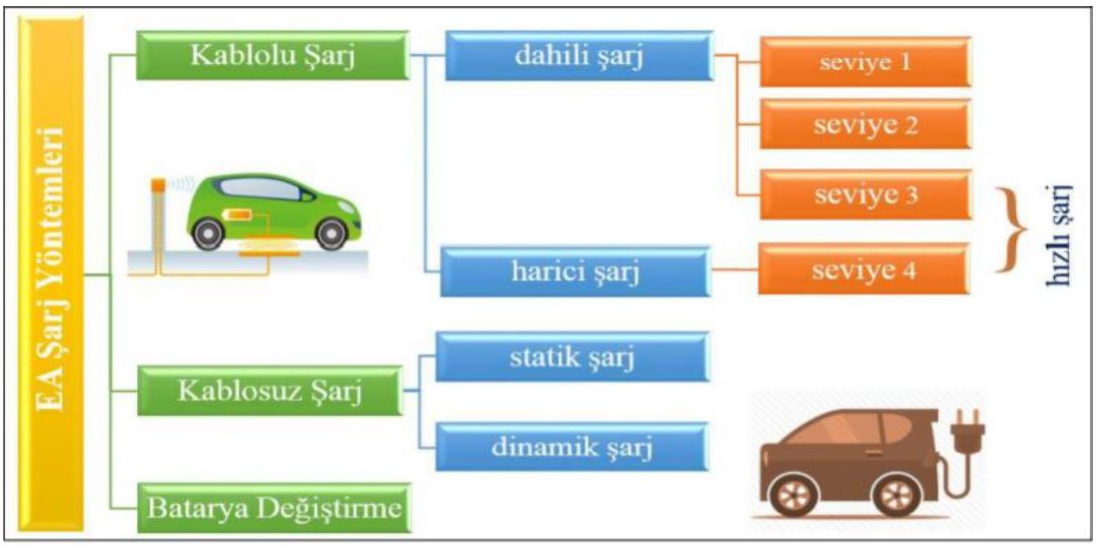
Daha önceki bölümde söz edildiği gibi EA kullanıcıları aynı esnada araçlarını şarj etmek isterlerse, gece geç vakitlerde en üst değerde şebeke yüklenmelerine neden olacaklardır. İstanbul gibi çok büyük metropollerde gerek teknik açıdan gerekse fiziksel anlamda uygulanması çok zor bir durumdur[59].

2.8.3. Akıllı Şarj

Kullanıcıların şarj ihtiyaçlarını göz önünde bulundurabilecek, şebekenin yüklenme durumunu kontrol altına alabilecek ve park etme sürelerini analiz ederek sistemde en uygun şekilde şarj kontrolü yapabilecek bir şarj yönetimine ihtiyaç vardır. Önümüzdeki yıllarda olması öngürülen ani puant yük ihtiyacının cevap verememe sorununa, EA'lardaki V2G özelliğinin akıllı şarj yönetim sistemi ile kullanılmasıyla birlikte çözüm olması beklenmektedir. Bunun yanında, puant zaman dilimlerinde sisteme geri enerji satışı yaparak ekonomik getiri sağlayabilecekler ve EA kullanıcıları sürekli değişen fiyatlandırma ile araçlarını çok daha ucuz bedeller karşılığında şarj edebilecek imkanlara kavuşabilecektir. Ayrıca yeni enerji santralleri kurulumuna gerek duymadan elektrik üreticileri daha fazla enerji satışı yapabileceklerdir. Böylece hem elektrik şebeke sistemi hem de EA kullanıcıları açısından karşılıklı kazanç elde edilmesi söz konusudur [60].

2.9. Şarj Metotları

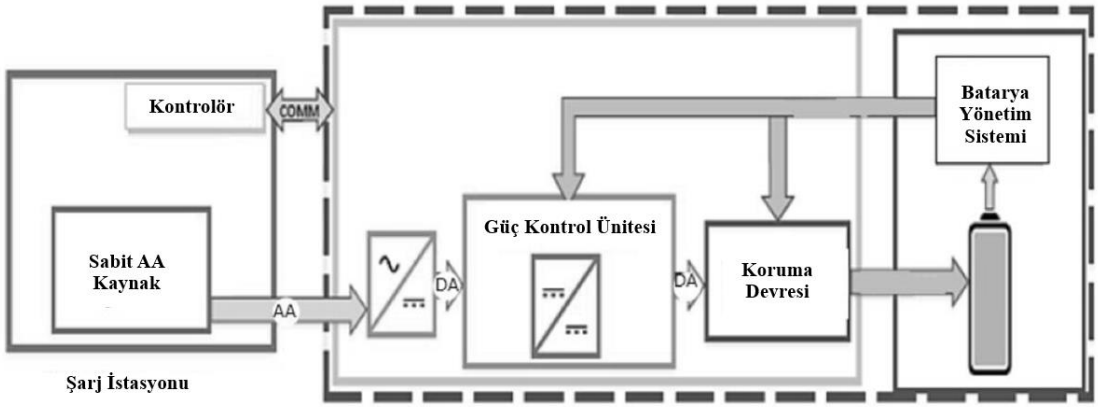
EA'ların şarj edilebilmesi için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Genel olarak batarya şarjı için üç ana şarj teknolojisi türü mevcuttur. İlk ve en yaygın olan teknoloji iletken şarj tipidir. Bu tip şarjda batarya, harici bir fişli kablo kullanılarak doğrudan şarj edilir. İletken şarjda hem AA hem de DA şarj çözümleri mevcuttur. AA şarj, DA şarjdan daha basit ancak daha yavaştır. Şekil 2.5'te EA şarj yöntemleri görülmektedir [61].



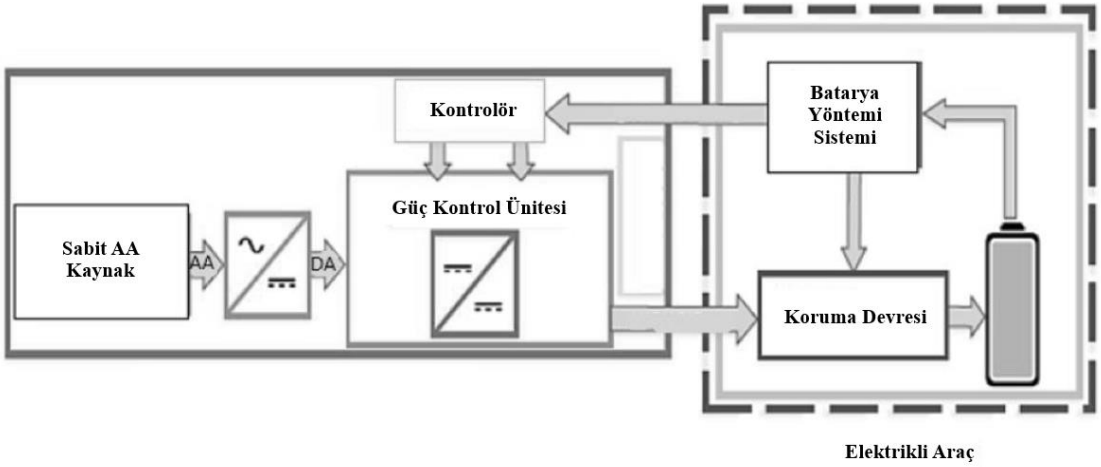
Şekil 2.5. EA şarj yöntemleri

2.9.1 Kablolu Şarj Metodu

Kablolu şarj metodu EA ile şarj istasyonunun bir kablo vasıtası ile yapıldığı metottur. Kullanılan bu metot dahili şarj (on-board) ve harici şarj (off-board) olmak üzere iki çeşittir. Dahili şarj yönteminde doğrultma devresi araç üzerinde yer alırken harici şarj yönteminde şarj istasyonunun üzerinde yer almaktadır. Harici şarj istasyonları aracı DA ile şarj etmektedir. Şekil 2.6 ve Şekil 2.7'de dahili ve harici şarj istasyonu modeli gösterilmiştir [62].



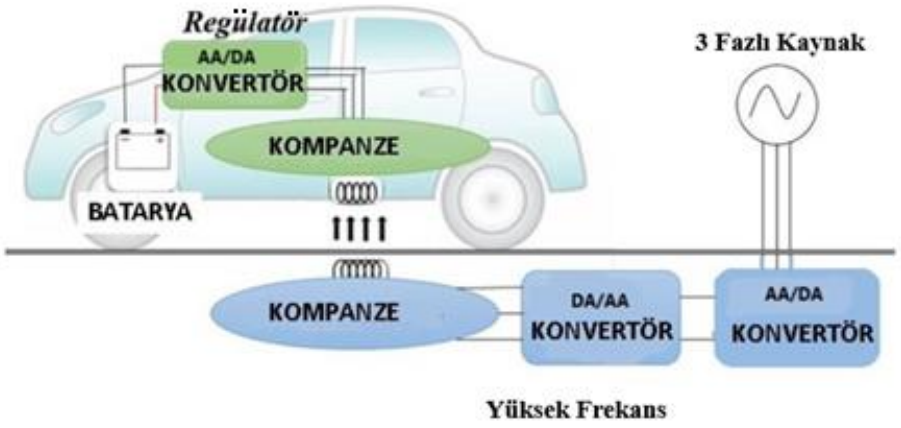
Şekil 2.6. Dahili şarj istasyonu modeli



Şekil 2.7. Harici şarj istasyonu modeli

2.9.2 Kablosuz Şarj Metodu

Kablosuz şarj metodu, EA kullanıcıları için kablolu şarj metodundan sonra muhtemelen en pratik çözüm olan endüktif şarjdır. Bu tipte şarj cihazı ile batarya arasında kablosuz güç aktarımı yapılmaktadır. Fakat bu teknoloji günümüz teknolojisi için ticarileştirilemeyecek kadar pahalı ve verimsizdir. Ayrıca endüktif şarj işlemi için standartları karşılamak ve güvenli enerji aktarımını doğrulamak için şarj cihazı ile batarya arasında ortak bir iletişim protokolü geliştirilmelidir. Bu metot statik şarj ve dinamik şarj olmak üzere iki başlık altında incelenir. Şekil 2.8'te ideal bir kablosuz şarj aktarımı görülmektedir [62].



Şekil 2.8. Kablosuz şarj aktarımı modeli

2.9.3 Batarya Değişirme Metodu

EA'ların şarj ihtiyaçlarını çok daha kısa bir zamanda karşılaması için batarya değiştirme metodu geliştirilmiştir. Bu çözüm belirli yerlerde boş bataryaların tam şarjlı bataryalarla değiştirilmesine dayanmaktadır. Batarya değiştirme metodunun menzil sorunlarını azalması ve çok kullanışlı görünmesine rağmen, şehirlere dağıtılmış batarya takas istasyonları inşa etmek için önemli miktarda yatırım gerekmektedir. Ek olarak EA üreticileri, batarya değiştirme teknolojisinin tüm EA'lar arasında verimli bir şekilde uygulanabilmesi için ortak bir batarya teknolojisi (tüm EA'lara takılacak ortak bir batarya) üzerinde anlaşmalıdır. Şekil 2.9'da bir batarya değiştirme metodunun uygulaması gösterilmiştir [63].



Şekil 2.9. Batarya değiştirme metodu uygulaması

2.10 Hızlı Şarj Yöntemleri

Elektrik elektronik teknolojilerinde EA'lar yep yeni bir çalışma alanı oluşturmuştur. Tüm dünyada bu teknolojiyi ortak standartlar olacak şekilde kullanmak gerekmektedir. Bu standartlar çerçevesinde seviye 4 şarj istasyonu MW değerlerinde bir şarj kapasitesi gerektirirken, IEC standartlarında seviye 3 (AA) ve seviye 4 (DA) hızlı şarj olması beklenmektedir. Aşağıda hızlı bir şarj istasyonunda olması gereken özellikler sıralanmıştır [64].

2.10.1 Şebeke Desteği

Şarj istasyonu ortak gerilim değerini korumak ve gerilim kararsızlığını yaşamamak adına, hızlı şarjın MW cinsinden yüksek güç ihtiyacının neden olduğu problemleri çözmek için şebekeye reaktif güç göndermelidir. Şarj istasyonun V2G çalışma şekliyle çalışması, şebeke desteği reaktif ve/veya aktif gücün şebekeye doğru ters yönde gönderilmesine bağlı olduğundan önemli hale gelmiştir [65].

2.10.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Entegrasyonu

Şarj istasyonun şarj gücü ihtiyacının bir kısmını yenilenebilir enerji kaynakları karşılayabilmektedir. Aşırı yük, tepe yük, ve gerilim düşümü gibi EA şarjından kaynaklı problemler, şebeken çekilen güç azaltılarak çözülür. V2G topolojinin uygulandığı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının güç sistemi olarak kullanıldığı şarj istasyonları enerji tasarrufu açısından fayda sağlamaktadır [65].

2.10.3 Güç Yoğunluğu

Şarj istasyonunun üzerinde bulunduğu alana kullanılabilir toplam gücün oranı olarak ifade edilmektedir. Yüksek kapasiteye sahip elektrik altyapısına yakın hızlı şarj istasyonları, hızlı şarj istasyonu sayısının artmasıyla birlikte şebekede oluşan olumsuz etkilerin azaltılması amacıyla yerleştirilmelidir. Güç yoğunluğunun kontrol edilmesi böylece sağlanmış olacaktır [66].

2.10.4 Hücresel Ağ

V2G topolojisi ile çalışma durumunda internet bağlantısı ve hücresel ağ gerektiren iletişime bağlı olduğundan ve yoğun talebin olması nedeniyle bu istasyonların akıllı şebeke ile iletişiminin sürekli olması gerekmektedir. EA'nın şarj ihtiyacının karşılanması ve şebeke desteği sağlanması bu iki tesisin aynı şarj istasyonunda olmasıyla gerçekleşir [67].

2.10.5 Şarj İstasyonlarının Yerleşimi

Önümüzdeki yıllarda yatırım ve destekleri devamı adına EA şarj istasyonlarının verimli çalışması epeyce önem teşkil etmektedir. Şarj istasyonlarının optimum yerlere konumlandırılmasıyla yatırım kazancı en yüksek seviyeye çıkarılır ve elektrik şebekesi üzerindeki baskı en az değerlere indirilir [68].

2.10.6 Güvenlik

Kontrol sistemi elemanlarının oluşturmuş olduğu karmaşıklığı Sistemdeki güç elektroniği cihazları sistem güvenliği için risk oluşturmaktadır. Ayrıca kaza riski ihtimaline ve hava şartlarına karşı gerekli güvenlik tedbirleri alınmalıdır. Elektrik şebekesine EA şarj istasyonlarının bağlanmasıyla birlikte birçok enerji kalite problemi ortaya çıkmaktadır. Bunun yanında, AA değerini DA değerine dönüşümü sırasında harmonik denilen şebekenin güç kalitesini olumsuz etkileyen yapılar oluşmaktadır. IEEE-519 güç kalitesi standartları EA'ların şarj edilmesi esnasında uyulması gereken kuralları ifade etmektedir. Şarj istasyonunda THD değeri, %15'ten az veya eşit olması Seviye 1, %12'den az veya eşit olması seviye 2, %8'den az ise seviye 3 ve seviye 4 olarak IEEE-519 standartlarına göre sınıflandırılmıştır. Tablo 2.7'te birkaç EA modeline ait farklı seviyedeki şarj süreleri gösterilmiştir [69].

Tablo 2.7. Farklı seviyedeki EA'ların şarj süreleri

Marka	Batarya Tipi ve Enerji	En Yüksek Menzil	Konnektör Tipi	Seviye 1		Seviye 2		Seviye 3	
				Güç	Süre	Güç	Süre	Güç	Süre
TOGG SUV	Li-Ion 120Ah Hücre 85,2 kW/s Li-Ion 150Ah Hücre 106,5 kW/s	300-500 km	IEC 62196-2 CHAdeMO	Test Aşaması	Test Aşaması	Test Aşaması	30 dk'dan az (%80)	DA 125A 50kW	Test Aşaması
Renault ZOE	Li-Ion 41 kW/s	403 km	IEC 62196-2 Duvar Tipi CHAdeMO	Test Aşaması	Test Aşaması	14 kW (380V)	2,5 s	Test Aşaması	Test Aşaması
BMW İ3	Li-Ion 33,2 kW/s	260 km	BMW Duvar Tipi CHAdeMO	Test Aşaması	Test Aşaması	11 kW (380V)	3 s (%80)	DA 125A 50kW	39 dk (%80)
Mercedes EQC SUV	Li-Ion 80 kW/s	354 km	Mercedes Duvar Tipi CHAdeMO	Test Aşaması	Test Aşaması	9,6-16,8 kW	8 s	DA 125A 50kW	40 dk

Nissan LEAF	Li-Ion 40 kW/s	241 km	SAE J1772 IEC 62196-2 CCS Combo1	Test Aşaması	Test Aşaması	6 kW	8 s	DA 125A 50kW	40 dk (%80)
Toyota RAV4	Li-Ion 40 kW/s	160 km	IEC 62196-2 Duvar Tipi SAE J1772	1,9 kW	17 s	9,6 kW	3,35 s	DA 125A 50kW	64 dk
Tesla MODEL X	Li-Ion 100 kW/s	528 km	Tesla HPWC Tesla Supercharger	1,8 kW	35 s	9,6-16,8 kW	10 s	DA 125A 50kW	30 dk (%80)
Audi e-TRON	Li-Ion 95 kW/s	400 km	IEC 62196-2 Duvar Tipi CHAdeMO	Test Aşaması	Test Aşaması	11-22 kW	4-9 s	DA 125A 50kW	30 dk
Jaguar I-PACE	Li-Ion 90 kW/s	470 km	CCS Connector Tip-2 ve Hızlı Şarj	3,7 kW	30 s	22 kW	13s	DA 125A 150kW	45 dk
Tesla ROADSTER	Li-Ion 53 kW/s	340 km	Tesla HPWC Tesla Supercharger	1,8 kW	21 s	16,8 kW	2,2 s	DA 125A 150kW	37 dk
Honda-e	Li-Ion 35,5 kW/s	200 km	CCS Connector IEC 62196	2,3 kW	16,30 s	22 kW	5,45 s	DA 125A 150kW	31 dk
Peugeot e-280	Li-Ion 47,5 kW/s	295 km	CCS Connector IEC 62196	2,3-3,7 kW	24-15 s	22 kW	5 s	DA 125A 150kW	28 dk

3. ŞARJ İSTASYONLARININ DAĞITIM ŞEBEKESİNE ETKİLERİ

EA konvansiyonel araçlar kadar uzun bir menzile sahip değillerdir. Kullanım sürelerine ve aldıkları mesafelere göre bağlı olarak EA'ların bataryalarının şarj miktarlarının azalması nedeniyle sık sık şarj edilmeye ihtiyaç duyarlar. Bu anlamda şarj problemleri oluşmasın diye şarj istasyonlarının yaygın bir biçimde tesis edilmesi gerekmektedir. Şarj edildikleri şarj ünitesinin çektiği güce ve bağlantı şekline bağlı olarak şarj edilmeleri esnasında, şebekeden yüksek miktarda güç çekecektir. Eğer bu şarj istasyonu yüksek güçlü bir şarj istasyonu taktirde şebekeden çok daha fazla güç çekmek isteyecektir. Böylece EAŞİ'nin bağlı bulunduğu şebekenin türüne ve bağlantı şekline göre elektrik şebekesinde çeşitli olumsuz tesirlere sebep olabilecektir [70,71].

3.1. Güç Kalitesi

AA gerilim hem elektriğin iletiminde hem de elektriğin dağıtımında kullanılmaktadır. Ancak EA'larda bataryalar şarj edilecek elektriği depolama birimi olarak kullanıldığı için DA gerilim çeşidini talep ederler. AA gerilimin DA gerilime bir konvertör yardımıyla dönüşümüyle TEA'ların şarj işleminin ilk aşaması gerçekleştirilir. Sonrasında bu DA gerilim bir DA/DA çevirici sayesinde aracın bataryalarını şarj edilmesi sağlanır. Bu sürecin tüm aşamalarında harmonik bileşenler karşımıza çıkmaktadır [72].

İnverter ve batarya şarj birimleri gibi doğrusal olmayan öğeleri bulunduran yüklerin yaygınlaşması, dağıtım sistemlerinde gerilim değerlerinde bozulmalara ve akım harmonik eğrilerinde bozulmalara sebep olmaktadır. Harmonikler, yüksek nötr akımlarına ve trafoların çalışma sıcaklığında yüksek artışları gibi dağıtım sisteminde birçok soruna neden olabilecektir [73].

3.2. Faz Dengesizliği

Daha fazla güç almak ve hızlı şarj etmek istiyorsak üç fazlı kaynaklar tercih edilmelidir. Üç fazlı sistemden faydalanmak için var olan noktalar sınırlıdır. Her yerde erişilebilir ve arabirim ekipmanlarının daha pratik olması nedeniyle tek fazlı sistem şarj işleminde daha çok tercih edilmektedir. Ayrıca aynı zaman diliminde farklı sayıda araçlar farklı

fazlarda şarj edilirlerse bunun sonucunda faz akımlarında dengesizler oluşacak, buna bağlantılı olarak gerilimlerde de dengesizlikler ve dengesiz gerilim düşümleri meydana gelebilecektir [74].

Şebekeye bağlı EA'lar bağlantı noktasında gerilim sapmasına ve gerilim düşümün gibi etkiler yaparlar. Şarj işlemini gerçekleştiren EA şarj istasyonu sayısı nekadar fazla olursa şebeke geriliminde olması gereken gerilim güvenliği ilkesini o kadar çabuk ihlal etmiş olur. Yakın gelecekte EA sayısının artış hızının yükselmesi beklendiğinden dağıtım şebekesinin gerilim dengesini hesaplanan sınırlar içinde tutmak için gerilim destek stratejilerini uygulanmak ve gerilim düzenleyici ekipmanları kullanmak gerekebilir [75].

3.3. Trafolar Üzerindeki Etkileri

Eğer transformatörleri üreticilerin etiketleri üzerinde belirttiği şartlarda kullanıldığımız taktirde, transformatörlerin ömürlerinin yaklaşık 40 ile 50 yıl arasında olacağı bilinmektedir. Fakat bir trafonun ortalama kullanma süresi gerçek koşullar altında 17 yıl kabul edilmektedir. Ancak TEA'ların kullanılmasıyla birlikte şebekeden çekecekleri enerjinin fazla olması nedeniyle transformatörlerin kullanma sürelerinde azalma beklenmektedir. Öncelikle, transformatörlerin yüklenmesi ve transformatörlerin ısısı, şarj isteklerindeki artışlar nedeniyle artacaktır. Böylece transformatörün ömrü bu ısı artışı ile birlikte kısalacaktır. İkinci olarak trafonun sıcaklığından kaynaklanan günlük değişen büzüşme ve genleşmeler, çok yoğun zaman dilimleri dışında şarj işlemlerinin yapılmasıyla daha az yüklenme gerçekleşeceğinden azalmış olacaktır. Bu durum trafonun mekanik aşınma ve yıpranma miktarını azaltacaktır [76, 77].

3.4. Sistem Kayıpları Üzerindeki Etkileri

Şebeke kayıpları iletim hatlarında %2 iken dağıtım şebekelerinde kayıp kaçaklarla beraber % 14,5 lara ulaşabilmektedir. Dağıtım şebekesinde trafonun AG çıkışından toplam gerilim düşümü %5', aydınlatma tesislerinde %6,5 ve motor yüklerinde %8'i aşmamalıdır. YG tarafında ise %7'yi aşması istenmez ancak ring şebekeler için ayrıca arıza hallerinde ringin tek taraflı beslenmesi durumu için gerilim düşümü tahkikleri yapılarak bu oran %10'u aşmamalıdır [77]. Şarj istasyonlarına EA için üretilen enerjinin

üretildiği noktadan ulaştırılması için enerji dağıtım sistemleri üzerinden gerçekleşir. Enerji iletimi sırasında oluşan kayıplar şebeke bileşenlerine kıyasla çok daha fazla değerdedir. EA şarjındaki enerji talebi daha fazla elektrik üretimini gerektirdiği için bu durum iletimin sağlandığı hatlar üzerinde daha da fazla kayıplar oluşturacaktır [78].

Yapılmış olan birçok çalışmada EA'ların yaygın şekilde gece vakitlerinde şarj edildiği farzedildiğinden dolayı enerji talebinin en düşük bu saatlerde olmasından kaynaklı enerji kayıplarının en az olduğu düşünülmektedir. Sistemin enerji kayıpları EA dağıtım şebekesinden şarj edildiğinde ciddi oranda artmaktadır. Ana yük durumu ile EA entegrasyonu olmadığı durumlar kıyaslandığında en yüksek sistem enerji kayıplarının %40'a kadar ulaştığı görülmüştür [79]. EA şarj edildiğinde bununla birlikte güç akışı artar ve sistem kayıpları ortya çıkar. Koordineli EA şarj sistemi, EA şarj işlemi sırasında meydana gelen sistem kayıplarını azaltmak için kullanılıştır. Elektrik santrallerine yakın yerlerde şarj istasyonlarının kurulması da sağlanması da sistem kayıplarını azaltacaktır [80].

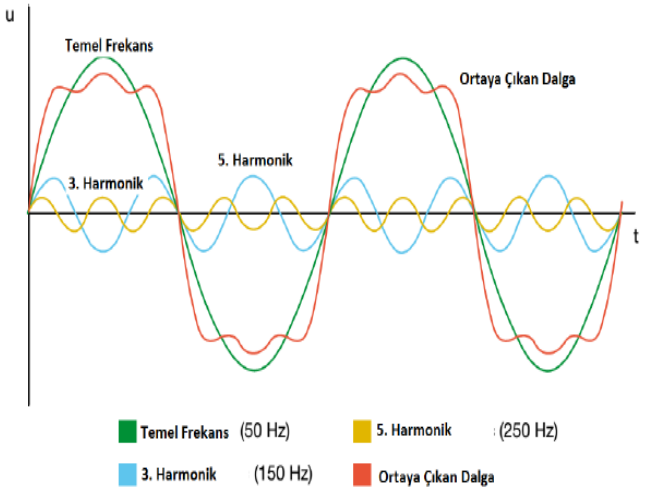
3.5. Kararlılık Etkisi

Bir şebekenin bozulması veya geçici durumdan sonra yeniden şebekenin normal çalışma koşullarına geri gelmesi yeteneğine güç kararlılık sistemi denmektedir. İstikrarlı bir güç şebekesi güvenilir bir güç kaynağını ifade etmektedir. EA'lar halihazırdaki elektrik güç şebekesi bakımından yeni yük çeşidi olarak kabul edilmekte ve EA'ların şarj edildiği durumlarda dağıtım şebekesinin kararlılığı üzerindeki etkisi hala öngürelememekte ve araştırılmaya devam edilmektedir. Ancak genel düşünce EA'ların şarjı sırasında güç şebekesinde kararlılık problemi oluşturduklarıdır. Geniş alan kontrolörü, EA şarjı ve V2G esnasında güç sistemindeki kararlılığını arttırmak için sistem elemanlarına destekleyici kontrol sinyalleri sağlamak için kullanılır. Optimize edilmiş yardımcı kontrol sinyallari ve optimizasyon algoritmaları ile generatörlere maksimum sönümlendirme yapmaktadırlar [81].

3.6. Harmonik Etkileri

İletim ve dağıtım sistemlerinde aşırı harmonikler meydana gelmesine ve bundan dolayı tüketiciye verilen enerjinin kalitesini olumsuz yönde etkilenmesine elektrik güç

sistemlerindeki lineer olmayan elemanlar sebep olmaktadır. Sistemdeki harmoniklere göre kompanzasyon problemlerini çözmek, enerji kalitesi ve güç kalitesi için gereklidir. Eğer harmonikleri dikkate almadan kompanzasyon yapmaya çalışırsak elektrik kayıplarımız daha da artar. Güç kalitesinin en önemli ölçülebilir parametresi harmonikler olmuştur [82]. Genel olarak sinüsoidal olmayan kaynaklardan ile lineer olmayan elemanlardan herhangi birisi ya da her ikisinin sistemde bulunmasından harmonikler meydana gelirler. Lineer olmayan elemanlar, gerilim-akım karakteristiği doğrusal olmayan elemanlara denir. Sistemde bulunan bu elemanların etkisiyle akım ve gerilim dalga biçimleri, periyodik olmakla birlikte temel sinüsoidal dalga ile frekans ve genliği farklı diğer sinüsoidal dalgaların toplamından meydana gelmektedir. Harmonik, olması gereken temel sinüsoidal dalga şeklinin dışındaki sinüsoidal dalgalara verilen isimdir [83]. EA'lar şarj istasyonuna bağlandıkları zaman şebekede harmonik yük oluştururlar. Bu harmonik yükler, şarj altyapılarında istenmeyen etkiler yapmakta, güç kayıplarına neden olmakta ve şebekeye bağlı şarj yapılabilen EA sayısını sınırlandırmaktadır. Batarya kapasitelerini incelediğimizde üretici firmalardan kaynaklı olmak üzere üretilen EA'ların hepsi birbirinden farklı değerde kapasitede oldukları görülmektedir. Bundan dolayı her aracın oluşturduğu harmonik etkide farklılık göstermektedir. Literatürde yapılmış olan birçok yayında farklı şarj tiplerine sahip farklı tip araçlar analiz edilip yorumlanmıştır. THD, harmonikli bileşenlerin efektif (rms) değerlerinin, temel bileşen efektif (rms) değerine bölünmesiyle elde edilir ve genellikle yüzde olarak gösterilir. Toplam harmonik distorsiyon ifadesinin yardımı ile temel sinüs bileşenimizin harmonik bileşenlerin toplanması ile ilk formundan ne derece sapmaya maruz kalacağı görülebilir. Şekil 3.1'de harmoniklerin sisteme etkisi, sinüsoidal bozukluk görülmektedir [83, 84].



Şekil 3.1. Harmoniklerin sisteme etkisi, sinüsoidal bozukluk

Enerji kalitesinin yorumlanabilmesi için harmoniklerin hesaplanması gerekmektedir. Hesaplama sonucunda yüzde olarak ifade edilen harmonik bileşenler ve harmonik bozulma hakkında yorum yapılabilir [84].

Bir sistemde oluşan gerilim için toplam harmonik distorsiyon (THD_V) eşitlik (3.1)'de verilmişitr;

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} = \frac{\sqrt{V_2^2+V_3^2+V_4^2+\cdots+V_n^2}}{V_1} \quad (3.1)$$

Akım için toplam harmonik distorsiyon (THDI) eşitlik (3.2)'de verilmişitr;;

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} = \frac{\sqrt{I_2^2+I_3^2+I_4^2+\cdots+I_n^2}}{I_1} \quad (3.2)$$

Denklem (3.1)'de verilen V_1 değeri temel dalganın etkin değerini ifade etmektedir. Denklem (3.2)'de verilen I_1 değeri ise temel akım dalgasının etkin değerini ifade etmektedir [85]. Harmonik bozulmalar güç kalitesini etkilediği için belirli standartlara bağlanmıştır. IEEE tarafından son olarak 2014 yılında güncelleştirilen IEEE 519-2014 standartına göre gerilim bozulma sınır değerleri Tablo 3.1'te gösterilmiştir [86, 87].

Tablo 3.1. IEEE 519-2014 Gerilim bozulma sınır değerleri

Bara Gerilimi	Bireysel Harmonik	THD
$V \leq 1\,kV$	5	8
$1\,kV < V \leq 69\,kV$	3	5
$69\,kV < V \leq 161\,kV$	1,5	2,5
$161\,kV < V$	1	1,5

Harmonikler güç kalitesini olumsuz etkileyen etmenler arasında en fazla dikkat çekenidir. Harmonikten kaynaklı oluşan olumsuz durumlar ise aşağıda belirtilmiştir.

- Kullanılan cihazların ısısının artması, gürültülü çalışması, ömrünün kısalması,
- Hatlarda daha büyük iletken kesitlerinin kullanılması gerekliliğini oluşması,
- Sistemdeki enerji kayıplarının artması,
- Generatöre ve şebekeye ait gerilimde bozulmaların oluşması,
- Gerilim düşümü değerinin artışı,
- Kompanzasyon yapılarının yalıtkan zorlanması ve fazlaca reaktif yüklenme nedeniyle hasar görmesi,
- Motorlarda aşırı ısınmanın ve moment salınımlarının oluşması,
- Sayaçların endüksiyon tipi olanlarında hatalı ölçmeler,
- Bazı çalışma durumlarında (Uzaktan kumanda, yük kontrolü vs.) bozukluklar,
- Şebekede rezonans olayının oluşması ve rezonansın sebep olduğu ve aşırı gerilimler,
- Koruma ve kontrol sistemlerinde yanlış sinyallerin alınması,
- Yalıtım malzemesinde delinme gerçekleşmesi,
- Mikroişlemcilerde ve sesli, görüntülü iletişim araçlarında parazit ve normal olmayan çalışma.

Elektrik enerji sistemleri üzerinde bu olumsuz etkiler meydana getiren harmoniklerin ya ortadan kaldırılması ya da etkisinin en aza indirgenmesi gerekmektedir. Bunun için Pasif Filtreler ve/veya Aktif Güç Filtreleri kullanılabilir fakat daha sistemlerin kurulumları aşamasında uygun tasarımların yapılması sistemlerin daha kararlı olması açısından önemlidir [88].

4. KISA DEVRE ANALİZİ

Kısa devre olayı, faz-faz arasında veya yıldız noktası toprakla bağlantısı yapılmış şebekelerde faz - toprak arasında tesadüfi nedenlerle meydana gelen yalıtım hatası, çevreden kaynaklı etkiler veya yanlış müdahaleler sonucu oluşmaktadır. Kısa devrenin olduğu bölgeye kadar şebekeye ait bütün ekipmanlar en kısa zaman dilimi içersinde koruma elemanları tarafından kesme işlemi gerçekleştirilerek aşırı akımdan korunmuş olur. Bu durumda kesme işlemini gerçekleştirecek şebeke elemanlarının kısa devre akımına karşı dayanıklı seçilmesi gerekmektedir. Aksi halde şebeke elemanları mekanik ve termal bakımdan zarar görerek çevreye zararlara neden olabilirler. Bundan dolayı şebekenin tasarlanması ve işletilmesinde kısa devere analiz sonuçları önem arz etmektedir. Elektrik dağıtım şebekelerinde çoğunlukla faz-toprak %70, faz-faz %15, üç faz %5, iki faz-toprak %10 oranlarında kısa devreler oluşmaktadır [89].

Enerji üretiminden tüketimine kadar birçok evrede kısa devre analizlerini dikkate almak gerekmektedir. Kısa devre analizleri bilhassa yüksek akım ve gerilimlerin olduğu şebekelerde kesme işlemi sırasında oluşabilecek arkları sönümleme özelliklerine sahip kesicilerin seçilmesi önem arz etmektedir. Genellikle kesiciler hareketli ve ark söndürme hücresi, sabit kontaklar ve kumanda düzeneğinden oluşmaktadır. Kesiciler herhangi bir arıza durumunda yalnız başlarına koruma yapamazlar. Birlikte kullanıldığı rölelerden gelen direktiflere göre devreyi açma işlemi yapmaktadır. Kısa devre akımı, kısa devrenin gerçekleştiği nokta ile kaynak arasında yapılan thevenin eşdeğer devre denklemleriyle hesaplanır. Simetrik ve simetrik olmayan (Asimetrik) olmak üzere kısa devreler ikiye ayrılmaktadır. Asimetrik kısa devreler, üç fazlı kısa devre dışında oluşan kısa devre çeşidi olarak bilinir [90].

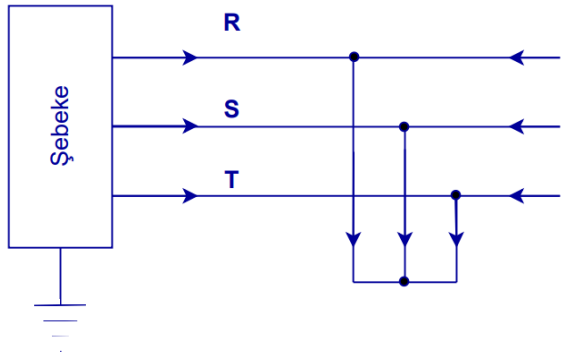
Kısa devre porblemleri çözülürken, sonuçlarda büyük değişiklikler oluşturmamaları ve işlemlerin yapılmasında karışıklığı azaltmaları sebebiyle birtakım kabuller yapılmaktadır. Bunlar;

- Kısa devre sırasında benzer tip arızanın oluştuğu,
- Transformatörlerin esas kademede olacak şekilde kurulduğu,
- Ölçülmesi zorluk yaşanan bazı büyüklüklerin göz önünde bulundurulmadığı,
- Şebeke ekipmanlarına ait sıfır, doğru, ters bileşen devre empedanslarının saptanabildiği,
- 50 HP gücünün altındaki alternatif akım motorlarının hesaba katılmadığıdır [91].

4.1. Simetrik Kısa Devreler

4.1.1. Üç Fazlı Kısa Devre

Üç fazlı kısa devre çeşidi, sistemin ısıl ve mekanik açıdan zorlanmaların incelenmesi ve şebeke elemanlarının açılma değerlerinin tayin edilmesi bakımından önemlidir. Şekil 4.1'de şebekenin belirli olmayan bir noktasında oluşan üç faz kısa devre arızası görülmektedir.

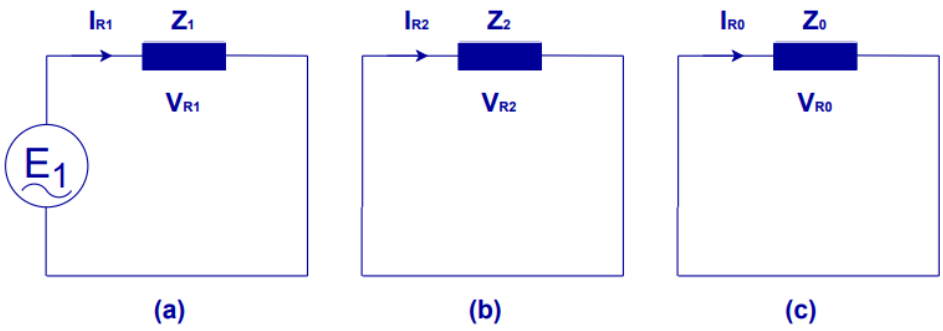


Şekil 4.1. Üç fazlı kısa devre arızası şeması

Üç fazlı kısa devre oluştuğunda;

$$V_R = V_S = V_T = 0 \tag{4.1}$$

Eşitlik (4.1) olmaktadır. Arıza esnasında simetrili bileşen eşdeğer devre çeşitleri Şekil 4.2.'de görülmektedir.



Şekil 4.2. (a) doğru bileşen devre, (b) ters bileşen devre, (c) sıfır bileşen devre

Şekil 4.2 (a), (b) ve (c) devrelere ait matematiksel eşitlikler (4.2)-(4.7) de verilmiştir.

$$I_{R1} = \frac{E_1 \angle 0}{Z_1} \tag{4.2}$$

$$I_{R0} = I_{R2} = 0 \tag{4.3}$$

$$V_{R0} = 0 \tag{4.4}$$

$$V_{R0} = E_1 - I_{R1}.Z_1 = 0 \tag{4.5}$$

$$V_{R2} = 0 \tag{4.6}$$

$$\begin{bmatrix} I_{k3(R)} \\ I_{k3(S)} \\ I_{k3(T)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} I_{R0} \\ I_{R1} \\ I_{R2} \end{bmatrix} \tag{4.7}$$

Devrelerden temin edilen (4.2) ve (4.3) eşitlikleri, eşitlik (4.7)'de yerlerine konulduğunda:

$$I_{k3(R)} = \frac{E_1 \angle 0}{Z_1} \tag{4.8}$$

$$I_{k3(R)} = \frac{E_1 \angle 240}{Z_1} \tag{4.9}$$

$$I_{k3(R)} = \frac{E_1 \angle 120}{Z_1} \tag{4.10}$$

Eşitlik (4.8), (4.9), (4.10) sonuçlarına varılmaktadır. Bu eşitliklerde görüldüğü üzere üç fazdan akan akımlar, simetrik üç fazlı kısa devre durumunda mutlak değer açısından birbirine eşit olmaktadır. Bu halde eşitlik (4.11)'deki gibi ifade edilebilir.

$$I_{k3} = \frac{C.U_n}{\sqrt{3}.Z_1} \quad (4.11)$$

IEC standartlarında belirtilen gerilim katsayısı denklem (4.11)'deki C katsayısıdır [92, 93].

Burada;

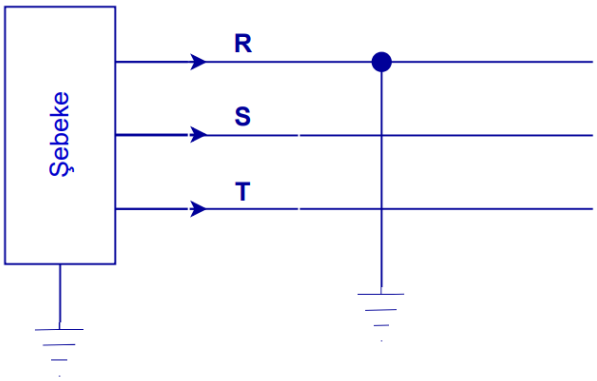
C	IEC standartlarında belirtilen gerilim katsayısı
$\mathbf{I_k}$	Kısa Devre Akım Değeri
$\mathbf{I_n}$	Nominal Akım Değeri
$\mathbf{I_s}$	Sabit Akım Değeri
$\mathbf{I_{(t)}}$	Anlık Akım Değeri
$\mathbf{I_0}$	Sıfır bileşen akım fazörü
$\mathbf{I_1}$	Doğru bileşen akım fazörü
$\mathbf{I_2}$	Ters bileşen akım fazörü
$\mathbf{I_{RST}}$	Faz Akımları
$\mathbf{U_0}$	Sıfır bileşen gerilim fazörü
$\mathbf{U_1}$	Doğru bileşen gerilim fazörü
$\mathbf{U_2}$	Ters bileşen gerilim fazörü
$\mathbf{V_{RST}}$	Faz Gerilimleri
$\mathbf{Z_0}$	Sıfır bileşen empedans fazörü
$\mathbf{Z_1}$	Doğru bileşen empedans fazörü
$\mathbf{Z_2}$	Ters bileşen empedans fazörü

4.1. Simetrik Olmayan Kısa Devreler

4.2.1. Faz Toprak Kısa Devresi

En fazla rastlanan arıza türü faz-toprak kısa devresi arızasıdır. Faz toprak arızaları, havai enerji dağıtım iletkenlerine çevredeki ağaç veya iletken cisim müdahalesi, yalıtım hatası, kazı esnasında yanlış hareketler gibi olaylar sonucunda oluşmaktadır. Simetrili bileşenler ile faz-toprak kısa devresi hesabı yapılmaktadır. Faz toprak kısa devresi Şekil

4.3.'te görülmektedir.



Şekil 4.3. Faz toprak kısa devre arızası şeması

Şekil 4.3.'teki şemadan yola çıkarak arıza noktasına ait fazlara ait gerilim ve akım ifadeleri eşitlik (4.12)'de olduğu gibi yazılmalıdır.

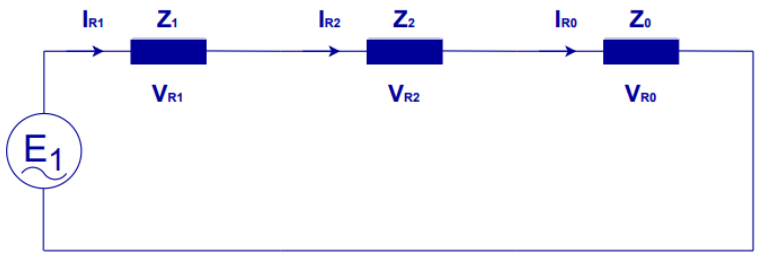
$$U_R = I_S = I_T = 0 \tag{4.12}$$

$$\begin{bmatrix} I_{(R)} \\ I_{(S)} \\ I_{(T)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \tag{4.13}$$

Eşitlik (4.13)'de Eşitlik (4.12)'deki ifadeler yerine konulduğunda:

$$I_0 = I_1 = I_2 = \frac{I_R}{3} = 0 \tag{4.14}$$

Eşitlik (4.14) bulunur. Şekil 4.4.'te faz-toprak arızasına ait simetrili bileşen devresi gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Faz toprak kısa devresi simetrili bileşenleri devre şeması

Şekil 4.4'den çıkarılan eşitlik (4.15) ve (4.16) aşağıda belirtilmiştir.

$$U_R = E_1 - I_1.Z_1 - I_2.Z_2 - I_0.Z_0 = 0 \quad (4.15)$$

$$I_1 = \frac{E_1}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \quad (4.16)$$

Buradan hareketle hata akımı eşitlik (4.17) gibi yazılabilir:

$$I_k = \frac{3.E_1}{(Z_0 + Z_1 + Z_2)} \quad (4.17)$$

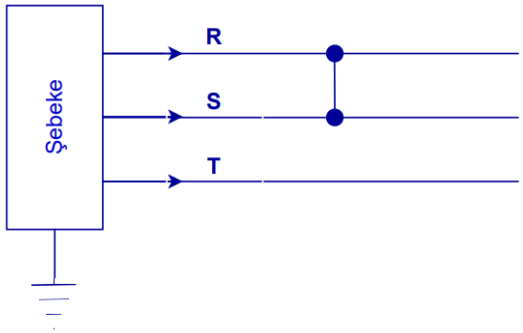
Doğru ve ters bileşen empedansları faz-toprak kısa devresinde birbirlerine eşit çıkmaktadır. Böylece eşitlik (4.17)'nin son durumdaki ifadesi eşitlik (4.18) gibidir. IEC standartlarında belirtilmiş olan gerilim katsayısı C katsayısıdır [90,93].

$$I_k = \frac{\sqrt{3}.c.U_n}{2.Z_1 + Z_0} \quad (4.18)$$

4.2.2. Faz Faz Kısa Devresi

Faz faz kısa devresi, havai hatlarda çeşitli sebeplerden bir fazın başka bir faza kontak kurmasıyla, dışardan etkilerle veya yanlış hareketler sebebiyle, sürekli olmamakla

birlikte yeraltı kablolarında yalıtımın bozulması veya kazı işlemlerindeki dikkatsizlikler sonucu meydana gelirler. Bu arıza çeşidi ile çok sık karşılaşmayız.. Şekil 4.5.'te iki faz kısa devresi gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Faz faz kısa devre arızası şeması

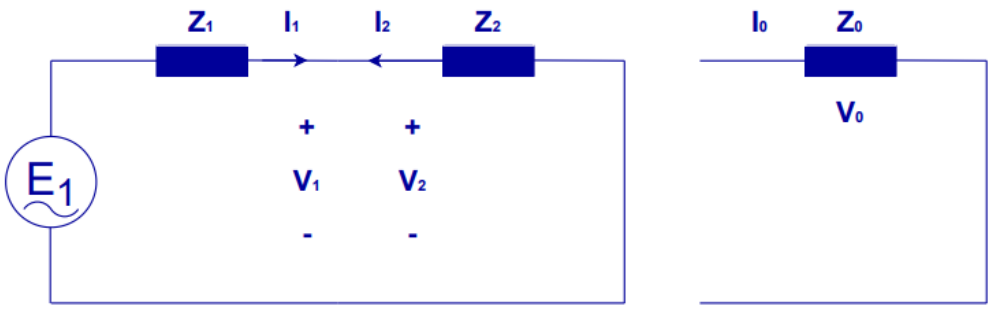
Şekil 4.5.'den yararlanılarak eşitlik (4.19), (4.20), (4.21) aşağıda belirtilmiştir.

$$U_R = U_S \tag{4.19}$$

$$I_R = -I_S \tag{4.20}$$

$$I_T = 0 \tag{4.21}$$

Şekil 4.6.'da faz-faz kısa devresinin simetrili bileşen devresi verilmiştir.



Şekil 4.6. Faz faz kısa devresinin simetrili bileşen devre şeması

Eşitlik (3.13)'te yerine $I_R = -I_S$ eşitliği konulduğunda (4.22)-(4.24) eşitlikleri elde edilir:

$$I_0 + I_1 + I_2 = -(I_0 + a^2.I_1 + a.I_2) \quad (4.22)$$

$$I_1.(1 + a^2) + I_2.(1 + a) + 2.I_0 = 0 \quad (4.23)$$

$I_T = 0$ olduğundan;

$$I_T = I_0 + a.I_1 + a^2.I_2 = 0 \quad (4.24)$$

Eşitlik (4.25) ve (4.26), eşitlik (4.23) ve (4.24) birlikte kullanılarak eşitlik (4.(25), (4.26) elde edilir.

$$I_1 = -I_2 \quad (4.25)$$

$$I_0 = 0 \quad (4.26)$$

Verilenler yeniden eşitlik (4.13)'te yerine konulursa buradan (4.27)-(4.29) eşitlikleri elde edilir:

$$I_S = I_0 + a.I_2 + a^2.I_1 \quad (4.27)$$

$$I_S = \sqrt{3}.I_1 \quad (4.28)$$

$$I_k = \frac{3.E_m}{(Z_1+Z_2)} \quad (4.29)$$

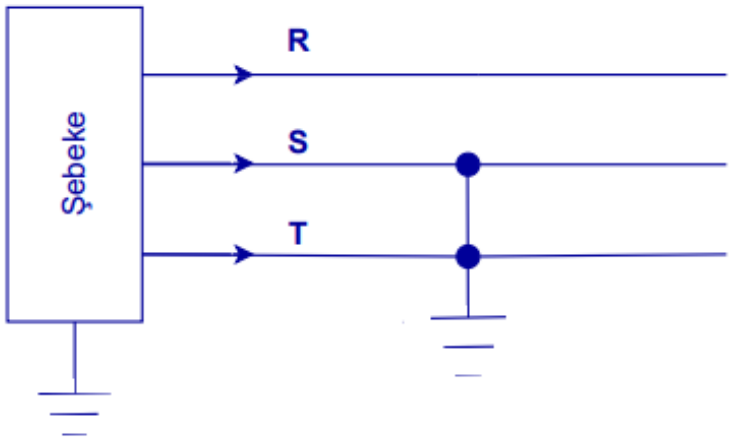
Ayrıca Z_1+Z_2 değerleri birbirine eşittir. Buradan eşitlik (4.30) elde edilir:

$$I_k = \frac{c.U_n}{2.|Z_1|} \tag{4.30}$$

IEC standartlarında belirtilen gerilim katsayısı, denklem (4.30)'daki C katsayısıdır [91,93].

4.2.3. İki Faz Toprak Kısa Devresi

Zaman zamanda olsa yeraltı hatlarında yalıtımın yok olması veya kazı işlemlerindeki dikkatsizlikler nedeniyle iki faz toprak kısa devresi , havai kablolarda ise faz toprak kısa devresi sırasında arıza olayının diğer faza atlamasıyla, dışardan yapılan müdahalerle veya doğru olmayan bağlantılar sonucu oluşurlar. Nadiren görülen bir arıza çeşitidir. Şekil 4.7'de iki faz toprak kısa devresi gösterilmiştir.



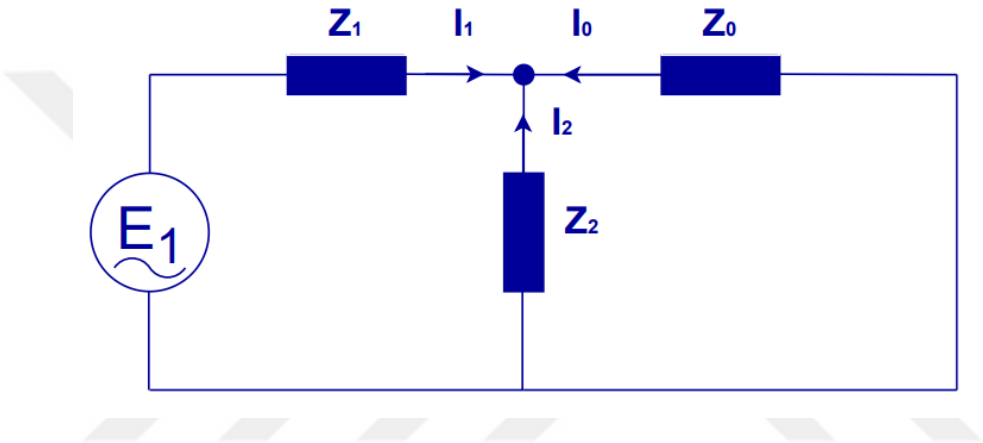
Şekil 4.7. İki faz toprak kısa devre arızası devresi

Şekil 4.7.'teki devreye göre (4.31), (4,32) eşitlikleri yazılır;

$$U_T = U_S = 0 \tag{4.31}$$

$$I_{kn} = I_S + I_T \tag{4.32}$$

I_{kn} toprağa doğru geçen kısa devre akımı belrtmektedir. İki faz toprak kısa devresine ait simetrili bileşen eşdeğer devresi Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. İki faz toprak kısa simetrili bileşenler devresi

Aşağıdaki denklemler Şekil 4.8'e göre (4.33)-(4.36) eşitlikleri oluşturulmuştur.

$$U_0 = U_1 = U_2 = \frac{Z_0 . Z_2 . E_1}{Z_0 . Z_1 + Z_1 . Z_2 + Z_0 . Z_2} \tag{4.33}$$

$$I_0 = \frac{-U_0}{Z_0} = \frac{-Z_2 . E_1}{Z_0 . Z_1 + Z_1 . Z_2 + Z_0 . Z_2} \tag{4.34}$$

$$I_1 = \frac{E_1 - U_1}{Z_1} = \frac{(Z_0 + Z_2) . E_1}{Z_0 . Z_1 + Z_1 . Z_2 + Z_0 . Z_2} \tag{4.35}$$

$$I_2 = \frac{-U_2}{Z_2} = \frac{-Z_0.E_1}{Z_0.Z_1 + Z_1.Z_2 + Z_0.Z_2} \quad (4.36)$$

Aşağıdaki eşitlikler, (4.33)-(4.36) eşitlikleri ve eşitlik (4.13)' den yararlanılarak (4.37)-(4.39) eşitlikleri oluşturulmuştur.

$$I_S = \frac{((a^2 - 1).Z_2 + (a^2 - a).Z_0).E_1}{Z_0.Z_1 + Z_1.Z_2 + Z_0.Z_2} \quad (4.37)$$

$$I_T = \frac{((a - 1).Z_2 + (a^2 - a).Z_0).E_1}{Z_0.Z_1 + Z_1.Z_2 + Z_0.Z_2} \quad (4.38)$$

$$U_R = \frac{3.Z_0.Z_2.E_1}{Z_0.Z_1 + Z_1.Z_2 + Z_0.Z_2} \quad (4.39)$$

Simetrili bileşenler cinsinden faz gerilimlerini (4.40)-(4.42) eşitlikleri ile belirtecek olursak:

$$U_R = E_1 - I_{1R}.Z_1 - I_{2R}.Z_2 - I_{0R}.Z_0 \quad (4.40)$$

$$U_S = E_1 - I_{1S}.Z_1 - I_{2S}.Z_2 - I_{0S}.Z_0 \quad (4.41)$$

$$U_T = E_1 - I_{1T}.Z_1 - I_{2T}.Z_2 - I_{0T}.Z_0 \quad (4.42)$$

Hesaplanan değerlere istinaden kısa devre akımının değeri eşitlik (4.43) de verilmiştir:

$$I_k = \frac{\sqrt{3}.\sqrt{Z_2^2 + Z_0.Z_2 + Z_2^2}.E_1}{Z_0.Z_1 + Z_1.Z_2 + Z_0.Z_2} \quad (4.43)$$

Toprağa akacak olan kısa devre akımı değeri, $Z_1 = Z_2$ eşitliği kabul edilerek (4.44) eşitliğindeki gibi ifade edilmektedir.

$$I_{kn} = \frac{\sqrt{3}.c.U_n}{|2.Z_1 + Z_0|} \tag{4.44}$$

Hem arızalı olan fazlardan hem de topraktan iki faz toprak kısa devresinde I_{kn} akmaktadır. Bu halde topraktan geçen akım miktarı faz toprak I_{kn} akımı daha az bir değer alırken, fazlardan akan akım değeri üç fazlı kısa devre akımı ile faz faz kısa devresi arasında olmaktadır [92,93].

5. SİSTEMİN MODELLENMESİ

Trafo merkezlerine en iyi konum ve uzaklıkta yerleştirilecek şekilde tasarlanacak şarj istasyonlarının şebekeye verdiği olumsuz etkilerin gözlemlenmesi için; EAHŞİ'larını doğru konumlandıracak bir algoritma ve şebekenin, iletim hatlarının, istasyon yüklerinin modellenebileceği ve şebekeye yük bağlanması durumunda gerilim düşümlerinin, THD'nin ve oluşabilecek kısa devre çeşitlerinin gözlemlenebileceği simülasyon ortamına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaçlarımız ve elde etmemiz gereken veriler doğrultusunda phyton yazılım dilinde haversine algoritması ve MATLAB/Simulink programında karar kılınmıştır.

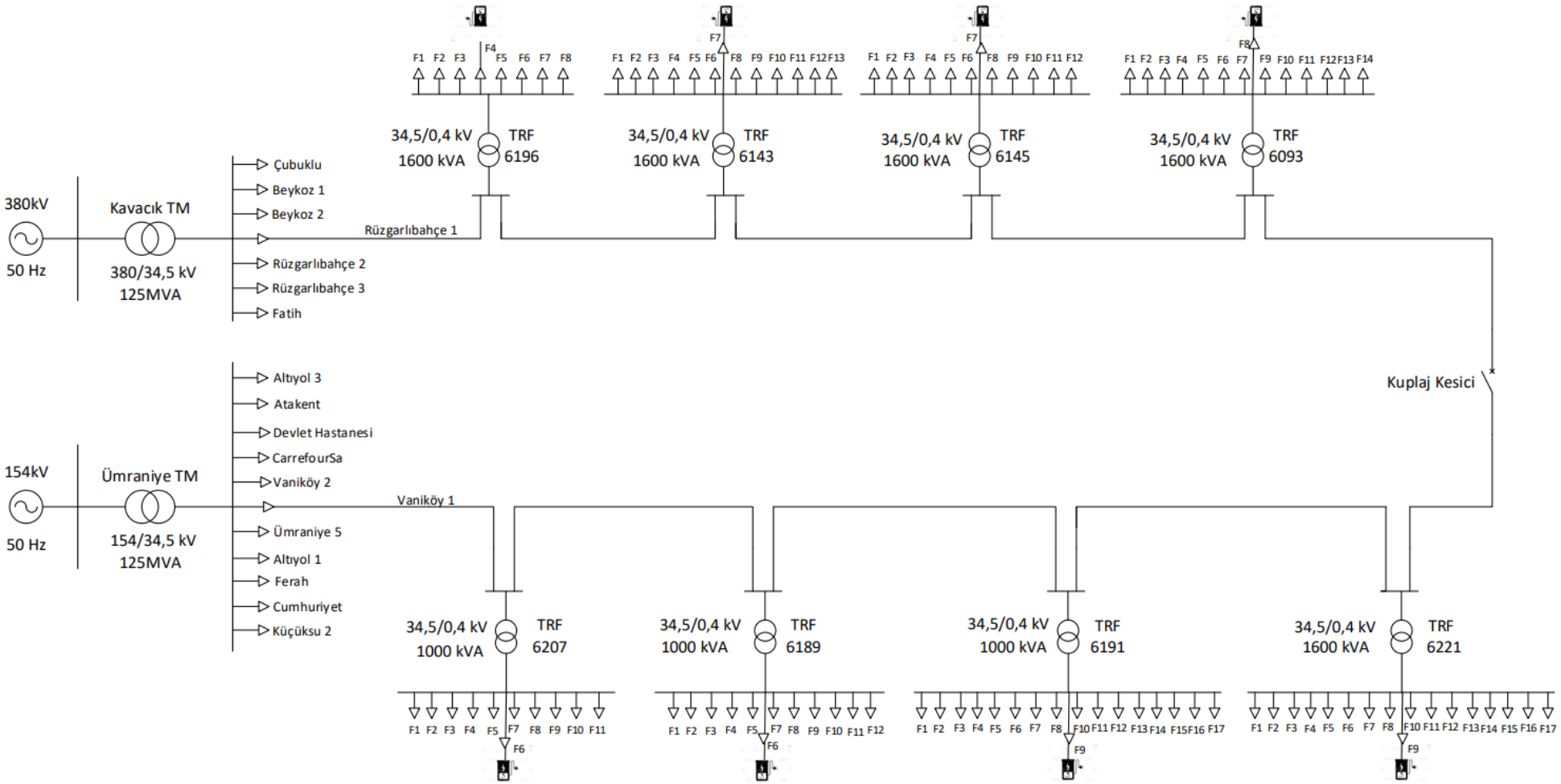
Çalışma yapılacak olan bölgedeki trafo etiket değerleri, trafo alt fider sayıları, trafoların konumları, şarj istasyonlarının konumları, kesici bilgileri, hat uzunlukları, iletken kesiti ve puant saatinde çekilen yükler gibi veriler AYEDAŞ dağıtım şirketinden alınmıştır.

5.1. Şebeke Verileri

Bu çalışmada, AYEDAŞ sorumluluk bölgesinde bulunan İstanbul İli, Kartal ve Ümraniye İlçeleri arasındaki, dağıtım şebekesini besleyen 380/34,5 kV ve 125 MVA trafonun alt fiderlerinden bulunan 4 adet 1600 kVA'lik YG/AG trafo ve 154/34,5 kV ve 125 MVA trafonun alt fiderlerinden bulunan 3 adet 1000 kVA ve 1 adet 1600 kVA'lik YG/AG trafo fiderleriyle kublaj kesici üzerinden yarı ring oluşturulmuş bir şebeke kullanılmıştır. Ayrıca bölge harita-uydu konumu Şekil 5.1'de ve bu trafoların alt fiderlerine bağlanacak olan EAHŞİ'nın modellemesini yapacağımız tek hat şeması Şekil 5.2'de görülmektedir [94].



Şekil 5.1. Seçilen Bölgenin Haritadaki yeri



Şekil 5.2. Seçilen dağıtım şebekesinin tek hat şeması

Dağıtım şebekesinde şarj istasyonları devreye alınmadan önce kullanılan trafoların gücü, puant trafo gücü, gerilimi, doluluk oranı, toplam fider sayısı, kullanılan ve yedek fider sayıları ve bağlantı şekilleri ile ilgili bilgiler Tablo 5.1'te verilmektedir [94] .

Tablo 5.1. Şebeke trafo değerleri

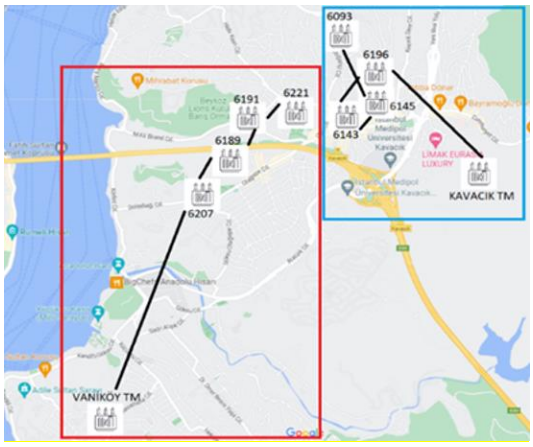
Trafo Adı	Güç (kVA)	Puant Trafo Gücü (kVA)	Doluluk Oranı (%)	Toplam Fider Sayısı	Kullanımda	Yedek	Bağlantı Gr.	Gerilim (kV)
KAVACIK TM	125000	28127	22,5	7	5	2	YN_d	380/34,5
TR 6196	1600	127,68	7,98	8	8	0	DY_{n11}	34,5/0,4
TR 6143	1600	429,52	26,85	13	10	3	DY_{n11}	34,5/0,4
TR 6145	1600	214,88	13,43	12	3	9	DY_{n11}	34,5/0,4
TR 6093	1600	567,52	35,47	14	10	4	DY_{n11}	34,5/0,4
TR 6221	1600	944,32	59,02	17	17	0	DY_{n11}	34,5/0,4
TR 6191	1000	418,86	41,89	17	11	6	DY_{n11}	34,5/0,4
TR 6189	1000	75,2	7,52	13	3	10	DY_{n11}	34,5/0,4
TR 6207	1000	151,6	15,16	11	3	8	DY_{n11}	34,5/0,4
ÜMRANİYE TM	125000	78412	62,72	11	10	1	YN DY_{n0}	154/34,5

Dağıtım şebekesinde bulunan hatların kesiti, adı, uzunlukları ve gerilim seviyesi ile ilgili bilgiler Tablo 5.2'de verilmektedir. Hatların numaralandırılması modelleme sırasına göre belirlenmiştir [94].

Tablo 5.2. Şebeke hat değerleri

Hat Adı	**Kesit (mm²)**	**Uzunluk (m)**	**Gerilim Seviyesi (kV)**
KAVACIK TM - DM 6700 (HAT 1)	3(1x400/25 XLPE-AL)	800	380
DM 6700 - DM 6093 (HAT 2)	3(1x400/25 XLPE-AL)	2289	34,5
DM 6093 - TR6196 (HAT 3)	3(1x95/25 XLPE-CU)	206	34,5
TR6196 - TR6143 (HAT 4)	3(1x95/25 XLPE-CU)	200	34,5
TR6143 - TR6145 (HAT 5)	3(1x95/25 XLPE-CU)	20	34,5
TR6145 - TR6093 (HAT 6)	3(1x95/25 XLPE-CU)	956	34,5
TR6093 - TR6221 (HAT 7)	3(1x95/25 XLPE-CU)	1120	34,5
TR6221 - TR6191 (HAT 8)	3(1x95/25 XLPE-CU)	500	34,5
TR6191 - TR6189 (HAT 9)	3(1x150/25 XLPE-CU)	866	34,5
TR6189 - TR6207 (HAT 10)	3(1x150/25 XLPE-CU)	440	34,5
TR6207 - DM6572 (HAT 11)	3(1x240/25 XLPE-AL)	1490	34,5
DM6572 - DM6529 (HAT 12)	3(1x240/25 XLPE-CU)	2410	34,5
DM6529 - ÜMRANİYE TM (HAT 13)	3(1x240/25 XLPE-CU)	7360	154

Trafoların harita üzerindeki konumları Şekil 5.3'te gösterilmiştir. Bu çalışma yük modelinde kapsamında üç fazlı sistemlerde olduğu için üç fazlı paralel RLC yükü kullanılarak karmaşık durumlar giderilerek, modelleme basitleştirilmiştir.



Şekil 5.3. Trafoların harita üzerindeki konumları

5.2 Haversine Algoritması

Haversine formülü, iki küresel koordinat noktası arasındaki mesafeyi hesaplama amacıyla kullanılan trigonometrik bir formüldür. Bu formül, yüzey üzerindeki iki nokta arasındaki büyük daire mesafesini hesaplamak için tasarlanmıştır. Özellikle coğrafi konum tabanlı uygulamalarda ve navigasyon sistemlerinde kullanılır. Haversine algoritmasında ilk adım, başlangıç ve hedef noktaların enlem ve boylam koordinatlarını (latitude ve longitude) derece cinsinden alınır. Daha sonrasında başlangıç ve hedef noktalar arasındaki enlem ve boylam farklarını hesaplar. Bu farklar, iki nokta arasındaki yatay ve dikey uzaklıkları temsil eder. Haversine açısı iki nokta arasındaki mesafeyi hesaplamak için kullanılır. Bu açı, enlem ve boylam farklarına dayanarak aşağıdaki (5.1)-(5.5) eşitliklei ile hesaplanır [95].

Küre üzerindeki herhangi iki nokta arasındaki merkez açı θ ise bu değer eşitlik (5.1) ile bulunur;

$$\theta = \frac{d}{r} \tag{5.1}$$

Burada:

d kürenin büyük dairesi boyunca iki nokta arasındaki mesafe (m)

r kürenin yarıçapı (m)

Haversin formülü, θ'nın (yani, hav(θ)) haversinüsünün, iki noktanın enleminden (p_i ile temsil edilir) ve boylamından (m_i ile temsil edilir) doğrudan hesaplanmasına olanak tanır ve eşitlik (5.2) ile ifade edilir.

$$\mathrm{hav}(\theta) = \mathrm{hav}(p_2 - p_1) + \cos p_1 . \cos p_2 . \mathrm{hav}(m_2 - m_1) \qquad (5.2)$$

Burada;

p_1 , p_2 birinci ve ikinci noktanın enlemi

m_1 , m_2, birinci ve ikinci noktanın boylamı

Son olarak, yukarıda hem merkez açıya θ hem de enlem ve boylam farklarına uygulanan haversinüs fonksiyonu hav(θ) değeri eşitlik (5.3) ile ifade edilir.

$$\mathrm{hav}(\theta) = \sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{1 - \cos\theta}{2} \qquad (5.3)$$

Haversine fonksiyonu θ açısının yarım tersini hesaplar .

d mesafesini bulmak için eşitlik (5.4) de belirtildiği gibi, ters haversinüs h = hav(θ)' ya uygulayın veya arcsinüs fonksiyonunu kullanın:

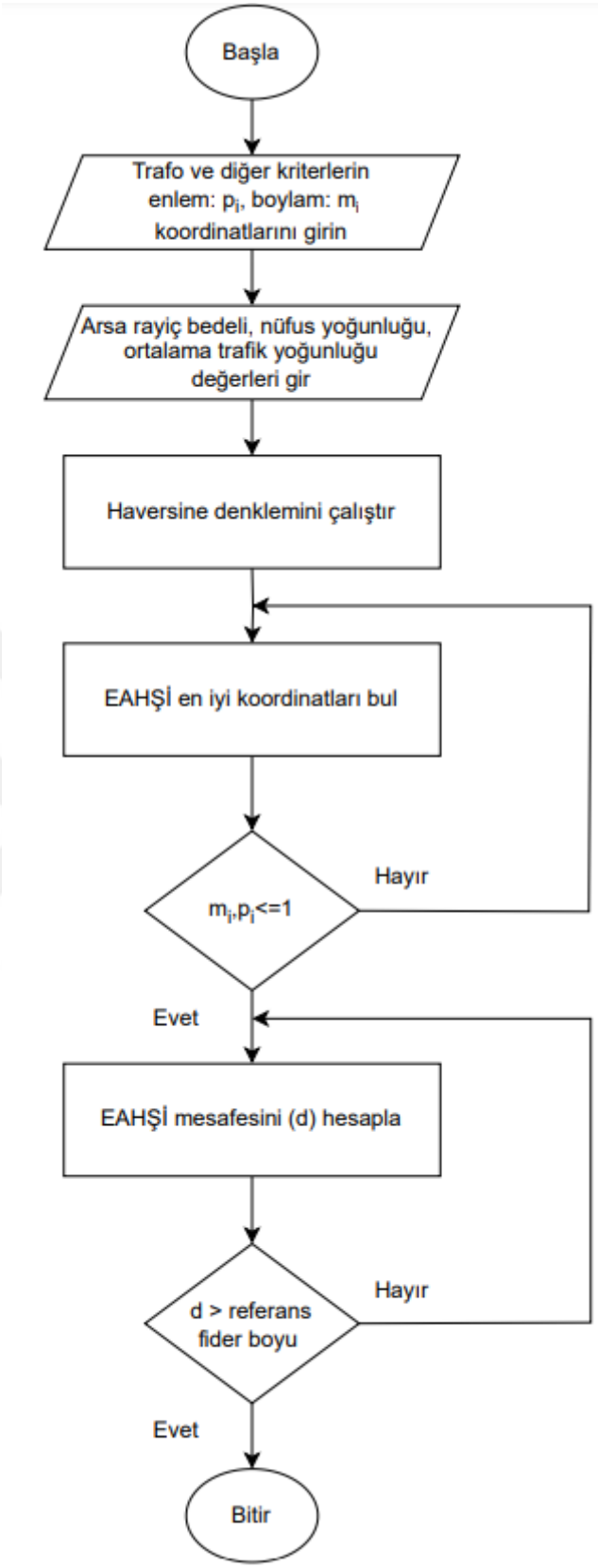
$$d = r \,.\, \mathrm{archav}(h) = 2r . \arcsin\left(\sqrt{h}\right) \qquad (5.4)$$

veya daha açık bir şekilde eşitlik (5.5) de gösterildiği gibidir:

$$d = 2r.\arcsin\left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{p_2 - p_1}{2}\right) + \cos p_1.\cos p_2.\sin^2\left(\frac{m_2 - m_1}{2}\right)}\right) \quad (5.5)$$

Bu formülleri kullanırken, kayan nokta hatası nedeniyle h'nin 1'i aşmadığından emin olunmalıdır (d yalnızca $0 \leq h \leq 1$ için gerçektir). h yalnızca antipod noktalar için (kürenin karşıt taraflarında) 1'e yaklaşır ; bu bölgede, sonlu hassasiyet kullanıldığında formülde nispeten büyük sayısal hatalar ortaya çıkma eğilimindedir. Bu durumda d büyük olduğundan (π R'ye , çevrenin yarısına yaklaştığında), bu olağandışı durumda küçük bir hata genellikle önemli bir sorun değildir. Her iki formül de mükemmel bir küre olmayan Dünya'ya uygulandığında yalnızca bir yaklaşımdır: " Dünya yarıçapı " R , kutuplarda 6356,752 km'den ekvatorda 6378,137 km'ye kadar değişir. Daha da önemlisi, dünya yüzeyindeki kuzey-güney çizgisinin eğrilik yarıçapı kutuplarda (≈6399,594 km) ekvatordan (≈6335,439 km) %1 daha fazladır; dolayısıyla haversinüs formülü ve kosinüs yasası garanti edilemez %0,5'ten daha iyiye doğru. Dünyanın eliptikliğini dikkate alan daha doğru yöntemler Vincenty formülleri ve coğrafi uzaklık makalesindeki diğer formüllerde verilmektedir [95-98].

Şarj istasyonlarının harita üzerinde konumlandırılması için, bilinmesi gereken kriterlerin Google haritalardan alınan konum bilgilerine göre konuma en yakın uzaklıkta bulunan yolun bulunması gerekli olmuştur. Kriterlerin konumu, harita verisi içerisinde bir nokta olarak, şarj istasyonu verisi de bir çizgi olarak ele alındığında, problem bir noktanın en yakın olduğu çizginin bulunmasına dönüşmektedir. Bir noktanın bir çizgiye olan en kısa uzaklığı, noktadan çizgiye dik olarak düşülen çizginin uzunluğu kadardır. Bu nedenle araç konumuna ilişkin noktadan harita verisi içerisinde yer alan tüm yol çizgilerine dik çizgiler düşülerek nokta iz düşürülmüş ve elde edilen çizginin uzunluk değerleri Şekil 5.4 algoritma akış şeması kullanılarak hesaplanmıştır. Enlem – boylam değeri olarak tutulan konum verileri arasındaki uzunluklar hesaplanırken Python yazılım kullanılmıştır. Programda yazılan optimum konumların hesaplamasında kullanılan tüm kodlar EK-1'de sunulmaktadır. EK-2'de ise tüm şarj istasyonların konumlarının hesaplandığı veriler tablolar halinde verilmiştir.



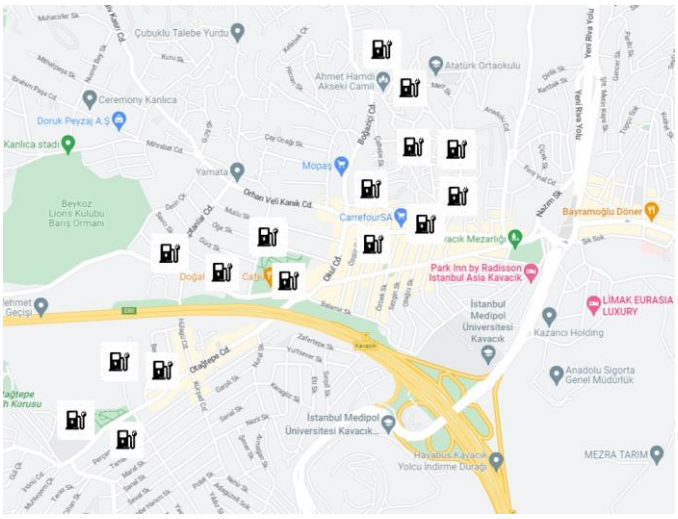
Şekil 5.4. Şarj istasyonlarının yerleşim algoritma şeması

5.3. Şarj İstasyonlarının Yerleşimi

Yeterli şarj istasyonu sayısının bulunmaması, EA'ların yeteri kadar genişleyememesine neden olan en ciddi etkenlerden birisidir. Şehirlerde iyi organize edilmiş bir şarj istasyon ağının kurulması,dağıtım şebekesinde güç akışının kontrolü yanı sıra trafik ağı ve sürücüler için de çok önemlidir.

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) sistemleri şarj istasyonlarının optimum yer tayininde etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Yeni kurulumu yapılacak EAHŞİ yerleri için optimum yer seçiminde CBS tabanlı ÇKKV yöntemleri kullanılarak yapılması hedeflenmiştir. Bu amaca yönelik optimum yerlerin tayin edilmesi için 8 veri topluluğu değerlendirmeye alınmıştır. Bu ölçütler; ana yollara yakınlık, AVM'lere yakınlık, resmi kurumlara yakınlık, petrol istasyonlarına yakınlık, ulaşım istasyonlarına yakınlık, normal şarj istasyonlarına yakınlık, trafo merkezlerine yakınlık ve otoparklara yakınlık olarak Tablo 5.4'teki gibi sıralanabilir.

Çalışmada kullanılan şarj istasyonu yerleşim değerlendirme kriterleri, eşitlik (5.1)-(5.5) ve Şekil 5.4'te belirtilen şarj istasyonlarının yerleşim algoritma akış şeması ve python yazılımında haversin formülleri kullanılarak optimal EAHŞİ'ları için enlem ve boylam koordinatları hesaplanmış Tablo 5.3'te verilmiş ve Şekil 5.5'te harita üzerindeki gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Şarj istasyonlarının ve trafoların haritadaki konumları

Tablo 5.3. EAHŞİ Konum Koordinatları

EAHŞİ No	Faz Tipi	Konum	
		p	m
1	1	41,097034	29,091026
2	3	41,097477	29,091949
3	3	41,097477	29,091949
4	1	41,094960	29,090716
5	1	41,097220	29,091988
6	3	41,099516	29,088542
7	3	41,099516	29,088542
8	1	41,101686	29,088644
9	1	41,094738	29,084808
10	3	41,093183	29,086152
11	3	41,093183	29,086153
12	1	41,093474	29,080351
13	1	41,090331	29,079285
14	1	41,089375	29,076388
15	3	41,087178	29,076605
16	3	41,087178	29,076605

Tablo 5.4. Şarj istasyonu yerleşim kriterleri ve koordinatları

EAŞİ No	Faz Tipi	Bağlı Trafo No	En Yakın Trafo (p, m)	En Yakın AVM (p, m)	En Yakın Ana Yol (p, m)	En Yakın Petrol İstasyonu (p, m)	En Yakın Otopark (p, m)	En Yakın Ulaşım İstasyonu (p, m)	En Yakın Resmi Kurumlar (p, m)	En Yakın Normal EAŞİ (p, m)
1	1	**6196**	41,096871-29,091761	41,100107-29,092649	41,087264-29,093720	41,094707-29,091190	41,094448-29,091959	41,095950-29,091920	41,097126-29,090889	41,095451-29,086329
2	3	**6196**	41,096871-29,091761	41,100107-29,092649	41,087264-29,093720	41,094707-29,091190	41,094448-29,091959	41,095950-29,091920	41,097126-29,090889	41,095451-29,086329
3	3	**6196**	41,096871-29.091761	41,100107-29,092649	41,087264 29,093720	41,094707-29,091190	41,094448-29,091959	41,095950-29,091920	41,097126-29,090889	41,095451-29,086329
4	1	**6143**	41,095381-29,091441	41,096110-29,091826	41,089722-29,092866	41,094707-29,091190	41,094465-29,092016	41,094751-29,089318	41,094964-29,091592	41,095451-29,086329
5	1	**6145**	41,095382-29,091456	41,095495-29,088766	41,090328-29,093477	41,094707-29,091190	41,094465-29,092016	41,095833-29,091874	41,094900-29,091787	41,095451-29,086336
6	3	**6093**	41,100205-29,088785	41,100094-29,088810	41,090261-29,093148	41,096613-29,087185	41,094448-29,091959	41,099265-29,088321	41,099791-29,090730	41,095451-29,086329
7	3	**6093**	41,100205-29,088785	41,100094-29,088810	41,090261-29,093148	41,096613-29,087185	41,094448-29,091959	41,099265-29,088321	41,099791-29,090730	41,095451-29,086329
8	1	**6093**	41,100205-29,088785	41,100094-29,088810	41,090261-29,093148	41,096613-29,087185	41,094448-29,091959	41,099265-29,088321	41,099791-29,090730	41,095451-29,086329
9	1	**6221**	41,094042-29,083742	41,094536-29,085907	41,089461-29,089987	41,094707-29,091190	41,093637-29,089722	41,092794-29,083343	41,092688-29,083276	41,095451-29,086329
10	3	**6221**	41,094042-29,083742	41,094536-29,085907	41,089461-29,089987	41,094707-29,091190	41,093637-29,089722	41,092794-29,083343	41,092688-29,083276	41,095451-29,086329
11	3	**6221**	41,094042-29,083742	41,094536-29,085907	41,089461-29,089987	41,094707-29,091190	41,093637-29,089722	41,092794-29,083343	41,092688-29,083276	41,095451-29,086329
12	1	**6191**	41,093653-29,079635	41,098745-29,075859	41,092564-29,084925	41,094707-29,091190	41,092827-29,083366	41,093941-29,079458	41,092495-29,076059	41,095451-29,086329
13	1	**6189**	41,090284-29,077828	41,086865-29,082522	41,092166-29,081385	41,081239-29,076829	41,082896-29,068689	41,088968-29,078119	41,090728-29,079886	41,080235-29,078769
14	1	**6207**	41,088351-29,075812	41,084618-29,077625	41,091764-29,072680	41,081239-29,076829	41,082896-29,068689	41,087720-29,076065	41,087882-29,075892	41,082627-29,066668
15	3	**6207**	41,088351-29,075812	41,084618-29,077625	41,091764-29,072680	41,081239-29,076829	41,082896-29,068689	41,087720-29,076065	41,087882-29,075892	41,082627-29,066668
16	3	**6207**	41,088351-29,075812	41,084618-29,077625	41,091764-29,072680	41,081239-29,076829	41,082896-29,068689	41,087720-29,076065	41,087882-29,075892	41,082627-29,066668

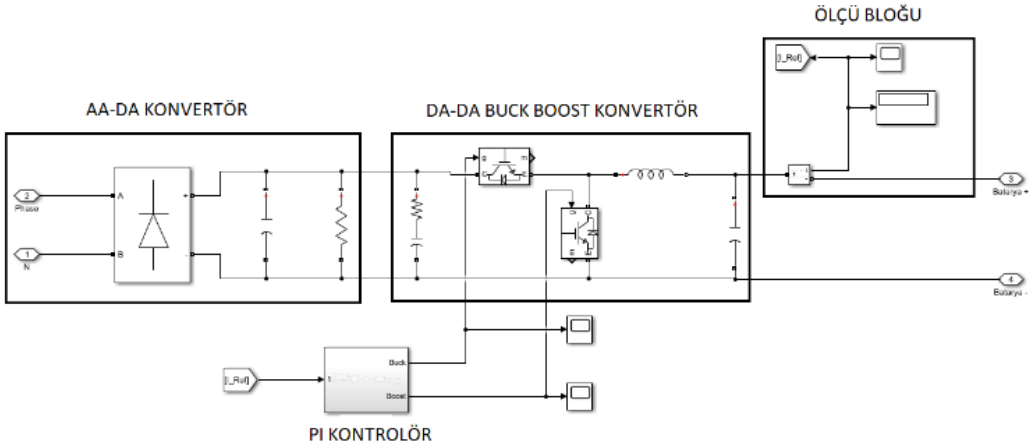
5.4. Matlab Şebeke Parametreleri

MATLAB yazılımının Simulink ara yüzü, gerçek şebeke verileri ile planladığımız hattın ve yüklerin modellenebilmesi konusunda işlevsellik ve modelleme kolaylığı ile diğer simülasyon programları arasında öne çıkmaktadır. Simulink programı blok olarak birçok parametrenin yüksek hassaslıkla ayarlanabilmesine imkân sağlamaktadır. Bu sayede iletim ve dağıtım hatlarında meydana gelen kayıplar, güç faktörünün meydana getirdiği bozulmalar net bir şekilde gözlenebilmektedir. Matlab/Simulink programını seçmemizdeki nedenlerden biride Simulink programı sahip olduğu FFT analiz modu ile hattın istediğimiz bölümündeki akım ve gerilime ilişkin THD değerlerini bize sunmasıdır. Ayrıca tüm kısa devre hesaplamları ve analizleri yapılabilmektedir.

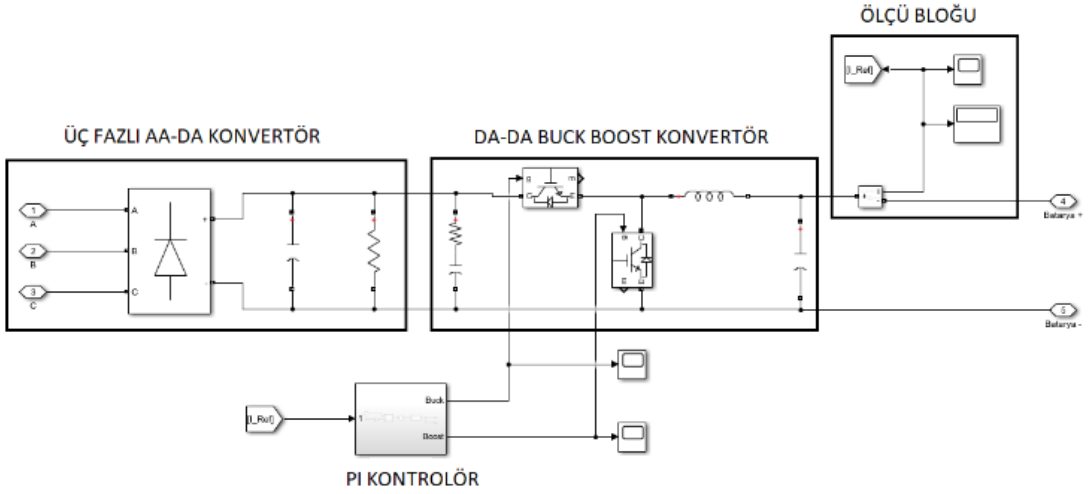
Şarj istasyonları, ölçü blokları, trafo dağıtım merkezleri sistemin daha anlaşılabilir olması ve görsel karmaşayı ortadan kaldırmak için alt sistem blokları olacak şekilde tasarlanmış ve blokların içindeki elemanlar (kesici, ölçüm aletleri, trafo, yükler, elektronik devre elemanları,) gerçek veriler ışığında modellenmiştir.

5.4.1. EA Şarj İstasyonu Modeli

Şarj istasyonu modeli yapı olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Birincisi şebekeden gelen AA gerilimi DA gerilime çevirmek için kullanılan AA-DA konvertör ikincisi ise DA-DA buck-boost konvertördür. Kontrolör olarak Oransal-İntegral (PI) kontrol tekniği kullanılmıştır. Bu çalışmada hem tek fazlı hemde üç fazlı şarj istasyonları modellenmiştir. Şekil 5.6'te tek fazlı EA şarj istasyonu ve Şekil 5.7'da üç fazlı EA şarj istasyonu modeli görülmektedir.



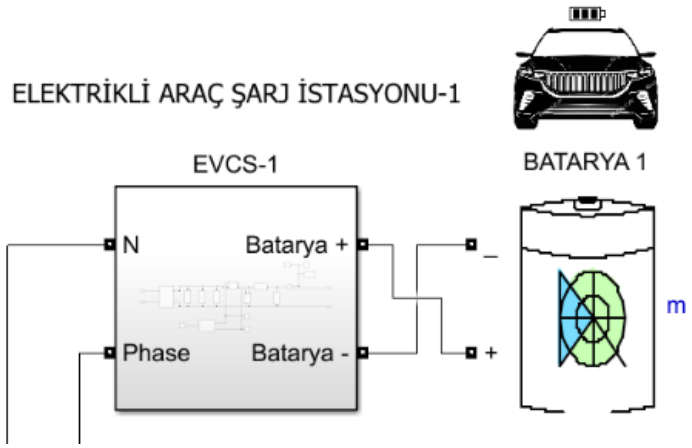
Şekil 5.6. Tek fazlı EA şarj istasyonu modeli



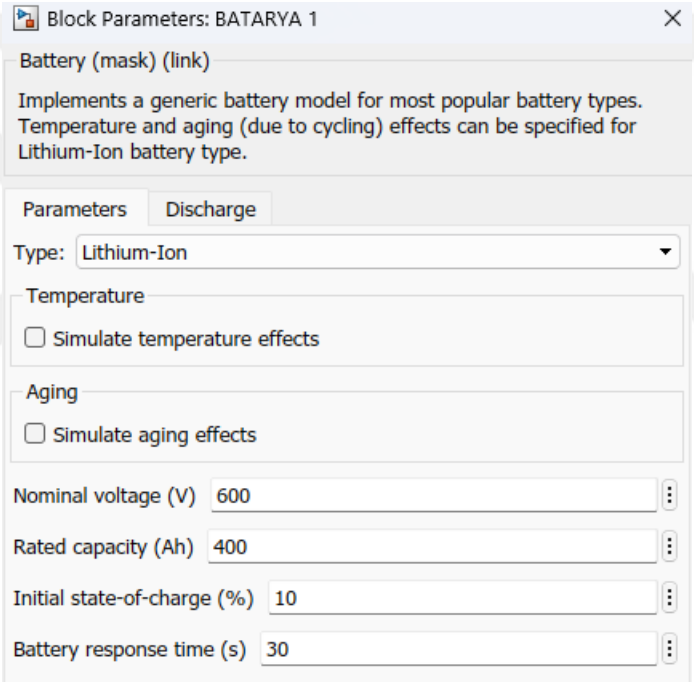
Şekil 5.7. Üç fazlı EA şarj istasyonu modeli

5.4.2. EA Batarya Modeli

Matlab arayüzünde genel bir batarya modeli mevcuttur. Model içeriğinde Li-Ion, Ni-Cd ve Kurşun Asit gibi yaygın olarak bulunan batarya teknolojileri arasından Li-Ion batarya modeli kullanılmıştır. Modellemede iç direncin, şarj ve deşarj döngüleri sırasında sabit olduğu ve akımın genliği ile değişmediği varsayılmaktadır. Ayrıca modelin parametreleri deşarj özelliklerinden türetilmiştir. Bataryanın kapasitesi akımın genliği ile değişmemektedir. Model bataryanın kendi kendine boşalmasını temsil etmez ve bataryanın hafıza etkisi yoktur. Şekil 5.8'de simülasyonda kullanılan batarya modeli ve Şekil 5.9'da batarya parametreleri görülmektedir.



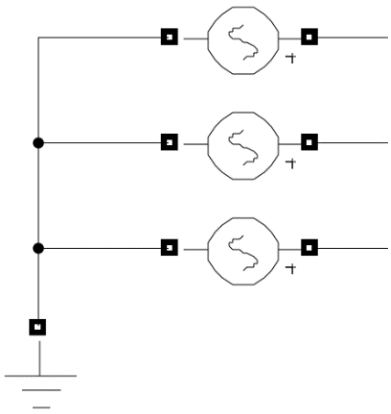
Şekil 5.8. EA batarya modeli



Şekil 5.9. EA Batarya modeli parametreleri

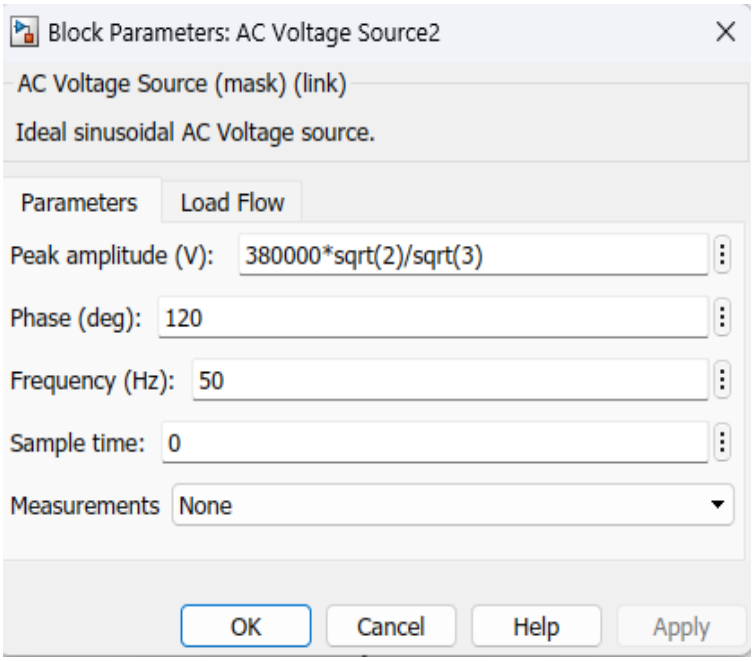
5.4.3. AA Gerilim Kaynakları Modeli

İletim sisteminin modellenmesi, gerilim kaynakları modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Modelleme sırasında 380 kV ve 154 kV'luk gerilim değerindeki kaynakları kullanılmıştır. Modellemede kullanılan gerilim kaynağı sembolü Şekil 5.10'da görülmektedir.



Şekil 5.10. AA gerilim kaynağı modeli

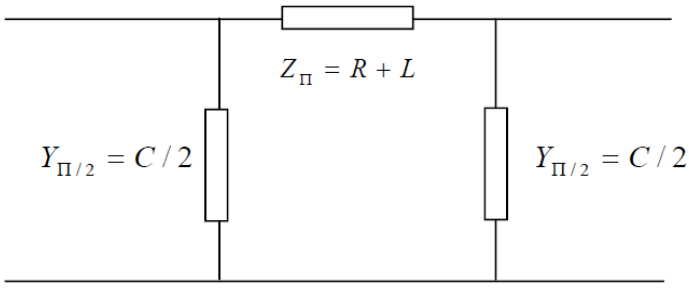
Frekans, tepe gerilimi ve faz açısı değerleri Şekil 5.11'de 380 kV AA gerilim kaynağının blok parameter diyagramında görülmektedir. Simulink programında faz açıları sırasıyla 0°, 120° ve 240° şeklinde kullanılmıştır. Faz sırası dikkate alınarak, modellenen sistemdeki diğer gerilim kaynakları değerleri belirlenmiştir.



Şekil 5.11. 380 kV'luk AA gerilim kaynağı parametreleri

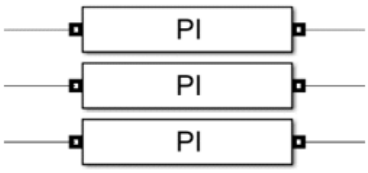
5.4.4. Hatların Modeli

Elektrik dağıtım şebekelerinde hem havai hat hem de yeraltı hatları tercih edilmektedir. Bir iletkeni gerilim düşümü, mekanik mukavemeti, güç kaybı, ısınma, iletken ağırlığı gibi kriterler dikkate alınarak seçilmektedir. Elektrik dağıtım sisteminde alçak gerilim ile çalışan yapılarda %5, yüksek gerilimin kullanıldığı yapılarda ise %7-%10 arasında olan gerilim düşümü, yük ve uzunlukla doğru orantılı olarak değişmektedir. Şekil 5.12'de enerji dağıtım şebekelerinde modellenen π (pi) eşdeğer devresi gösterilmektedir.



Şekil 5.12. Enerji dağıtım hattının π (pi) eşdeğer devresi

Sistem empedansı ile ona parallel yarım iki admitanstan oluşan pi eşdeğer devresi şekil 5.12'de görülmektedir. Burada, admitans (Y) kapasitans değerine eşitken, devre empedansı iletkenin reaktans ile direnç değerleri toplamına eşittir. Şebekedeki hatlar simulink araç kutusundaki Pi eşdeğer devresi blokları kullanılarak modellenmiştir. Şekil 5.13'te hatlar için alt sistem modeli gösterilmiştir.



Şekil 5.13. Enerji dağıtım hattı modeli

Modelleme planlanırken hat verileri, kablo katalog değerlerine göre hesaplanmış böylece yapılacak güç akışı analizinin gerçek değere yakın sonuçlar vermesi amaçlanmıştır. Tablo 5.5'te bu sistemde kullanılan iletkenlere ait kablo fiziksel ve elektriksel özellikleri gösterilmiştir.

Tablo 5.5. 20,8/36 kV XLPE izoleli iletken özellikleri

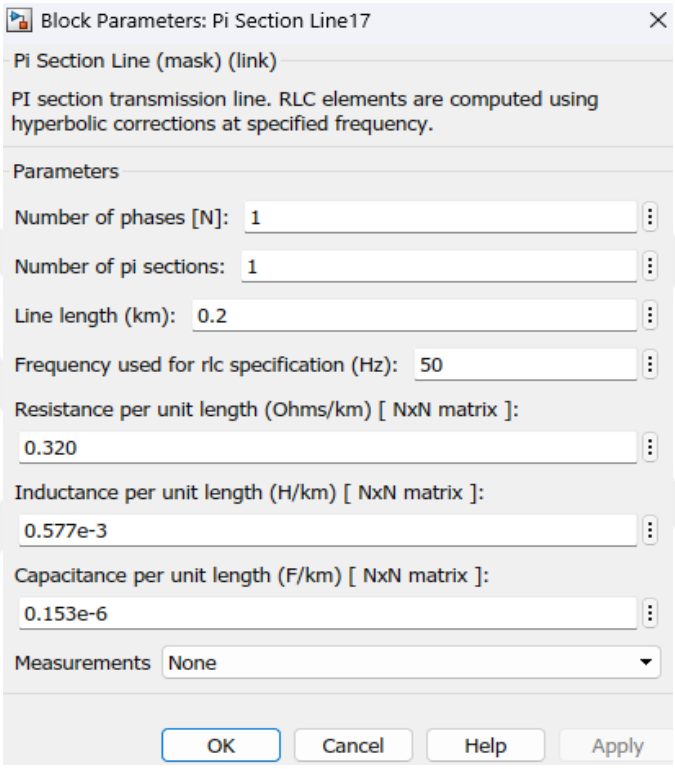
BOYUT VE AĞIRLIKLAR			ELEKTRİKLSEL ÖZELLİKLER						
Kesit	Dış Çap	Net Ağırlık	Sevk Uzunluğu	İletken DA 20°C Max	İletken DA 90°C Max	Çalışma İndüktansı	İşletme Kapasitesi	Akım Taşıma Kapasitesi (A)	
								Toprakta	Havada
(mm²)	(mm)	(kg/km)	(m)	(Ohm/Km)	(Ohm/Km)	(mH/Km)	(µF/Km)	(20°C)	(30°C)
1x25/16	33,5	1050	1000	1,2	1,536	0,683	0,105	X	X
1x35/16	34,5	1100	1000	0,868	1,111	0,657	0,115	X	X
1x50/16	36	1200	1000	0,641	0,8205	0,632	0,125	196	217
1x70/16	37,5	1350	1000	0,443	0,567	0,601	0,14	238	270
1x95/16	39,5	1500	1000	0,32	0,4096	0,577	0,153	284	328
1x120/16	41,5	1650	1000	0,253	0,38	0,558	0,165	322	378
1x150/25	43	1900	1000	0,206	0,2637	0,541	0,178	355	425
1x185/25	44,5	2050	1000	0,164	0,2099	0,525	0,191	400	485
1x240/25	47,5	2350	1000	0,125	0,16	0,506	0,209	461	572
1x300/25	49,5	2600	1000	0,1	0,128	0,49	0,226	516	649
1x400/35	53	3150	1000	0,0788	0,1009	0,471	0,252	572	737
1x500/35	56	3600	1000	0,0605	0,0774	0,456	0,274	638	835
1x630/35	60	4150	1000	0,0469	0,06	0,44	0,3	728	950

Enerji dağıtım hattına ait tek hat şemasından alınan gerçek blok parametre penceresi Şekil 5.14'de gösterilmiştir. π (pi) eşdeğer devresine ait blok diyagramda hattın uzunluğu ile kullanılan direnç, frekans, endüktans ve kapasitans bileşenleri gibi hat blok paramatre değerleri Tablo 5.6'da gösterilmektedir.

Tablo 5.6. Şebekenin gerçek hat paramatreleri

Hat Adı ve Numarası	Uzunluk (km)	İletken Kesiti	R (Ω /km)	L (mH/km)	C (µF/km)
KAVACIK TM - DM 6700 (HAT 1)	0,800	3(1x400/25 XLPE-AL)	0,0788	0,471	0,252
DM 6700 - DM 6093 (HAT 2)	2,289	3(1x400/25 XLPE-AL)	0,0788	0,471	0,252
DM 6093 - TR6196 (HAT 3)	0,206	3(1x95/25 XLPE-CU)	0,320	0,577	0,153
TR6196 - TR6143 (HAT 4)	0,200	3(1x95/25 XLPE-CU)	0,320	0,577	0,153
TR6143 - TR6145 (HAT 5)	0,020	3(1x95/25 XLPE-CU)	0,320	0,577	0,153
TR6145 - TR6093 (HAT 6)	0,956	3(1x95/25 XLPE-CU)	0,320	0,577	0,153
TR6093 - TR6221 (HAT 7)	1,120	3(1x95/25 XLPE-CU)	0,320	0,577	0,153
TR6221 - TR6191 (HAT 8)	0,500	3(1x95/25 XLPE-CU)	0,320	0,577	0,153
TR6191 - TR6189 (HAT 9)	0,866	3(1x150/25 XLPE-CU)	0,206	0,541	0,178
TR6189 - TR6207 (HAT 10)	0,440	3(1x150/25 XLPE-CU)	0,206	0,541	0,178
TR6207 - DM6572 (HAT 11)	1,490	3(1x240/25 XLPE-AL)	0,125	0,530	0,210
DM6572 - DM6529 (HAT 12)	2,410	3(1x240/25 XLPE-CU)	0,125	0,506	0,209
DM6529 - ÜMRANİYE TM (HAT 13)	7,360	3(1x240/25 XLPE-CU)	0,125	0,506	0,209

Şekil 5.14'te Kartal-Ümraniye enerji dağıtım hattına ait parametre değerleri, penceredeki alana birimiyle birlikte girilmiştir. Simulasyon çalışmasına parametre değerleri her bir faz için ayrı ayrı girilmiştir. Enerji iletim hattının uzunluğu, iletken kesiti, kilometre başına direnç, endüktans ve kapasitans değerleri TEİAŞ raporlarından alınmıştır.



Şekil 5.14. Enerji dağıtım hattı blok parametreleri

5.4.5. Trafoların Modeli

Trafo, aynı güçte bir gerilim değerini başka bir gerilim değerine dönüştürebilen elektrik makinalarına denmektedir. Primer giriş ucu olarak, sekonder ise çıkış ucu olarak adlandırılmakta, üç fazlı ve bir fazlı olarak üretilmektedirler. Yıldız, üçgen ve zigzag bağlantı vb. şekilleri ile kullanım yerlerine göre bağlanırlar. Bu çalışmada transformatörler yıldız-yıldız, yıldız-üçgen ve üçgen-yıldız bağlı olarak seçilmiştir.

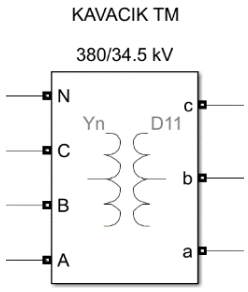
Trafoların test raporlarından boşta çalışma kayıpları, kısa devreden kaynaklı kayıpları, boş çalışma akımı ve bağıl kısa devre gerilimi gibi veriler alınmış olup bu veriler

ışığında hesaplanan R_1, L_1, R_2, L_2, R_m, ve L_m, değerleri Tablo 5.7'de gösterilmiştir.

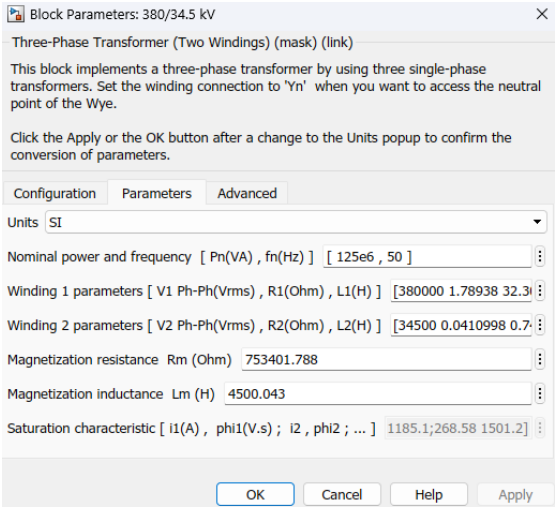
Tablo 5.7. Şebekenin trafo blok paramatre değerleri

Güç (kVA)	Bağlantı Gr.	Gerilim (kV)	R_1 (Ω)	L_1 (H)	R_2 (Ω)	L_2 (mH)	R_m (MΩ)	L_m (kH)
125000	YNd	380/34,5	1,78938	0,0323	0,0411	0,742	0,7534	4500
1600	DYn11	34,5/0,4	7,4056	0,1852	0,0004	0,074	2,06678	3412,1
1600	DYn11	34,5/0,4	7,4056	0,1852	0,0004	0,074	2,06678	3412,1
1600	DYn11	34,5/0,4	7,4056	0,1852	0,0004	0,074	2,06678	3412,1
1600	DYn11	34,5/0,4	7,4056	0,1852	0,0004	0,074	2,06678	3412,1
1600	DYn11	34,5/0,4	7,4056	0,1852	0,0004	0,074	2,06678	3412,1
1000	DYn11	34,5/0,4	14,4042	0,2912	0,0007	0,014	2,4075	6,4887
1000	DYn11	34,5/0,4	14,4042	0,2912	0,0007	0,014	2,4075	6,4887
1000	DYn11	34,5/0,4	14,4042	0,2912	0,0007	0,014	2,4075	6,4887
125000	YNYn0	154/34,5	0,68685	0,0713	0,0357	3,576	0,7534	4500,1

Bu çalışma kapsamında Kavacık Trafo Merkezinde bulunan 125 MVA gücünde ve 380/34,5 kV gerilimindeki yıldız-üçgen bağlı trafonun modeli Şekil 5.15'te verilmiştir. Bu trafoya ait değerlerin blok parametreleri Şekil 5.16'da görülmektedir.



Şekil 5.15. Kavacık TM modeli



Şekil 5.16. Kavacık TM blok parametreleri

5.4.6. Kesici Modeli

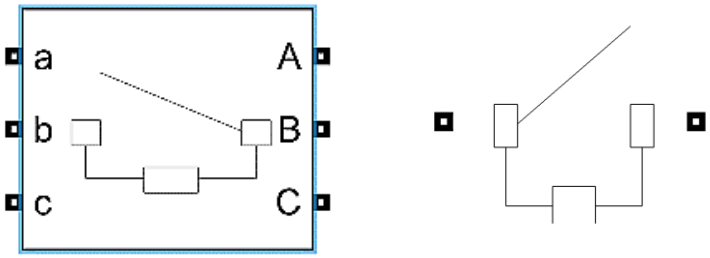
Yük akımlarını ve kısa devre akımlarını kesmeye yarayan cihazlara kesici denmektedir. Transformatörlerde herhangi bir zaman diliminde çeşitli sebeplerden dolayı arızalar oluşmaktadır. Arızalanan şebeke elemanının en kısa sürede gerilimden arındırılması gerekir. Kesicilere açma kumandası, arıza durumunda röleler tarafından tespit edildikten sonra verilir. Bunun için sistemde kesiciler önemli bir role sahiptir.

Bu çalışma kapsamında kullanılan kesicilerin blok parametreleri Tablo 5.8'de yer almaktadır. Kesici test raporlarından alınan veriler hesaba katılarak tablo oluşturulmuştur.

Tablo 5.8. Şebeke kesici blok parametreleri

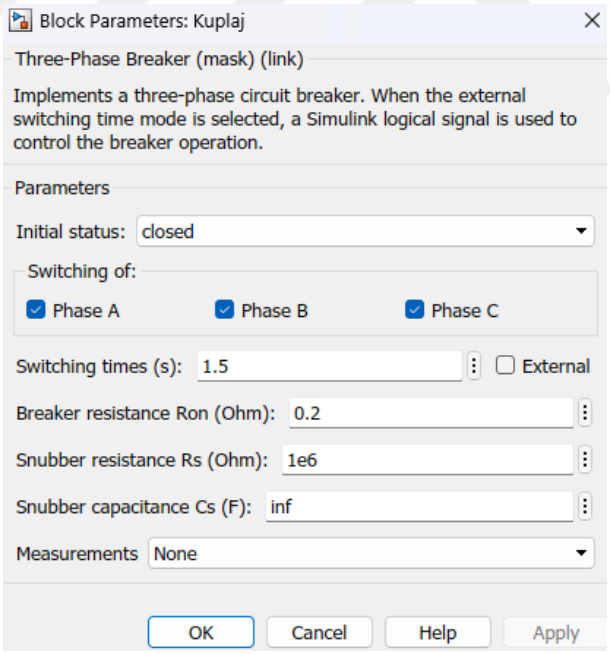
Kabin Adı	Fider İsmi	Ron (m Ω)	R_s (M Ω)	Cs (F)
DM 6700	Hat Başı 1	0,181	1	Inf
DM 6093	Hat Başı 2	0,181	1	Inf
TR 6196	EAHŞİ 1	0,177	1	Inf
TR 6143	EAHŞİ 2-3	0,193	1	Inf
	EAHŞİ 4	0,168	1	Inf
TR 6145	EAHŞİ 5	0,177	1	Inf
TR 6093	EAHŞİ 6-7	0,193	1	Inf
	EAHŞİ 8	0,168	1	Inf
NT	Kuplaj	0,2	1	Inf
TR 6221	EAHŞİ 9	0,168	1	Inf
	EAHŞİ 10-11	0,193	1	Inf
TR 6191	EAHŞİ 12	0,177	1	Inf
TR 6189	EAHŞİ 13	0,177	1	Inf
TR 6207	EAHŞİ 14	0,168	1	Inf
	EAHŞİ 15-16	0,193	1	Inf
DM 6572	Hat Başı 3	0,181	1	Inf
DM 6529	Hat Başı 4	0,181	1	Inf

Şekil 5.17'de Simulink araç kutusundaki bir ve üç fazlı kesici modelleri görülmektedir.



Şekil 5.17. a) Üç Fazlı Kesici Modeli, b) Bir Fazlı Kesici Modeli

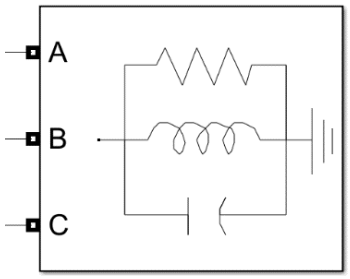
Bu çalışmada kullanılan bir kesicinin blok parametre penceresi Şekil 5.18'de görülmektedir. Araç kutusundaki zaman tanımlaması, kesicinin herhangi bir zamanda kontaklarının konum değiştirmesi istendiğinde yapılmasına olanak sağlar.



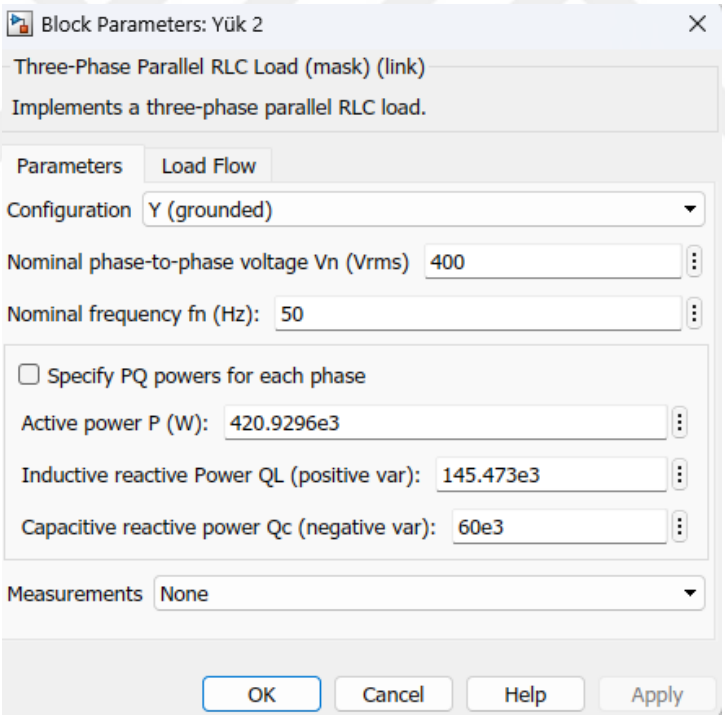
Şekil 5.18. Kesici blok parametreleri araç kutusu

5.4.7. Yüklerin Modeli

Bu çalışmada, üç fazlı paralel RLC yükü üç fazlı sistemde çalışıldığı için kullanılmış olup olması muhtemel karmaşık problemler çözülerek, modelleme daha basit hale getirilmiştir. Şekil 5.19'da 3 fazlı paralel RLC yükü gösterilirken, Şekil 5.20'de ise bu RLC yükün blok parametre penceresi görülmektedir.



Şekil 5.19. Üç fazlı paralel RLC yük modeli



Şekil 5.20. Yük blok parametre araç kutusu

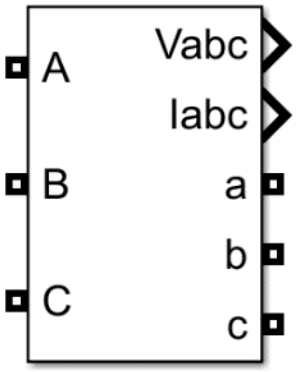
Tablo 5.9'da bu çalışma kapsamında modellenen şebekenin yük verileri gösterilmiştir. Bu tabloda, kabinlerdeki trafoların AG ana kol güçleri ile kabinlerin YG baralarından alınan radial besleme çıkışları yer almaktadır.

Tablo 5.9. Şebeke yük blok parametre verileri

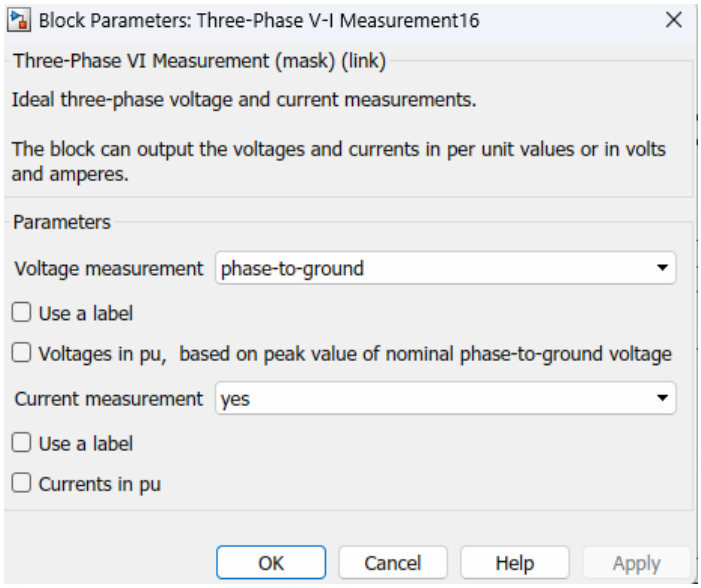
Yük Adı	Gerilimi (kV)	Trafosu	P (kW)	Q (kVAR)	QL (kVAR)	QC (kVAR)
YÜK-1	0,4	TR 6196	125,126	25,407	50,407	25
YÜK-2	0,4	TR 6143	420,929	85,473	145,473	60
YÜK-3	0,4	TR 6145	210,582	42,76	142,76	100
YÜK-4	0,4	TR 6093	556,169	112,935	312,935	200
YÜK-5	0,4	TR 6221	925,433	187,917	487,917	300
YÜK-6	0,4	TR 6191	410,482	83,352	153,352	70
YÜK-7	0,4	TR 6189	73,696	14,964	44,964	30
YÜK-8	0,4	TR 6207	148,568	30,168	40,168	10

5.4.8. Ölçüm Blokları Modeli

Ölçüm blokları, modellemesi yapılmış sisteme ait analizlerin görsel ve cebirsel olarak sonuçların elde edilmesine imkan tanıyan araçlardandır. Elektriksel büyüklüklerden güç, akım, gerilim gibi değerleri ölçebilen birçok araç bulunmaktadır. Ayrıca ölçülmek istenen elektriksel büyüklüklerin THD, tepe değeri, RMS, gibi parametreleri ölçen ve gösteren çeşitli bloklarda bulunmaktadır. Trafoların ana giriş ölçü bloklarından yalnızca akım ve gerilim bilgilerine gerekli olduğundan alt sistem modeli belirtilmeden tüm noktalarda doğrudan Şekil 5.21'deki ölçüm blokları modelleri yerleştirilmiştir. Şekil 5.22'de ise bu ölçüm bloklarına ait değerlerin değiştirilebildiği parametre diyagramı görülmektedir.

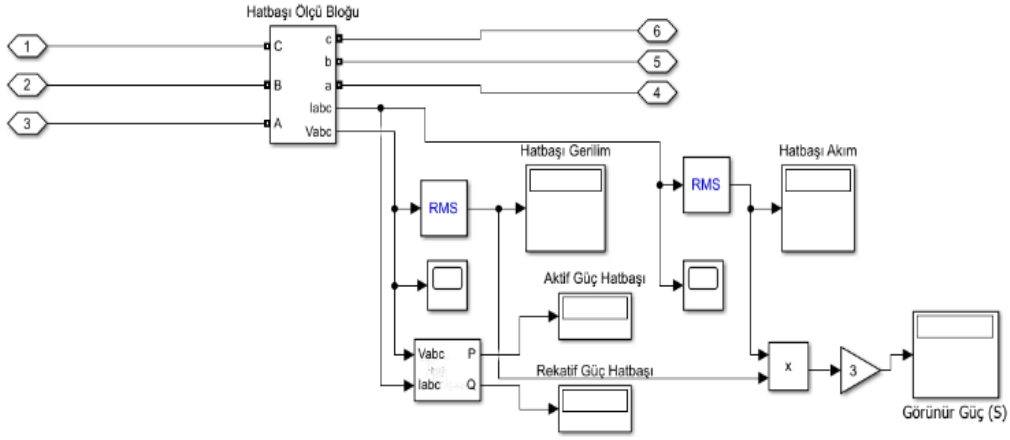


Şekil 5.21. Üç fazlı ölçüm bloğu modeli



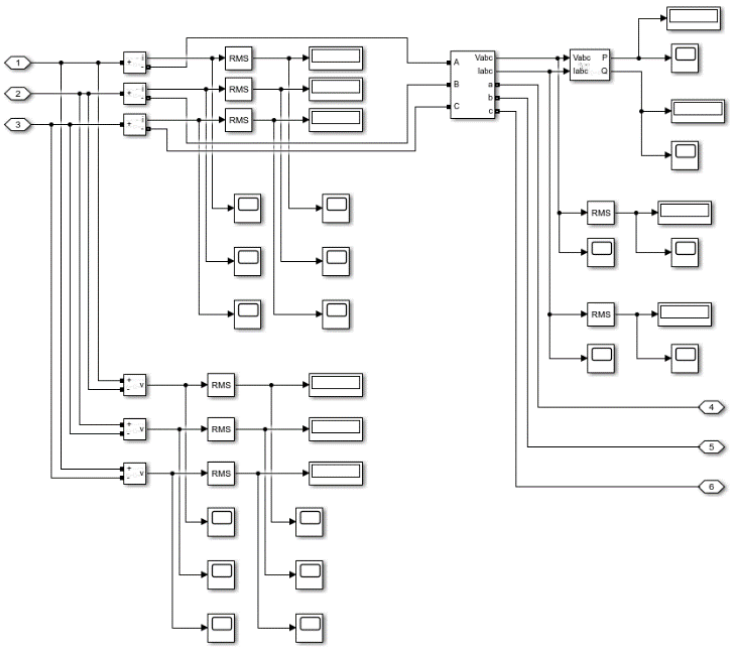
Şekil 5.22. Üç fazlı ölçüm bloğu parametre araç kutusu

Analizlerde ihtiyaç duyulan her türlü verinin ölçümü, ölçüm bloğunun alt sistem modellemesinde gerçekleştirilmektedir. Trafo merkezi ana çıkışındaki ölçümler için trafo merkezi modellemesinde alt sistem modelli hat başı ölçüm blokları yer almaktadır. Scope ve display ekranı vasıtalarıyla buradaki ölçüm sonuçları gözlemlenmektedir. Şekil 5.23'te ölçüm bloğunun alt sistem modeli gösterilmiştir.



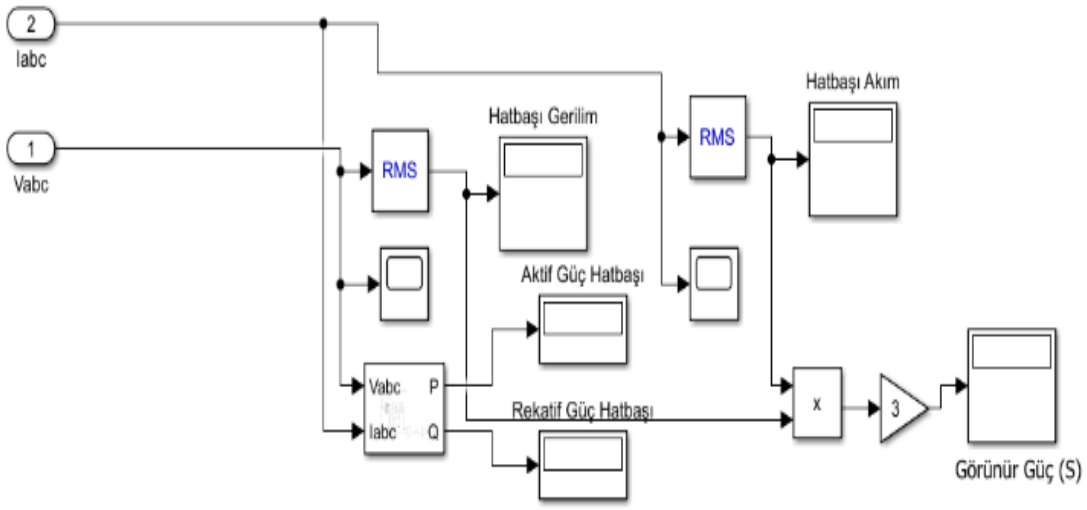
Şekil 5.23. Hat başı ölçüm bloğu alt sistem modeli

Dağıtım merkezlerinden sonra fider çıkışlarındaki her bir trafonun girişinden şarj istayonlarının oluşturduğu değişimi gözlemleyebilmek için oluşturulan alt sistem ölçüm blokları Şekil 5.24'de görülmektedir.



Şekil 5.24. Trafo girişi ölçü blokları alt sistem modeli

Şarj istasyonlarının bağlı olduğu fiderlerdeki trafoların çıkışındaki kesici konumlarına bağlı olarak yük değişimlerinin oluşturduğu anlık değerleri gözlemlemek için bağlanan trafo çıkış ölçüm blokları Şekil 5.25'te gösterilmektedir.



Şekil 5.25. Trafo çıkış ölçüm blokları

5.4.9. Grafiksel Kullanıcı Ara Yüzü (Powergui)Modeli

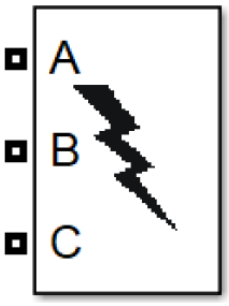
Grafiksel kullanıcı ara yüzü sembolü Şekil 5.26'da verilmiştir. Güç simülasyonun olduğu her simulink modelinde Powergui bloğu bulunmak zorundadır. Sistemin durum boşluk denklemlerini belirten bloklar, eşdeğer simulink devrelerini saklamak için kullanılmaktadır. Powergui bloğunu, en mükemmel performansı almak için diyagramın üst kısmına yerleştirilir. Her bir çalışma için en fazla bir blok kullanılması gerekir.



Şekil 5.26. Powergui blok şeması

5.4.10. Hata Bloğu Modeli

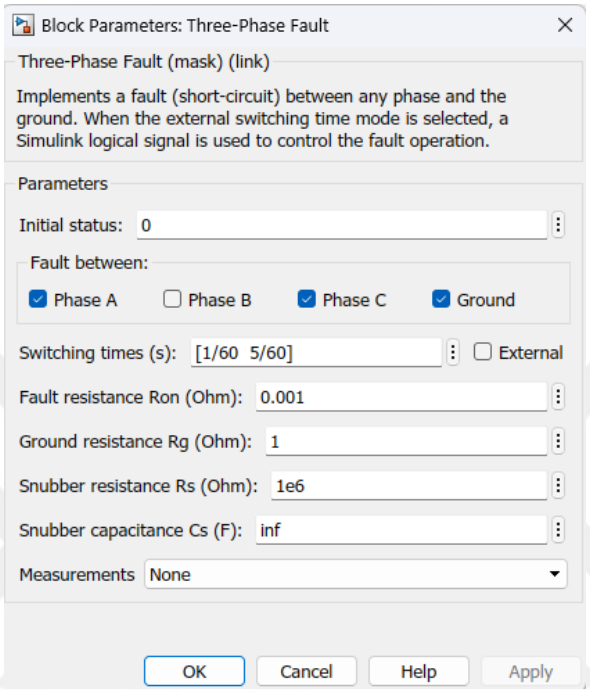
Şebekelerde birçok nedenden dolayı oluşan kısa devreler, hem mal ve can kayıplarına neden olurlar hem de enerji kayıpları oluştururlar. Şebekenin planlanması sırasında tüm çeşitlilikleriyle analizi yapılarak, böylesine ciddi bir olayın her çeşit faktörü dikkate alınır. Şebekenin bakım onarımı işlemlerinde ve çalıştırılması aşamalarında, şebekeye ait reel verileri kullanarak kısa devre analizlerinin gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir. Üç fazlı hata bloğu MATLAB/Simulink yazılımında kısa devre analizlerinin yapılabilmesi yeterlidir. Şekil 5.27'de blok diyagramı görülmektedir.



Şekil 5.27. Hata blok diyagramı

Bu blok, toprak veya faz arıza çeşitlerinin ayrıntılı analizine imkan vermektedir. Hata blok diyagramı parametre ekranı Şekil 5.28'de gösterilmiştir. Bu parametre ekranında,

toprak direnci ve arıza noktasının direnci gibi değerlere giriş yapılabilmektedir. Bunun yanında toprak ve faz arasında literatürde var olan tüm arıza çeşitleri de seçilebilmektedir. Arıza analizin hangi anda başlaması ve bitmesi gibi zaman ayarlamaları anahtarlama zamanı kısmından yapılabilmekte, ayırca arızanın başlaması ve bitirilmesi de dışarıdan bir lojik etki ile sağlanabilmektedir.

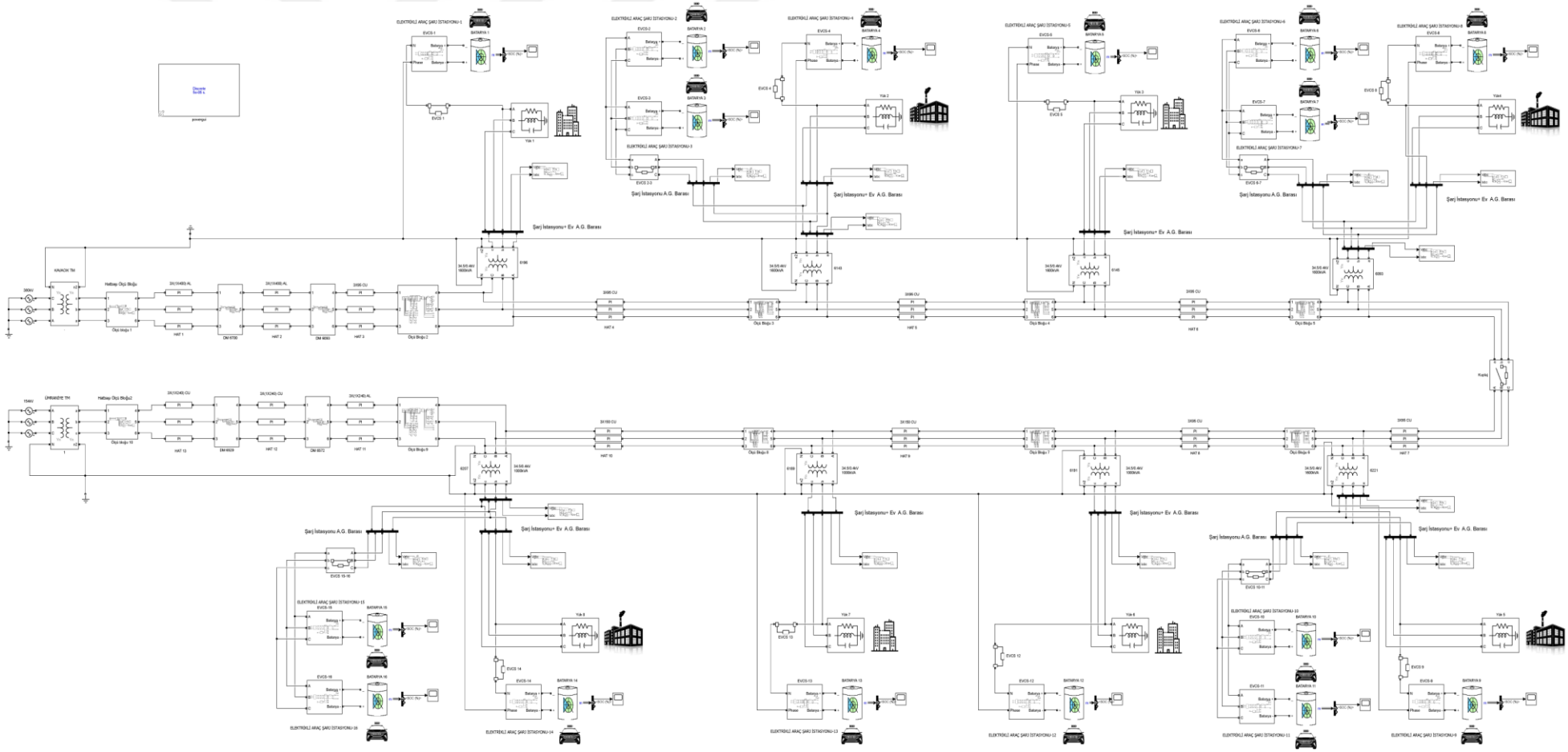


Şekil 5.28. Hata bloğu parametre araç kutusu

5.5. Şebeke Modeli

MATLAB/Simulink programı analizlerin ayrıntılı bir şekilde yapılarak gerçek verilere en yakın değerlerin alınması amaçlanmıştır. Gerçek veriler ile çalışmak, şebekenin ilk yatırım giderlerinden en uygun çalışma koşullarının oluşturulmasına kadar birçok evrede değerli bir girdi olarak düşünülmektedir. Bu çalışmada da analizler tüm sistem elemanlarının sahadaki verileri ile gerçekleştirilmiştir.

Bir dağıtım şebekesinin güç kalitesini veya diğer herhangi bir parametresini incelemek için dağıtım fideri uygun bir simülasyon ortamında modellenmelidir. Bu çalışmada kaynak değerleri, trafo değerleri, şarj istasyonu değerleri, hat değerleri ve yük verileri gibi dağıtım sistemindeki tüm parametreler Matlab/Simulink programı aracılığıyla modellenmiştir. Şekil 5.29'da Kavacık-Ümraniye trafo merkezleri arasında seçilmiş olan dağıtım şebekesi modellenin ana şeması görülmektedir.



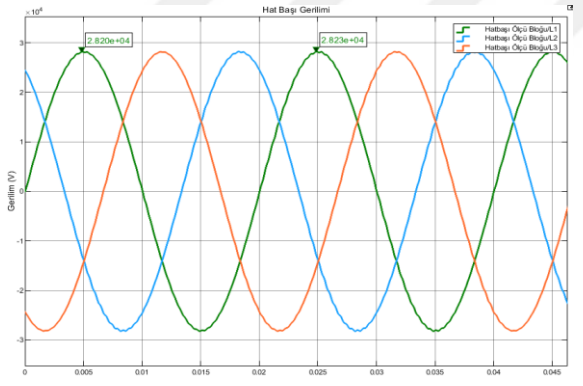
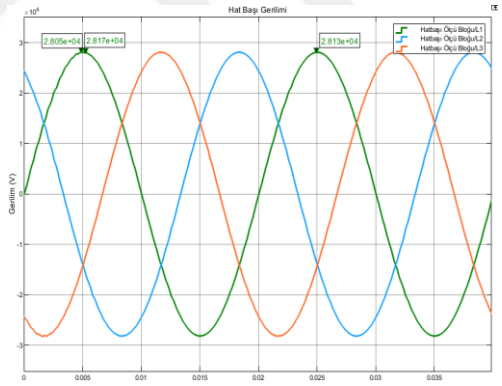
Şekil 5.29. Dağıtım şebekesinin ana MATLAB/Simulink modeli şeması

6. UYGULAMA

Pilot bölgenin elektrik dağıtım şebekesi MATLAB/Simulink yazılımı ile sahadaki verilerden yararlanılarak çalışılmıştır Şebekeye ait veriler öncelikle şarj istasyonlarının dağıtım şebekesine etkileri için kullanılmış ve böylece seçilen herbir trafo merkezindeki akım ve gerilim değerleri, güç kaybı, anma güçler, harmonik bozulma gibi bilgiler sağlanmıştır. Ardından şarj istasyonlarının devrede olduğu ve olmadığı zaman ki grafikler analiz edilmiştir. Elde edilen bu analizler dikkate alınarak yönetmelik göre hatlardaki gerilim düşümleri ile trafo merkezlerindeki yük yoğunlukları gözlemlenmiştir.

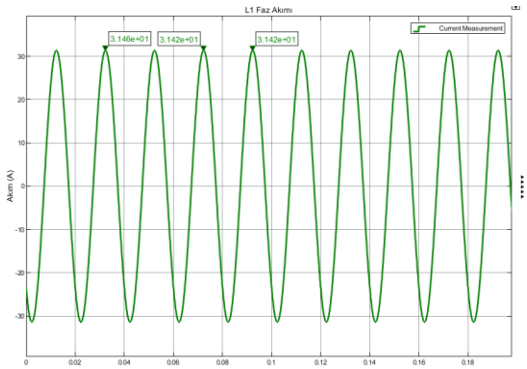
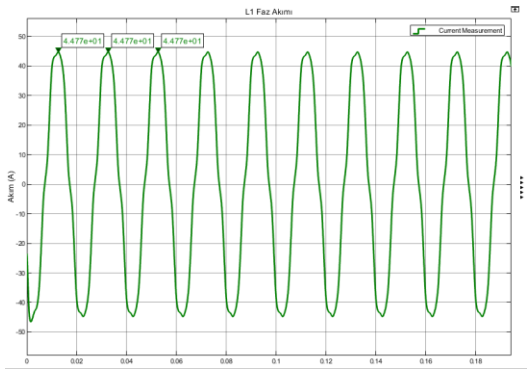
6.1. Kavacık Hattı Üzerindeki Elektriksel Analizi

Kavacık hattı üzerinde bağlı bulunan bir ve üç fazlı EAHŞİ aktif olduğu ve olmadığı durumlarda trafo noktalarındaki RMS gerilim, akım, aktif gücü, reaktif gücü, harmonik değerleri ve grafikleri incelenerek yorumlanmıştır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

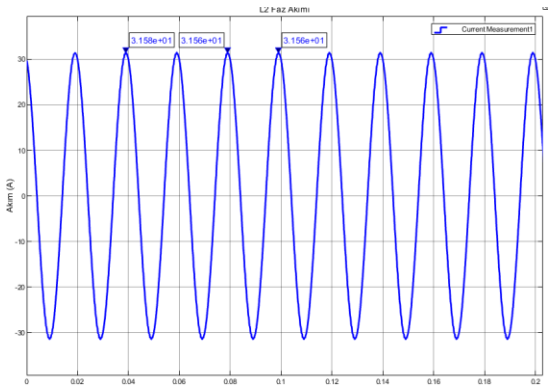
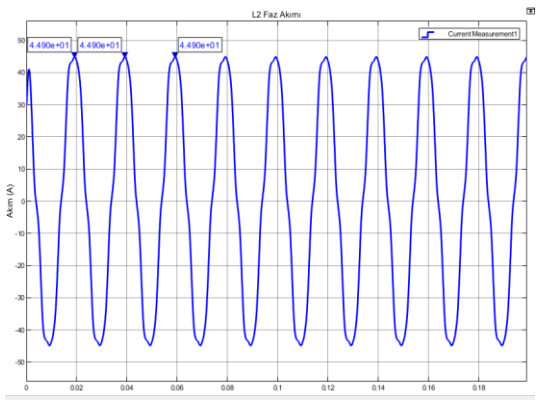
Şekil 6.1. Kavacık hat başı gerilimleri

Şekil 6.1'de görüldüğü üzere hat başı faz gerilimleri değerleri RMS olarak 28,2 kV iken şarj istasyonları çalıştığı zaman diliminde 28 kV değerine kadar düşüş gözlenmiştir. Ancak bu %0,71'lik gerilim düşümü oranı elektrik kuvvetli akım tesisleri yönetmeliğinin yüksek gerilim dağıtım şebekelerindeki sınır değeri olan %7 değerini aşmamaktadır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

Şekil 6.2. Kavacık hat başı L_1 faz akımı

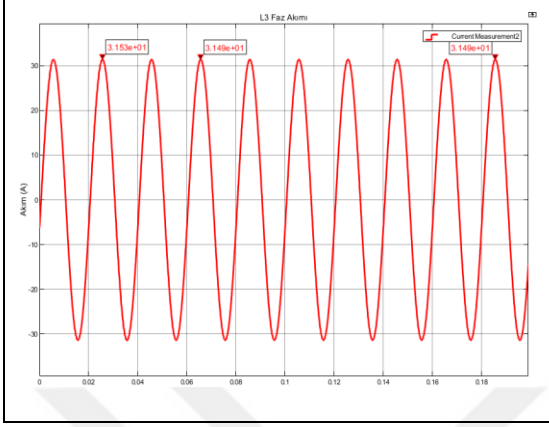
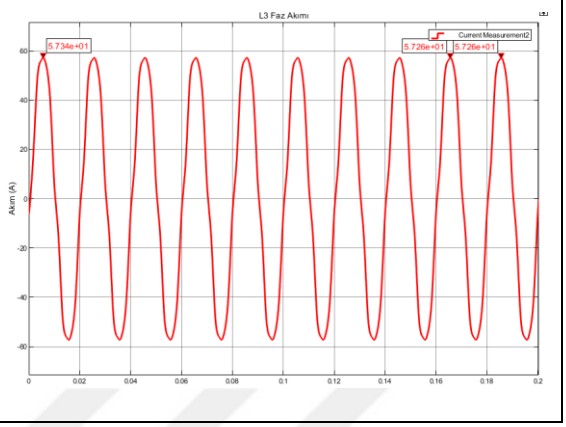
Şekil 6.2'de görüldüğü üzere EAHŞİ bağlı olmadığı anda L_1 faz akımı 31,45 A olan akım değeri EAHŞİ bağlandıktan sonra 44,77 A değerine çıkmış olup yaklaşık 1,5 kat artmıştır. Bu artış dengesiz yüklenmeye sebep olur. Ayrıca şekil açısından bakıldığında akımın sinüs eğrisinde bozulmalar tespit edilmiştir. Bu istenmeyen durum olup yüklerin çalışmasında olumsuzluklar oluşturacaktır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

Şekil 6.3. Kavacık hat başı L_2 faz akımı

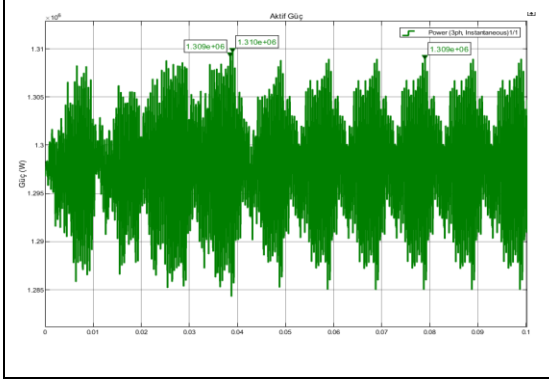
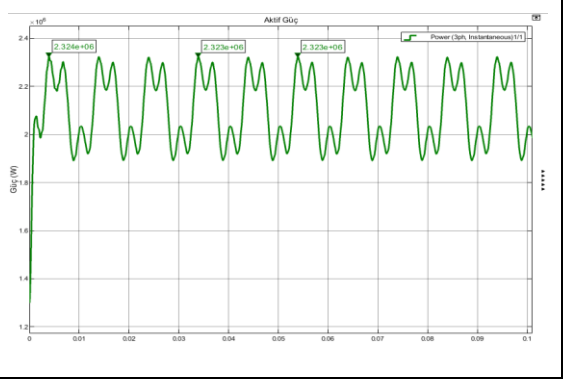
Şekil 6.3'te görüldüğü üzere EAHŞİ bağlı olmadığı anda L_2 faz akımı 31,56 A olan akım değeri EAHŞİ bağlandıktan sonra 44,9 A değerine çıkmış olup yaklaşık 1,4 kat artmıştır. Bu artış dengesiz yüklenmeye sebep olur. Ayrıca şekil açısından bakıldığında

akımın sinüs eğrisinde bozulmalar tespit edilmiştir. Bu istenmeyen durum olup yüklerin çalışmasında olumsuzluklar oluşturacaktır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

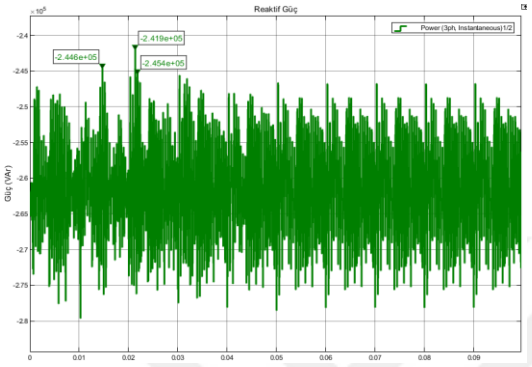
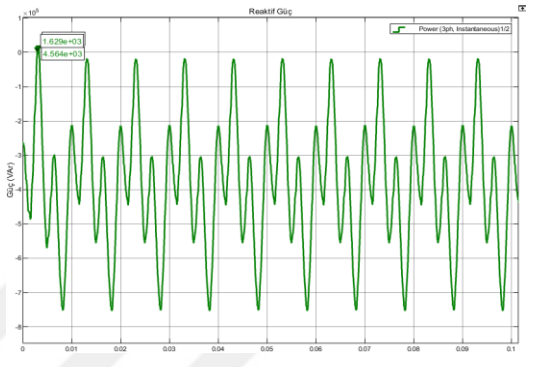
Şekil 6.4. Kavacık hat başı L_3 faz akımı

Şekil 6.4'te görüldüğü üzere EAHŞİ bağlı olmadığı anda L_3 faz akımı 31,49 A olan akım değeri EAHŞİ bağlandıktan sonra 57,34 A değerine çıkmllış olup yaklaşık 1,8 kat artmıştır. Bu artış dengesiz yüklenmeye sebep olur. Ayrıca şekil açısından bakıldığında akımın sinüs eğrisinde bozulmalar tespit edilmiştir. Bu istenmeyen durum olup yüklerin çalışmasında olumsuzluklar oluşturacaktır. L_1 , L_2 , L_3 hatlarındaki akımların farklı oluşu hat üzerinde 1 fazlı ve 3 fazlı EAHŞİ bağlı oluşudur. Bu durum hatlarda dengesiz yüklenme nedeniyle akım farklılığına neden olmuştur.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

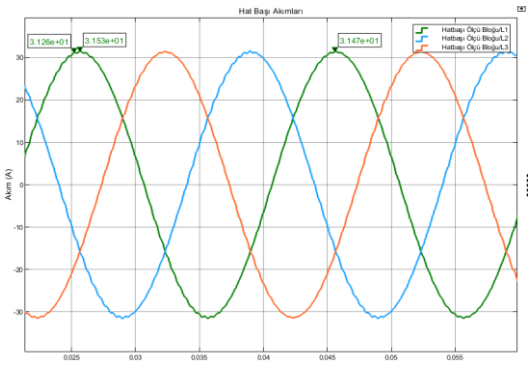
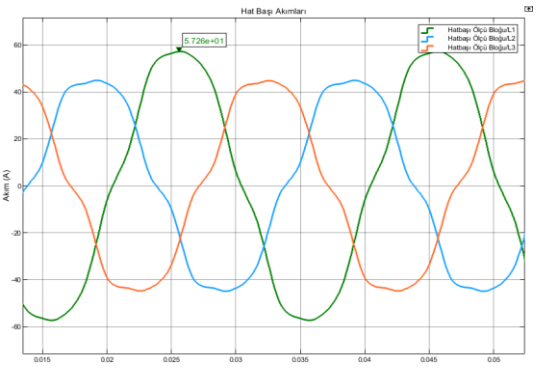
Şekil 6.5. Kavacık hat başı aktif gücü

Şekil 6.5'de görüldüğü üzere normal şebekeden çekilen aktif güç değeri 1,3 MW iken EAHŞİ bağlandıktan sonra 2,32 MW değerine çıkmaktadır. Bu durumda yaklaşık 1,8 kat fazla aktif güç çekildiği için şebekeye bağlı bulunan elemanların değerlerinde değişimi söz konusu olmaktadır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

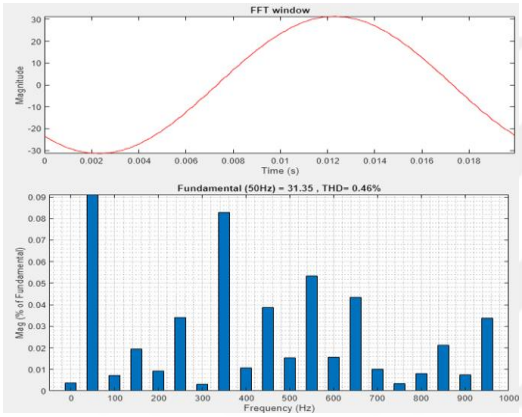
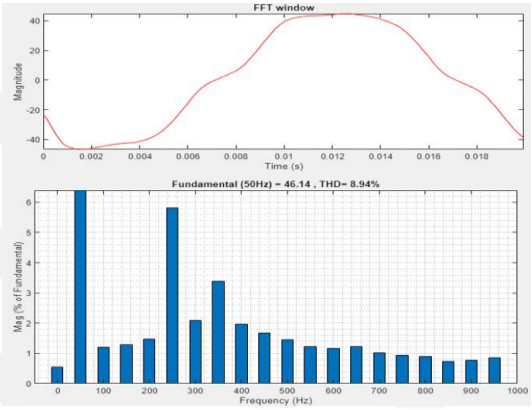
Şekil 6.6. Kavacık hat başı reaktif gücü

Şekil 6.6'da görüldüğü üzere normal şebekeden çekilen reaktif güç değeri 245 kVAr iken EAHŞİ bağlandıktan sonra 456 kVAr değerine çıkmaktadır. Bu durumda yaklaşık 1,86 kat fazla reaktif güç çekildiği için şebekeye bağlı bulunan elemanların değerlerinin değişimi söz konusu olmaktadır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

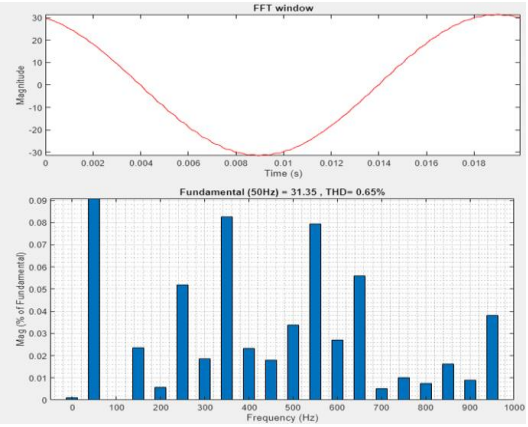
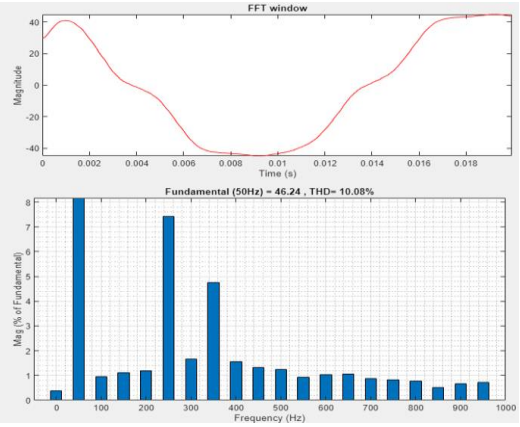
Şekil 6.7. Kavacık hat başı akımları

Şekil 6.7'deki hat başı akımları incelendiğinde şarj istasyonları çalıştığı sırada sinüs eğrilerinde belirgin bozulmalar görülmektedir. Ayrıca L_1 fazı bir fazlı şarj istasyonlarının getirmiş olduğu ek yükten dolayı 31,47 A olan değeri 57,26 A değerine çıkararak değeri yaklaşık 1,82 kat artmıştır. Bu artış dengesiz yüklenmeye sebep olmakla beraber yüklerin çalışmasında olumsuzluklar oluşturacaktır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

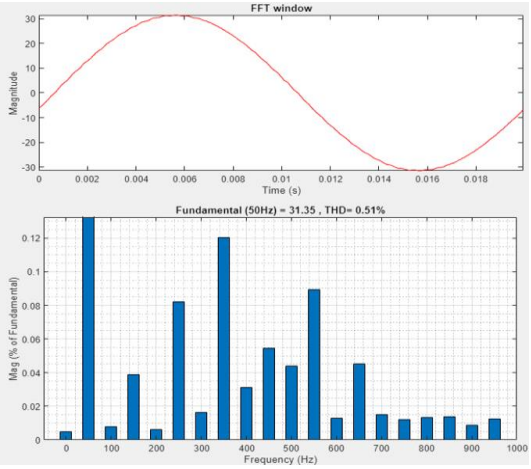
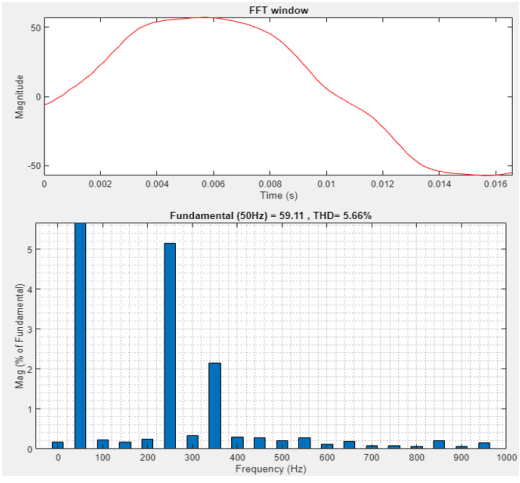
Şekil 6.8. Kavacık hat başı L_1 THD değeri

Şekil 6.8'de görüldüğü üzere şarj istasyonları çalıştığı zaman hat başı L_1 fazının toplam harmonik bozulma değerinin % 0,46 değerinden % 8,94 değerine yükselmektedir. Bu değer, Tablo 3.1 'de gösterilen IEEE 519-2014 standartına göre gerilim bozulma sınır değerinin çok üzerindedir. Ayrıca şekildeki sinüs eğrisindeki bozulmalar net bir şekilde görülmektedir. Harmoniklerin oluşturacağı aşırı gerilim ve aşırı akımdan dolayı tesiste bulunan elemanlar zarar görecek ve güç kalitesinde bozulmalar meydana getirecektir.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

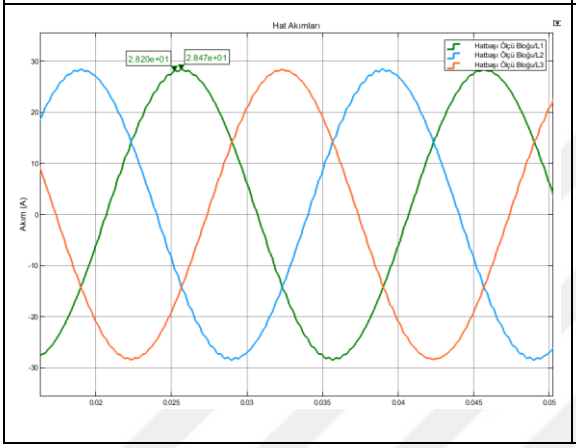
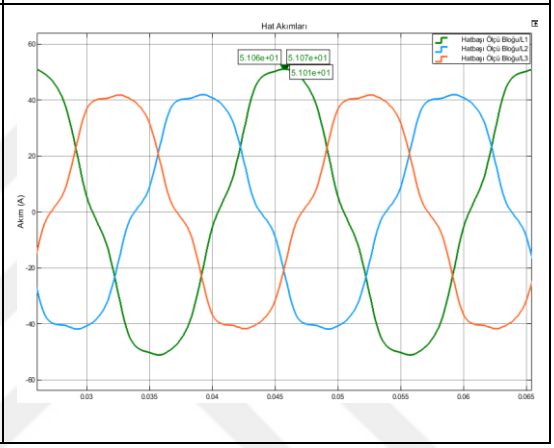
Şekil 6.9. Kavacık hat başı L_2 THD değeri

Şekil 6.9'da görüldüğü üzere şarj istasyonları çalıştığı zaman hat başı L_2 fazının toplam harmonik bozulma değerinin % 0,65 değerinden % 10,08 değerine yükselmektedir. Bu değer, Tablo 3.1'de gösterilen IEEE 519-2014 standartına göre gerilim bozulma sınır değerinin çok üzerindedir. Ayrıca şekildeki sinüs eğrisindeki bozulmalar net bir şekilde görülmektedir. Harmoniklerin oluşturacağı aşırı gerilim ve aşırı akımdan dolayı tesiste bulunan elemanlar zarar görecek ve güç kalitesinde bozulmalar meydana getirecektir.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

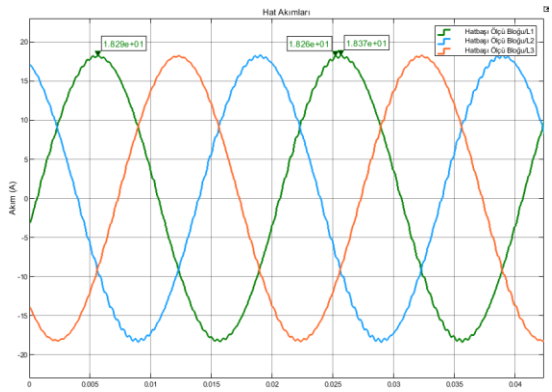
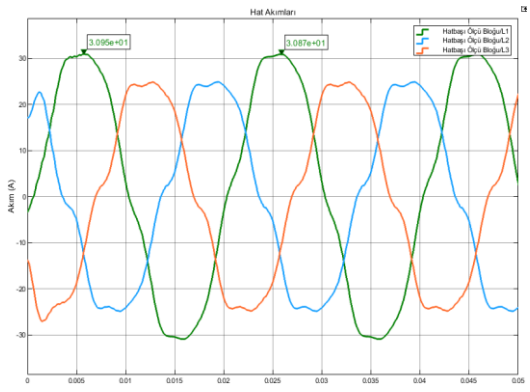
Şekil 6.10. Kavacık hat başı L_3 THD değeri

Şekil 6.10'da görüldüğü üzere şarj istasyonları çalıştığı zaman hat başı L_3 fazının toplam harmonik bozulma değerinin % 0,51 değerinden % 5,66 değerine yükselmektedir. Bu değer, Tablo 3.1 'de gösterilen IEEE 519-2014 standartına göre gerilim bozulma sınır değerinin çok üzerindedir. Ayrıca şekildeki sinüs eğrisindeki bozulmalar net bir şekilde görülmektedir. Harmoniklerin oluşturacağı aşırı gerilim ve aşırı akımdan dolayı tesiste bulunan elemanlar zarar görecek ve güç kalitesinde bozulmalar meydana getirecektir.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

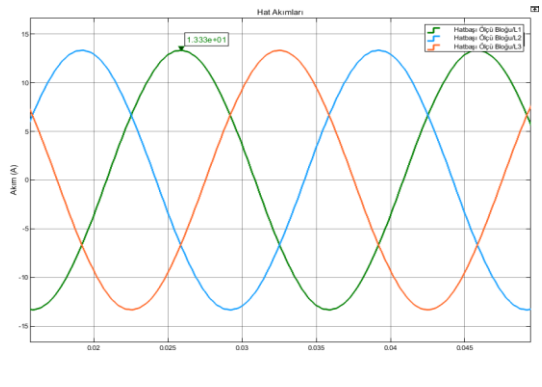
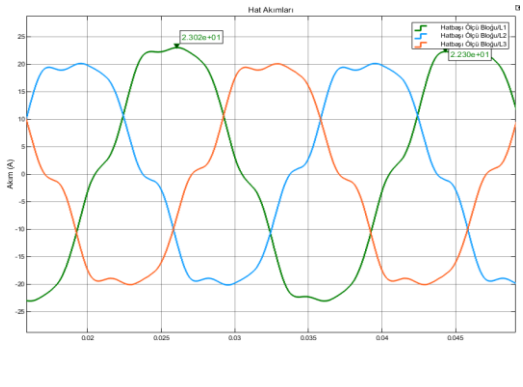
Şekil 6.11. Kavacık hattı 6143 nolu trafo noktasındaki akım değerleri

Şekil 6.11 incelendiğinde şarj istasyonları çalıştığı sırada tüm faz akımlarında harmoniklerin oluşturmuş olduğu sinüs eğrilerinde belirgin bozulmalar görülmektedir. Ayrıca L_1 fazı bir fazlı şarj istasyonlarının getirmiş olduğu ek yükten dolayı 28,47 A olan değeri 51,07 A değerine çıkarak değeri yaklaşık 1,8 kat artmıştır. Diğer faz akımlarında da artışlar gözlemlenmiştir. Bu artış dengesiz yüklenmeye sebep olmakla beraber şebekede çalışan cihazların olumsuzluklar meydana getirecektir.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

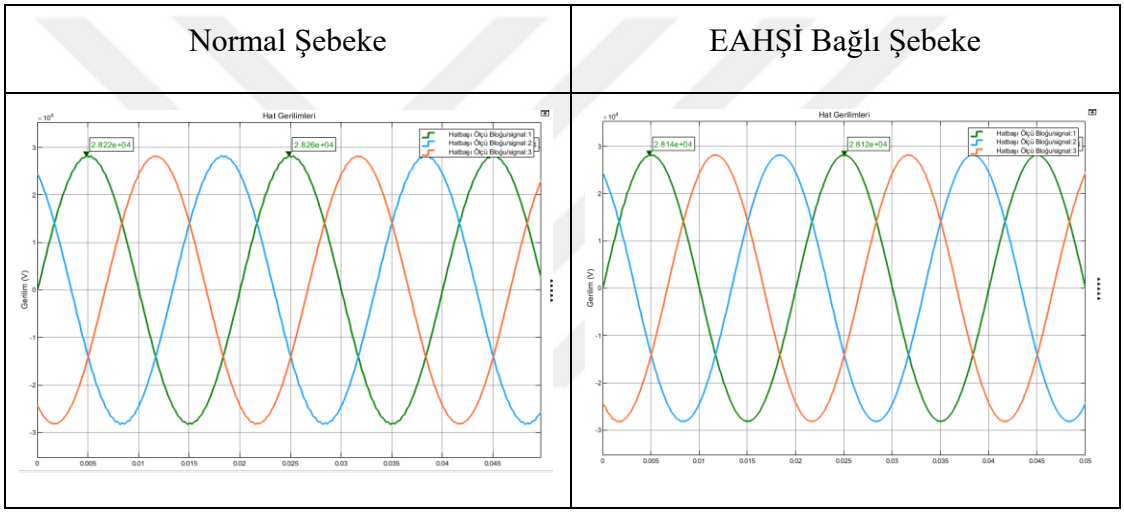
Şekil 6.12. Kavacık hattı 6145 nolu trafo noktasındaki akım değerleri

Şekil 6.12 incelendiğinde şarj istasyonları çalıştığı sırada tüm faz akımlarında harmoniklerin oluşturmuş olduğu sinüs eğrilerinde belirgin bozulmalar görülmektedir. Ayrıca L_1 fazı bir fazlı şarj istasyonlarının getirmiş olduğu ek yükten dolayı 18,26 A olan değeri 30,95 A değerine çıkarak değeri yaklaşık 1,7 kat artmıştır. Diğer faz akımlarında da artışlar gözlemlenmiştir. Bu artış dengesiz yüklenmeye sebep olmakla beraber şebekede çalışan cihazların olumsuzluklar meydana getirecektir.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

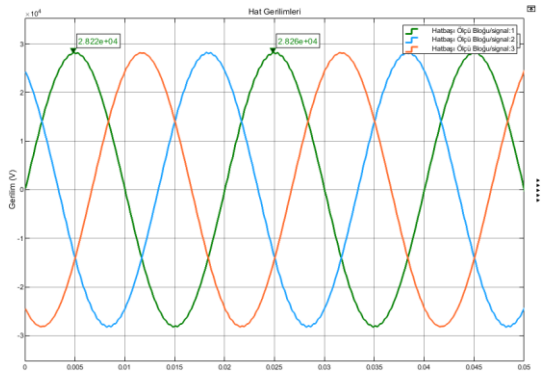
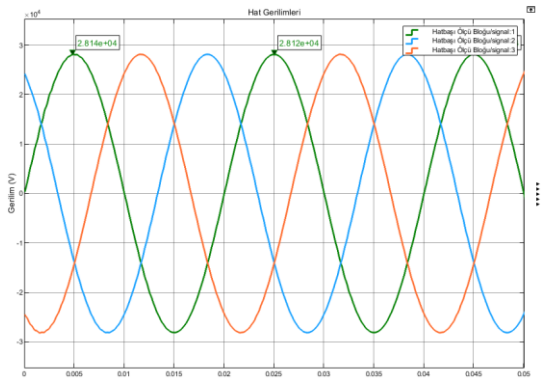
Şekil 6.13. Kavacık hattı 6093 nolu trafo noktasındaki akım değerleri

Şekil 6.13 incelendiğinde şarj istasyonları çalıştığı sırada tüm faz akımlarında harmoniklerin oluşturmuş olduğu sinüs eğrilerinde belirgin bozulmalar görülmektedir. Ayrıca L_1 fazı bir fazlı şarj istasyonlarının getirmiş olduğu ek yükten dolayı 13,33 A olan değeri 23,03 A değerine çıkarak değeri yaklaşık 1,73 kat artmıştır. Diğer faz akımlarında da artışlar gözlemlenmiştir. Bu artış dengesiz yüklenmeye sebep olmakla beraber şebekede çalışan cihazların olumsuzluklar meydana getirecektir.



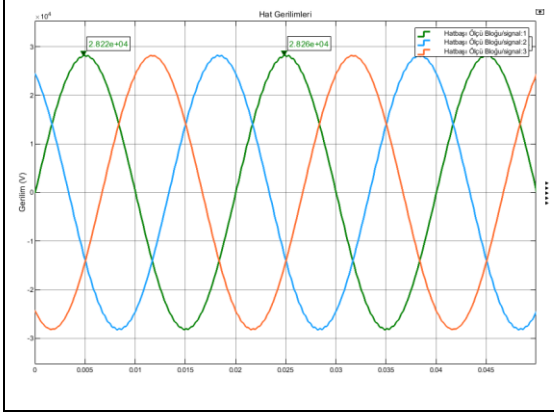
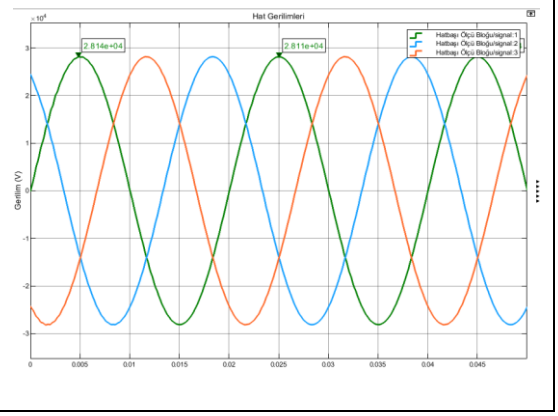
Şekil 6.14. Kavacık Hattı 6143 Nolu Trafo Noktasındaki Gerilim Değerleri

Şekil 6.14'te görüldüğü üzere 6143 nolu trafo noktasındaki faz gerilimleri değerleri RMS olarak 28,26 kV iken şarj istasyonları çalıştığı zaman diliminde 28,14 kV değerine kadar düşüş gözlenmiştir. Ancak bu %0,42'lik gerilim düşümü oranı elektrik kuvvetli akım tesisleri yönetmeliğinin yüksek gerilim dağıtım şebekelerindeki sınır değeri olan %7 değerini aşmamaktadır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

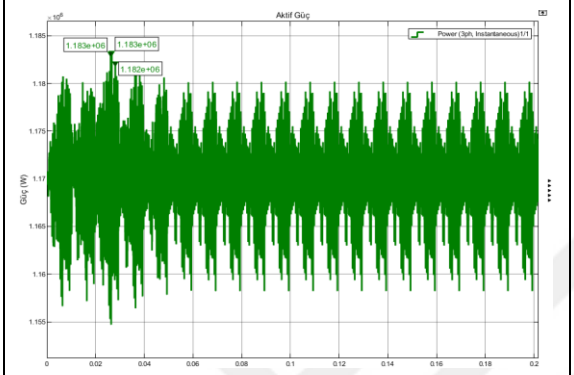
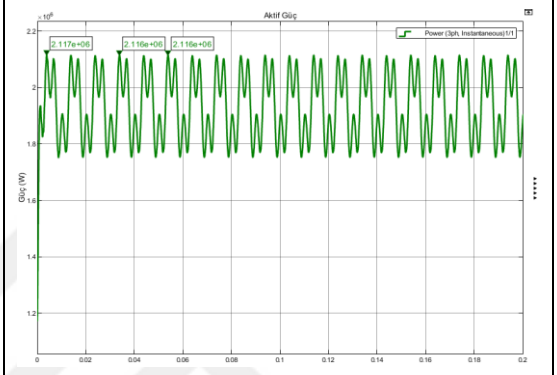
Şekil 6.15. Kavacık hattı 6145 nolu trafo noktasındaki gerilim değerleri

Şekil 6.15'te görüldüğü üzere 6145 nolu trafo noktasındaki faz gerilimleri değerleri RMS olarak 28,26 kV iken şarj istasyonları çalıştığı zaman diliminde 28,12 kV değerine kadar düşüş gözlenmiştir. Ancak bu %0,49'lik gerilim düşümü oranı elektrik kuvvetli akım tesisleri yönetmeliğinin yüksek gerilim dağıtım şebekelerindeki sınır değeri olan %7 değerini aşmamaktadır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

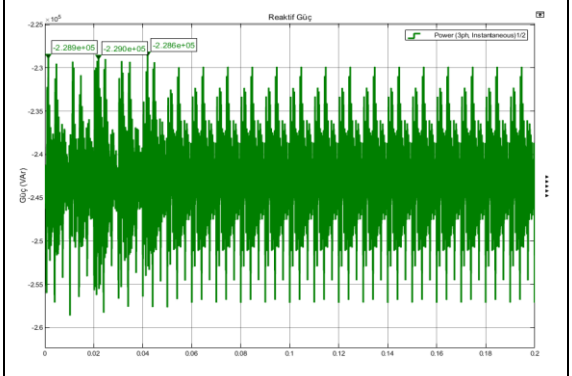
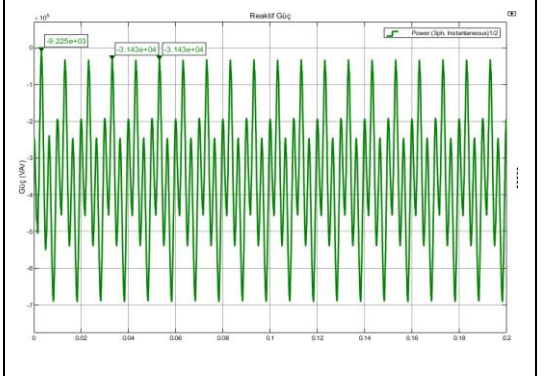
Şekil 6.16. Kavacık hattı 6093 nolu trafo noktasındaki gerilim değerleri

Şekil 6.16'da görüldüğü üzere 6093 nolu trafo noktasındaki faz gerilimleri değerleri RMS olarak 28,26 kV iken şarj istasyonları çalıştığı zaman diliminde 28,12 kV değerine kadar düşüş gözlenmiştir. Ancak bu %0,49'lik gerilim düşümü oranı elektrik kuvvetli akım tesisleri yönetmeliğinin yüksek gerilim dağıtım şebekelerindeki sınır değeri olan %7 değerini aşmamaktadır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

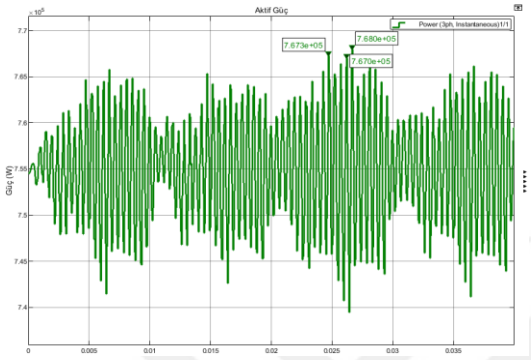
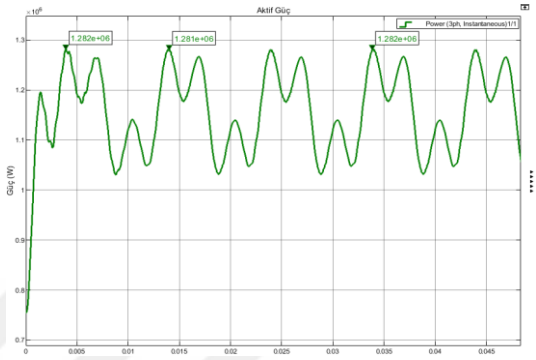
Şekil 6.17. Kavacık hattı 6143 nolu trafo noktasındaki aktif gücü

Şekil 6.17'de görüldüğü üzere normal şebekeden çekilen aktif güç değeri 1,18 MW iken EAHŞİ bağlandıktan sonra 2,11 MW değerine çıkmaktadır. Bu durumda yaklaşık 1,78 kat fazla aktif güç çekildiği için şebekeye bağlı bulunan elemanların değerlerinde değişim söz konusu olacaktır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

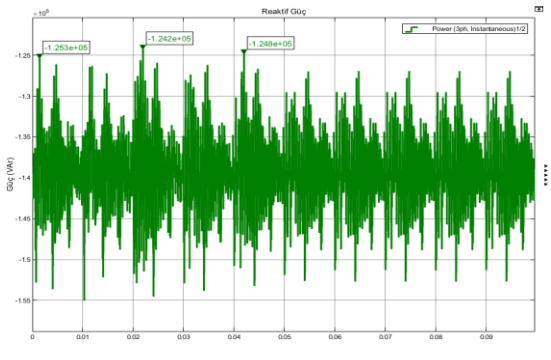
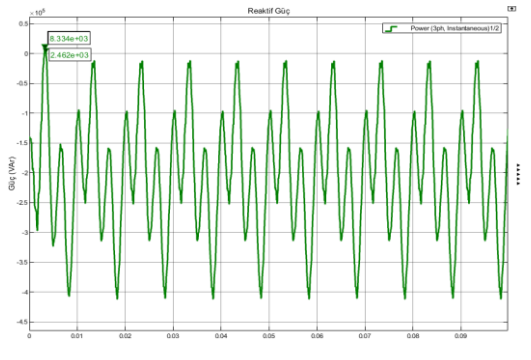
Şekil 6.18. Kavacık hattı 6143 nolu trafo noktasındaki reaktif gücü

Şekil 6.18'de görüldüğü üzere normal şebekeden çekilen reaktif güç değeri 228,6 kVAr iken EAHŞİ bağlandıktan sonra 31,43 kVAr değerine çıkmaktadır. Bu durumda yaklaşık 7,27 kat daha az reaktif güç çekildiği için şebekeye bağlı bulunan elemanların değerlerinin değişimi söz konusu olmaktadır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

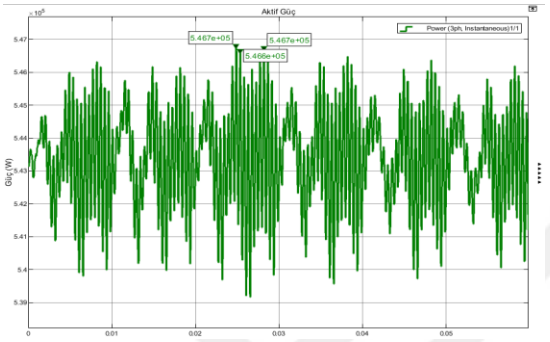
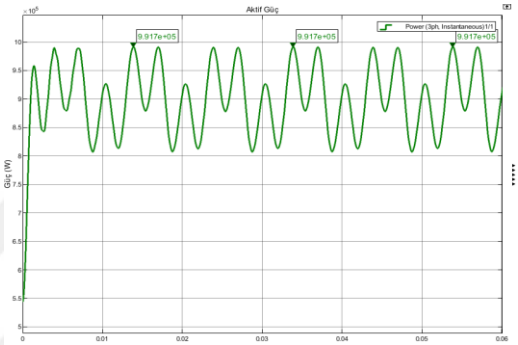
Şekil 6.19. Kavacık hattı 6145 nolu trafo noktasındaki aktif gücü

Şekil 6.19'da görüldüğü üzere normal şebekeden çekilen aktif güç değeri 0,76 MW iken EAHŞİ bağlandıktan sonra 1,28 MW değerine çıkmaktadır. Bu durumda yaklaşık 1,68 kat fazla aktif güç çekildiği için şebekeye bağlı bulunan elemanların değerlerinde değişim söz konusu olacaktır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

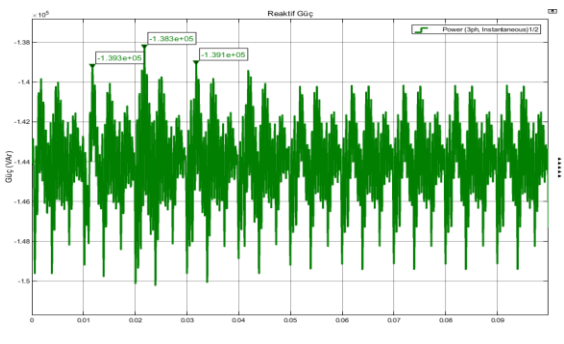
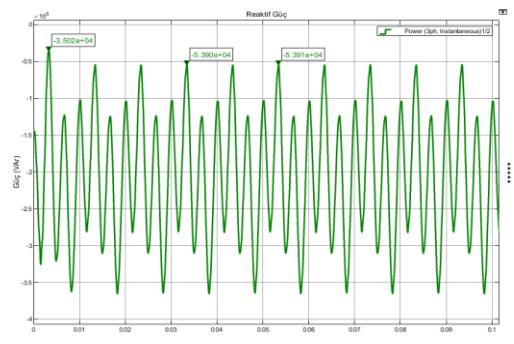
Şekil 6.20. Kavacık hattı 6145 nolu trafo noktasındaki reaktif gücü

Şekil 6.20'de görüldüğü üzere normal şebekeden çekilen reaktif güç değeri -125,8 kVAr iken EAHŞİ bağlandıktan sonra 8,33 kVAr değerine çıkmaktadır. Bu durumda yaklaşık 7,27 kat daha az reaktif güç çekildiği için şebekeye bağlı bulunan elemanların değerlerinin değişimi söz konusu olmaktadır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

Şekil 6.21. Kavacık hattı 6093 nolu trafo noktasındaki aktif gücü

Şekil 21'de görüldüğü üzere normal şebekeden çekilen aktif güç değeri 0,54 MW iken EAHŞİ bağlandıktan sonra 0,99 MW değerine çıkmaktadır. Bu durumda yaklaşık 1,83 kat fazla aktif güç çekildiği için şebekeye bağlı bulunan elemanların değerlerinde değişim söz konusu olacaktır.

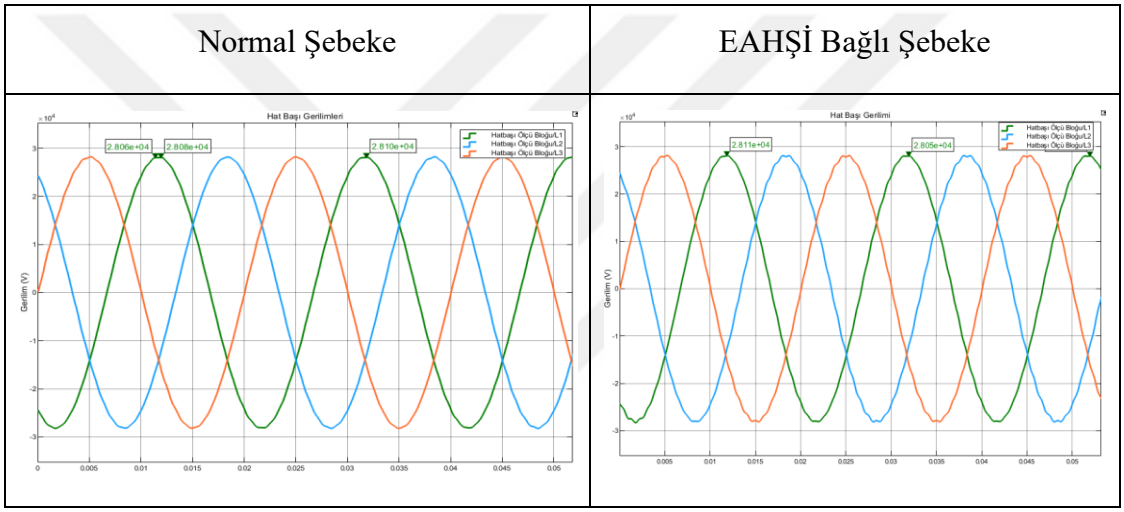
Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

Şekil 6.22. Kavacık hattı 6093 Nolu trafo noktasındaki reaktif gücü

Şekil 6.22'de görüldüğü üzere normal şebekeden çekilen reaktif güç değeri -138,3 kVAr iken EAHŞİ bağlandıktan sonra -35,02 kVAr değerine çıkmaktadır. Bu durumda yaklaşık kat daha az reaktif güç çekildiği için şebekeye bağlı bulunan elemanların değerlerinin değişimi söz konusu olmaktadır.

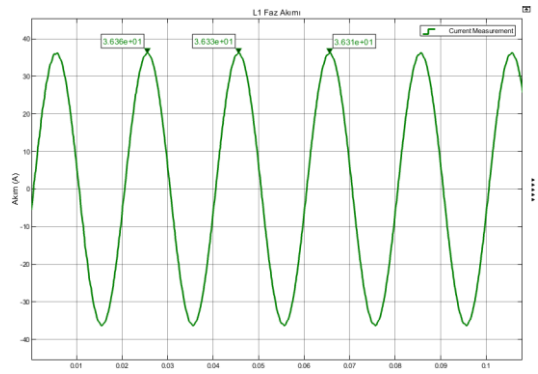
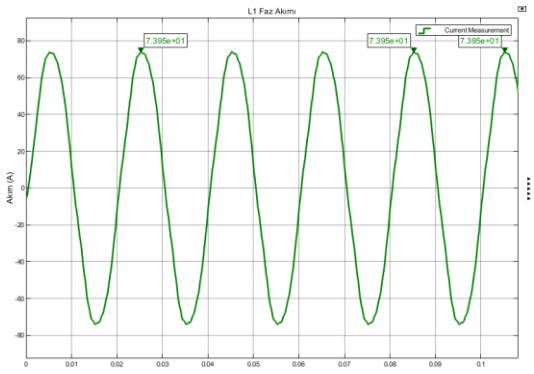
6.2. Ümraniye Hattı Üzerindeki Elektriksel Analizi

Ümraniye hattı üzerinde bağlı bulunan bir ve üç fazlı EAHŞİ aktif olduğu ve olmadığı durumlarda trafo noktalarındaki RMS gerilim, akım, aktif gücü, reaktif gücü, harmonik değerleri ve grafikleri incelenerek yorumlanmıştır.



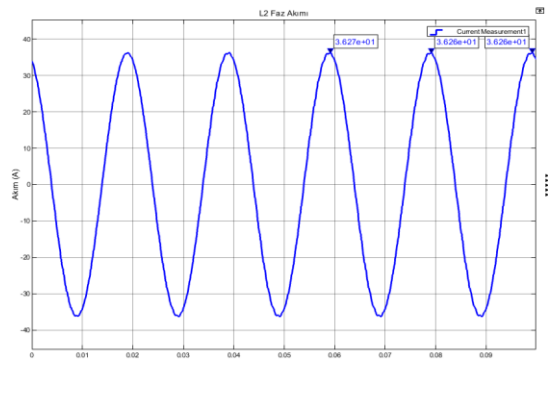
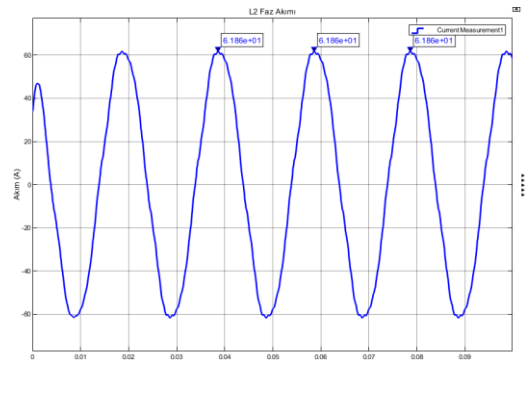
Şekil 6.23. Ümraniye hat başı gerilimleri

Şekil 6.23'te görüldüğü üzere hat başı faz gerilimleri değerleri RMS olarak 28,1 kV iken şarj istasyonları çalıştığı zaman diliminde 28,05 kV değerine kadar düşüş gözlenmiştir. Ancak bu %0,18'lik gerilim düşümü oranı elektrik kuvvetli akım tesisleri yönetmeliğinin yüksek gerilim dağıtım şebekelerindeki sınır değeri olan %7 değerini aşmamaktadır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

Şekil 6.24. Ümraniye hat başı L_1 faz akımı

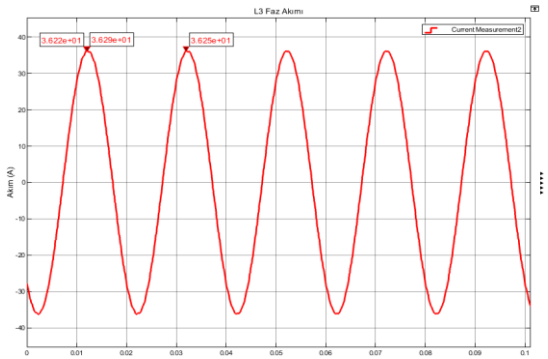
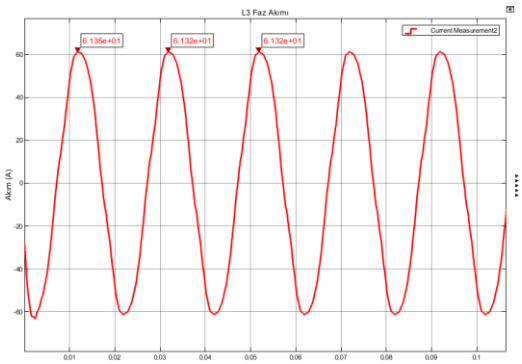
Şekil 6.24'te görüldüğü üzere EAHŞİ bağlı olmadığı anda L_1 faz akımı 36,31 A olan akım değeri EAHŞİ bağlandıktan sonra 73,95 A değerine çıkmış olup yaklaşık 2 kat artmıştır. Bu artış dengesiz yüklenmeye sebep olur. Ayrıca şekil açısından bakıldığında akımın sinüs eğrisinde bozulmalar tespit edilmiştir. Bu istenmeyen durum olup yüklerin çalışmasında olumsuzluklar oluşturacaktır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

Şekil 6.25. Ümraniye hat başı L_2 faz akımı

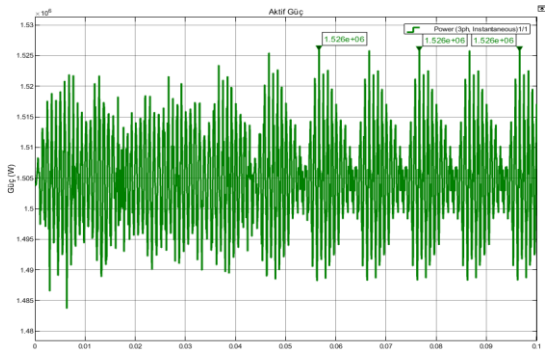
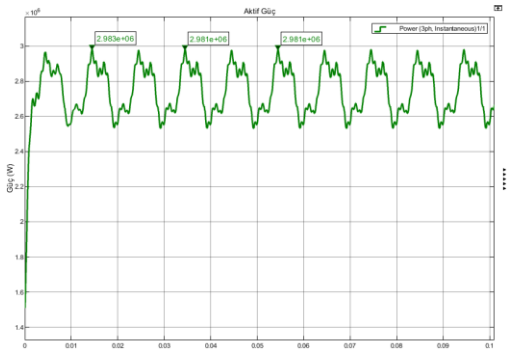
Şekil 6.25'te görüldüğü üzere EAHŞİ bağlı olmadığı anda L_2 faz akımı 36,26 A olan akım değeri EAHŞİ bağlandıktan sonra 61,86 A değerine çıkmış olup yaklaşık 1,7 kat artmıştır. Bu artış dengesiz yüklenmeye sebep olur. Ayrıca şekil açısından bakıldığında

akımın sinüs eğrisinde bozulmalar tespit edilmiştir. Bu istenmeyen durum olup yüklerin çalışmasında olumsuzluklar oluşturacaktır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

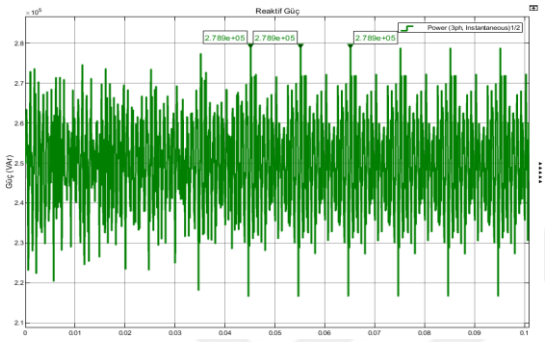
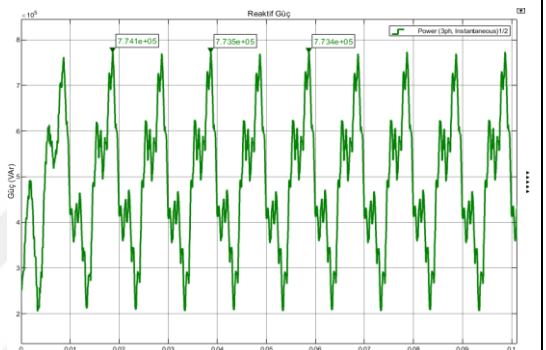
Şekil 6.26. Ümraniye hat başı L_3 faz akımı

Şekil 6.26'da görüldüğü üzere EAHŞİ bağlı olmadığı anda L_3 faz akımı 36,29 A olan akım değeri EAHŞİ bağlandıktan sonra 61,35 A değerine çıkmış olup yaklaşık 1,7 kat artmıştır. Bu artış dengesiz yüklenmeye sebep olur. Ayrıca şekil açısından bakıldığında akımın sinüs eğrisinde bozulmalar tespit edilmiştir. Bu istenmeyen durum olup yüklerin çalışmasında olumsuzluklar oluşturacaktır. L_1 , L_2 , L_3 hatlarındaki akımların farklı oluşu hat üzerinde 1 fazlı ve 3 fazlı EAHŞİ bağlı oluşudur. Bu durum hatlarda dengesiz yüklenme nedeniyle akım farklılığına neden olmuştur.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

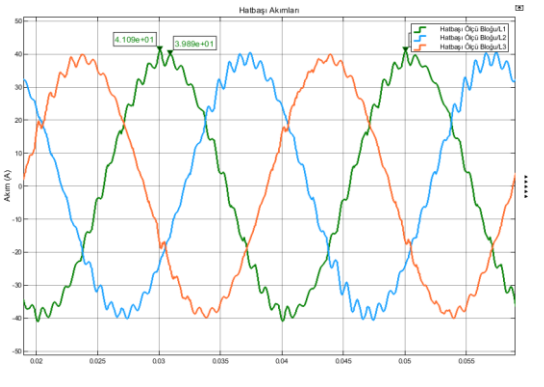
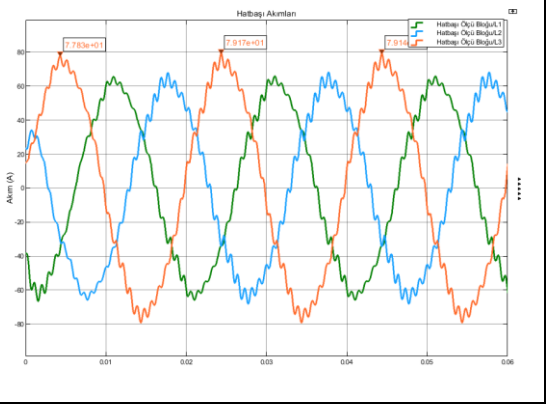
Şekil 6.27. Ümraniye hat başı aktif gücü

Şekil 6.27'de görüldüğü üzere normal şebekeden çekilen aktif güç değeri 1,52 MW iken EAHŞİ bağlandıktan sonra 2,98 MW değerine çıkmaktadır. Bu durumda yaklaşık 1,96 kat fazla aktif güç çekildiği için şebekeye bağlı bulunan elemanların değerlerinde değişimi söz konusu olmaktadır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

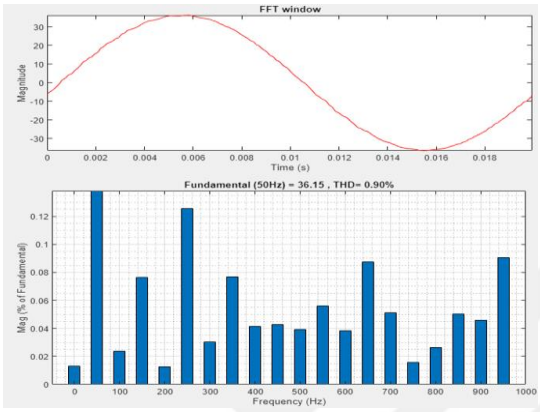
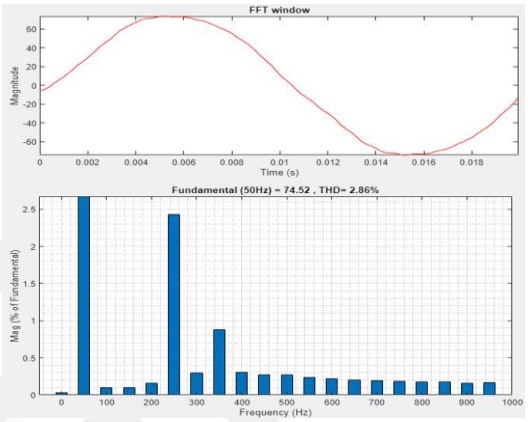
Şekil 6.28. Ümraniye hat başı reaktif gücü

Şekil 6.28'de görüldüğü üzere normal şebekeden çekilen reaktif güç değeri 278,9 kVAr iken EAHŞİ bağlandıktan sonra 774,1 kVAr değerine çıkmaktadır. Bu durumda yaklaşık 2,77 kat fazla reaktif güç çekildiği için şebekeye bağlı bulunan elemanların değerlerinin değişimi söz konusu olmaktadır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

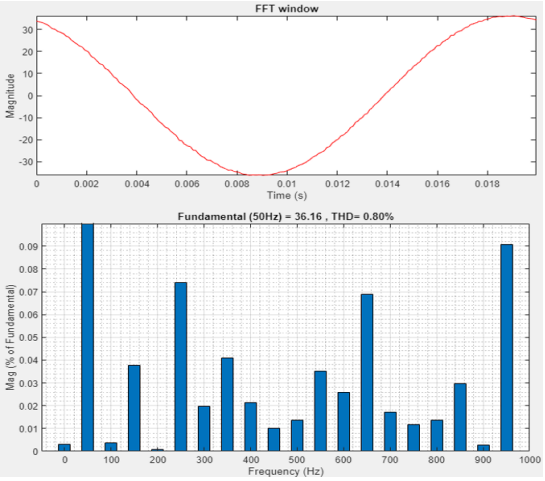
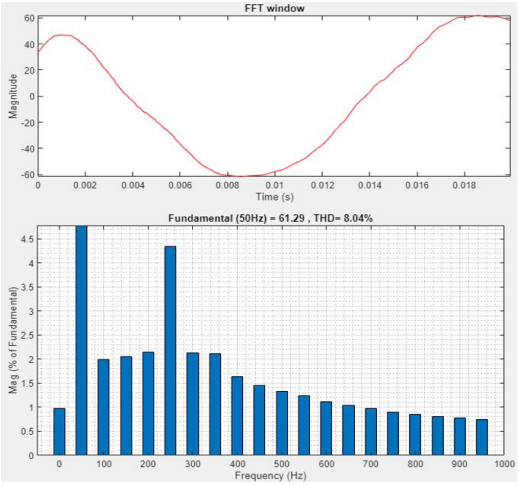
Şekil 6.29. Ümraniye hat başı akımları

Şekil 6.29'daki hat başı akımları incelendiğinde şarj istasyonları çalıştığı sırada sinüs eğrilerinde belirgin bozulmalar görülmektedir. Ayrıca L_1 fazı bir fazlı şarj istasyonlarının getirmiş olduğu ek yükten dolayı 39,89 A olan değeri 79,17 A değerine çıkarak değeri yaklaşık 1,98 kat artmıştır. Bu artış dengesiz yüklenmeye sebep olmakla beraber yüklerin çalışmasında olumsuzluklar oluşturacaktır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

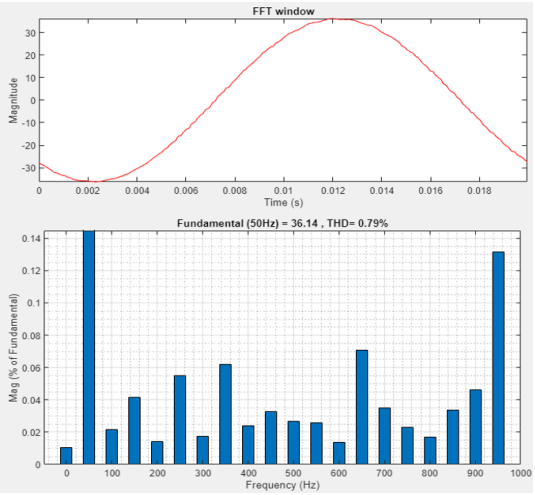
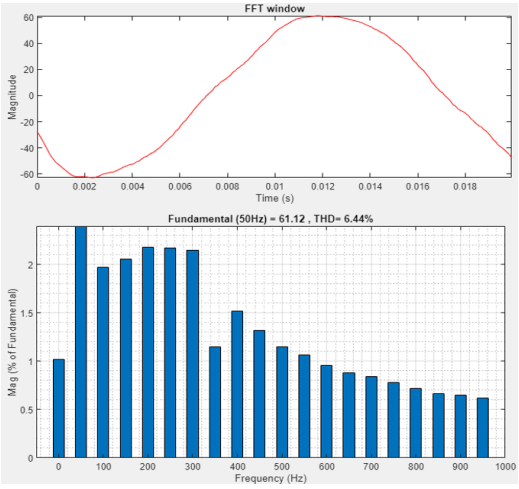
Şekil 6.30. Ümraniye hat başı L_1 THD değeri

Şekil 6.30'da görüldüğü üzere şarj istasyonları çalıştığı zaman hat başı L_1 fazının toplam harmonik bozulma değerinin % 0,90 değerinden % 2,86 değerine yükselmektedir. Bu değer, Tablo 3.1 'de gösterilen IEEE 519-2014 standartına göre gerilim bozulma sınır değerinin çok üzerindedir. Ayrıca şekildeki sinüs eğrisindeki bozulmalar net bir şekilde görülmektedir. Harmoniklerin oluşturacağı aşırı gerilim ve aşırı akımdan dolayı tesiste bulunan elemanlar zarar görecek ve güç kalitesinde bozulmalar meydana getirecektir.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

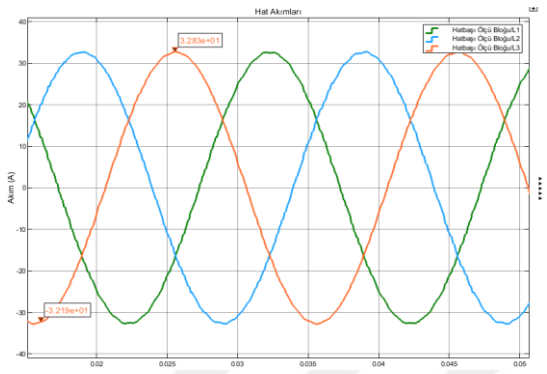
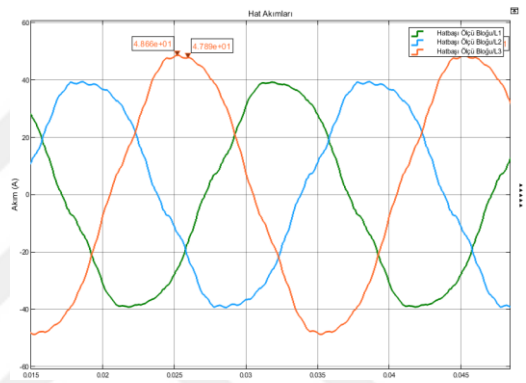
Şekil 6.31. Ümraniye hat başı L_2 THD değeri

Şekil 6.31'de görüldüğü üzere şarj istasyonları çalıştığı zaman hat başı L_2 fazının toplam harmonik bozulma değerinin % 0,80 değerinden % 8,04 değerine yükselmektedir. Bu değer, Tablo 3.1 'de gösterilen IEEE 519-2014 standartına göre gerilim bozulma sınır değerinin çok üzerindedir. Ayrıca şekildeki sinüs eğrisindeki bozulmalar net bir şekilde görülmektedir. Harmoniklerin oluşturacağı aşırı gerilim ve aşırı akımdan dolayı tesiste bulunan elemanlar zarar görecek ve güç kalitesinde bozulmalar meydana getirecektir.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

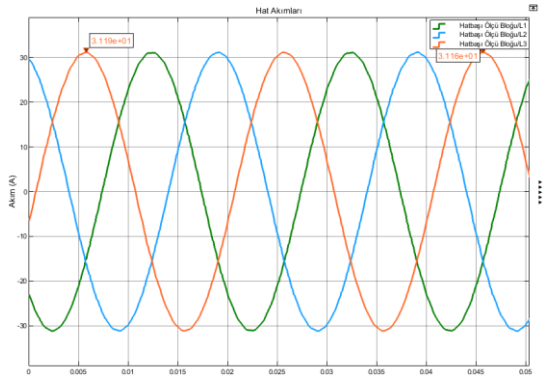
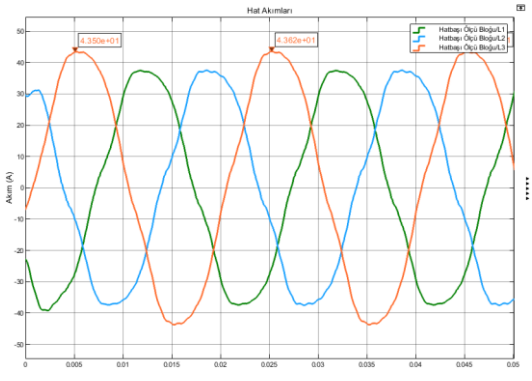
Şekil 6.32. Ümraniye hat başı L_3 THD değeri

Şekil 6.32'de görüldüğü üzere şarj istasyonları çalıştığı zaman hat başı L_3 fazının toplam harmonik bozulma değerinin % 0,79 değerinden % 6,44 değerine yükselmektedir. Bu değer, Tablo 3.1 'de gösterilen IEEE 519-2014 standartına göre gerilim bozulma sınır değerinin çok üzerindedir. Ayrıca şekildeki sinüs eğrisindeki bozulmalar net bir şekilde görülmektedir. Harmoniklerin oluşturacağı aşırı gerilim ve aşırı akımdan dolayı tesiste bulunan elemanlar zarar görecek ve güç kalitesinde bozulmalar meydana getirecektir.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

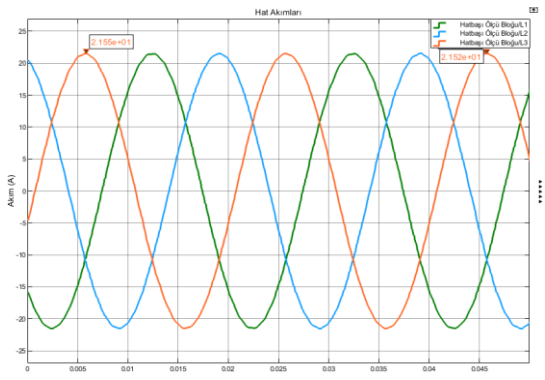
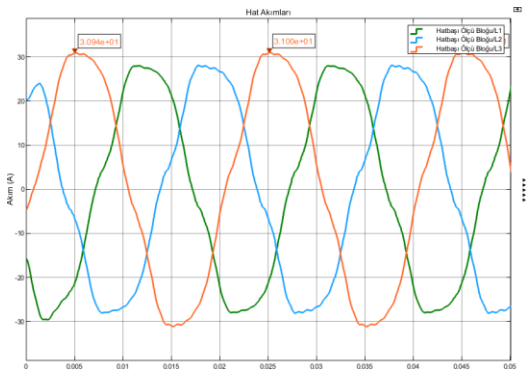
Şekil 6.33. Ümraniye hattı 6189 nolu trafo noktasındaki akım değerleri

Şekil 6.33 incelendiğinde şarj istasyonları çalıştığı sırada tüm faz akımlarında harmoniklerin oluşturmuş olduğu sinüs eğrilerinde belirgin bozulmalar görülmektedir. Ayrıca L_1 fazı bir fazlı şarj istasyonlarının getirmiş olduğu ek yükten dolayı 32,83 A olan değeri 48,66 A değerine çıkarak değeri yaklaşık 1,5 kat artmıştır. Diğer faz akımlarında da artışlar gözlemlenmiştir. Bu artış dengesiz yüklenmeye sebep olmakla beraber şebekede çalışan cihazların olumsuzluklar meydana getirecektir.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

Şekil 6.34. Ümraniye hattı 6191 nolu trafo noktasındaki akım değerleri

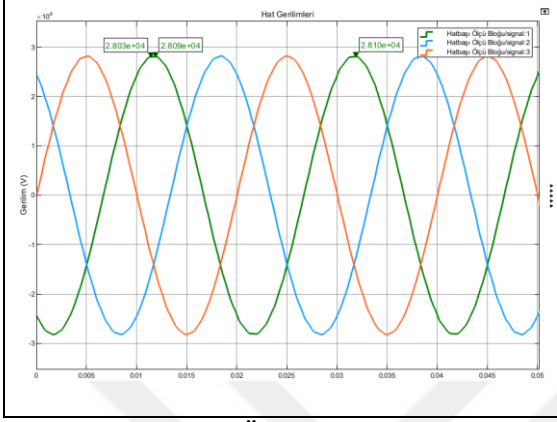
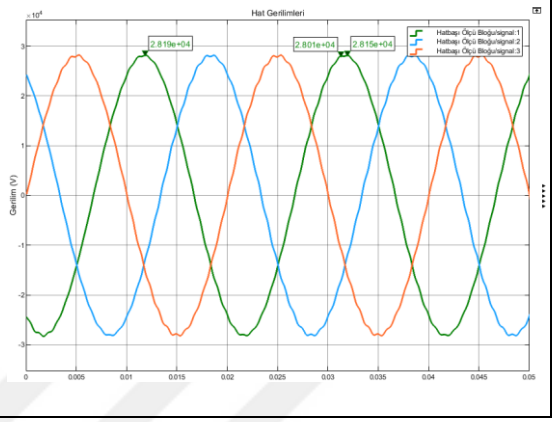
Şekil 6.34 incelendiğinde şarj istasyonları çalıştığı sırada tüm faz akımlarında harmoniklerin oluşturmuş olduğu sinüs eğrilerinde belirgin bozulmalar görülmektedir. Ayrıca L_1 fazı bir fazlı şarj istasyonlarının getirmiş olduğu ek yükten dolayı 31,16 A olan değeri 43,62 A değerine çıkarak değeri yaklaşık 1,4 kat artmıştır. Diğer faz akımlarında da artışlar gözlemlenmiştir.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

Şekil 6.35. Ümraniye hattı 6221 nolu trafo noktasındaki akım değerleri

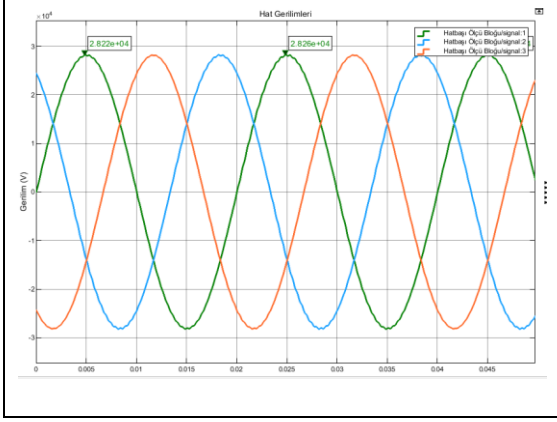
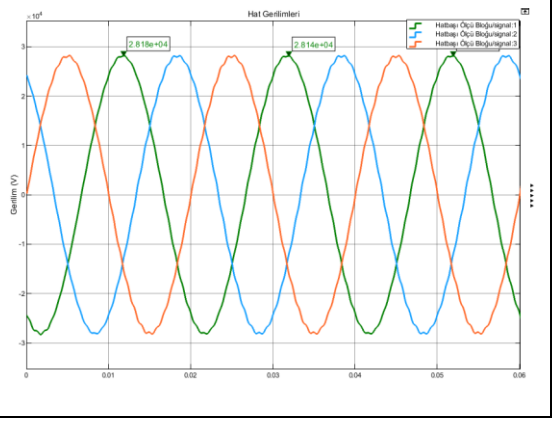
Şekil 6.35 incelendiğinde şarj istasyonları çalıştığı sırada tüm faz akımlarında harmoniklerin oluşturmuş olduğu sinüs eğrilerinde belirgin bozulmalar görülmektedir.

Ayrıca L_1 fazı bir fazlı şarj istasyonlarının getirmiş olduğu ek yükten dolayı 21,52 A olan değeri 31,00 A değerine çıkarak değeri yaklaşık 1,44 kat artmıştır. Diğer faz akımlarında da artışlar gözlemlenmiştir.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

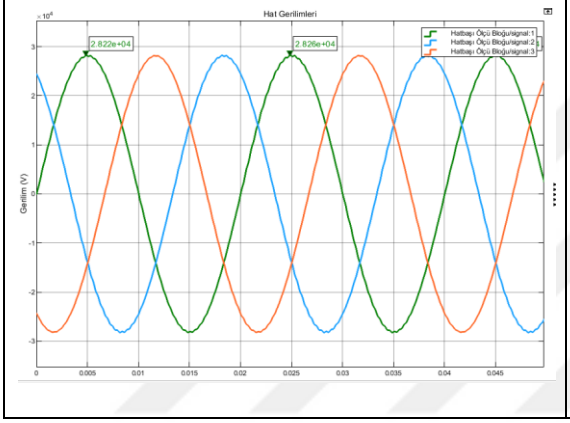
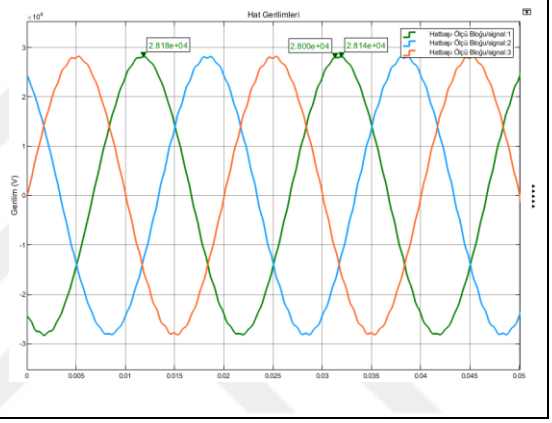
Şekil 6.36. Ümraniye hattı 6189 nolu trafo noktasındaki gerilim değerleri

Şekil 6.36'da görüldüğü üzere 6189 nolu trafo noktasındaki faz gerilimleri değerleri RMS olarak 28,10 kV iken şarj istasyonları çalıştığı zaman diliminde 28,01 kV değerine kadar düşüş gözlenmiştir. Ancak bu %0,36'lık gerilim düşümü oranı elektrik kuvvetli akım tesisleri yönetmeliğinin yüksek gerilim dağıtım şebekelerindeki sınır değeri olan %7 değerini aşmamaktadır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

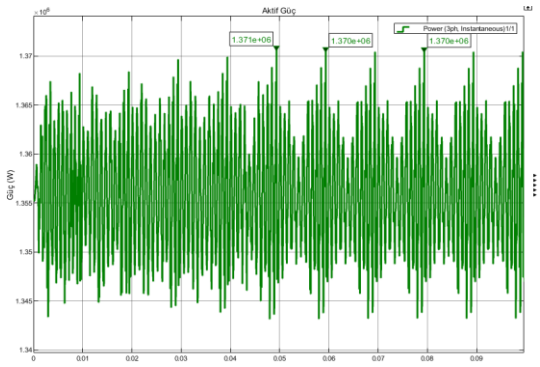
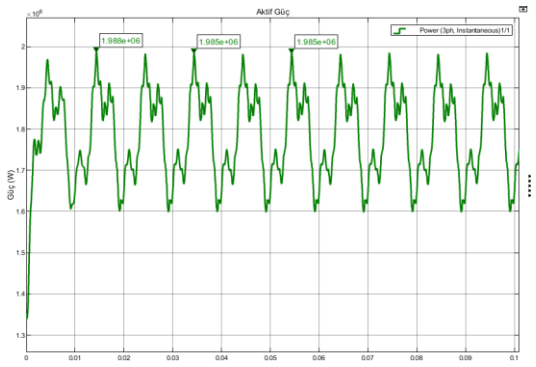
Şekil 6.37. Ümraniye hattı 6191 nolu trafo noktasındaki gerilim değerleri

Şekil 6.37'de görüldüğü üzere 6191 nolu trafo noktasındaki faz gerilimleri değerleri RMS olarak 28,26 kV iken şarj istasyonları çalıştığı zaman diliminde 28,14 kV değerine kadar düşüş gözlenmiştir. Ancak bu %0,43'lük gerilim düşümü oranı elektrik kuvvetli akım tesisleri yönetmeliğinin yüksek gerilim dağıtım şebekelerindeki sınır değeri olan %7 değerini aşmamaktadır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

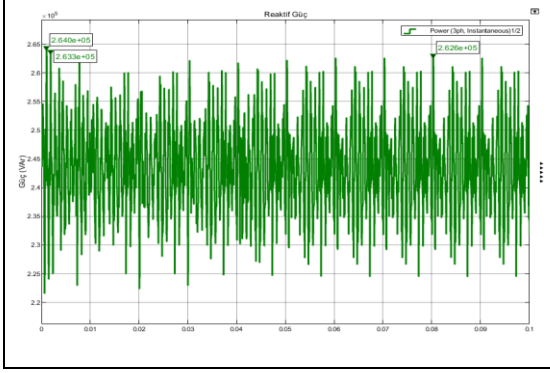
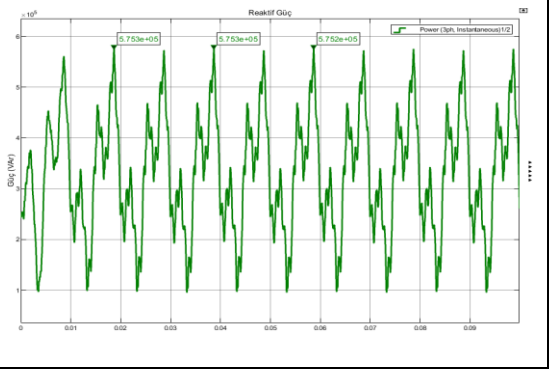
Şekil 6.38. Ümraniye hattı 6221 nolu trafo noktasındaki gerilim değerleri

Şekil 6.38'de görüldüğü üzere 6221 nolu trafo noktasındaki faz gerilimleri değerleri RMS olarak 28,26 kV iken şarj istasyonları çalıştığı zaman diliminde 28,00 kV değerine kadar düşüş gözlenmiştir. Ancak bu %0,92'lik gerilim düşümü oranı elektrik kuvvetli akım tesisleri yönetmeliğinin yüksek gerilim dağıtım şebekelerindeki sınır değeri olan %7 değerini aşmamaktadır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

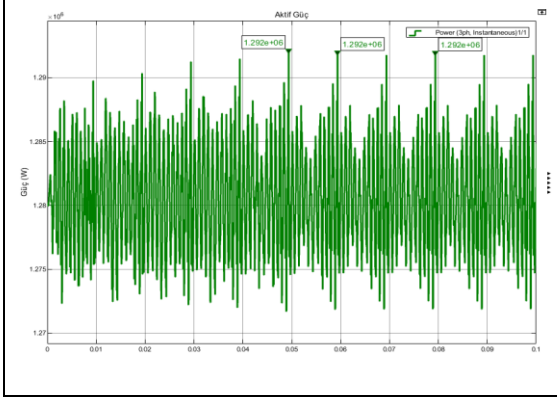
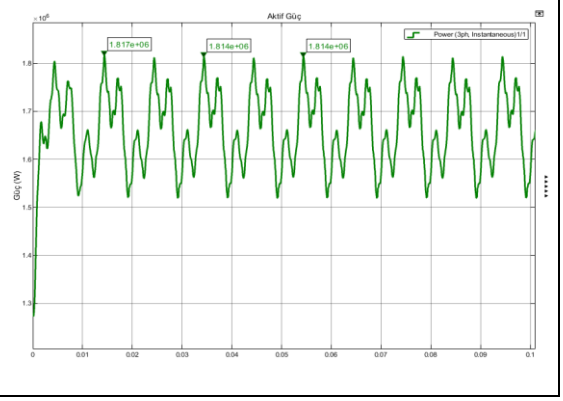
Şekil 6.39. Ümraniye hattı 6189 nolu trafo noktasındaki aktif gücü

Şekil 6.39'da görüldüğü üzere normal şebekeden çekilen aktif güç değeri 1,37 MW iken EAHŞİ bağlandıktan sonra 1,98 MW değerine çıkmaktadır. Bu durumda yaklaşık 1,45 kat fazla aktif güç çekildiği için şebekeye bağlı bulunan elemanların değerlerinde değişim söz konusu olacaktır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

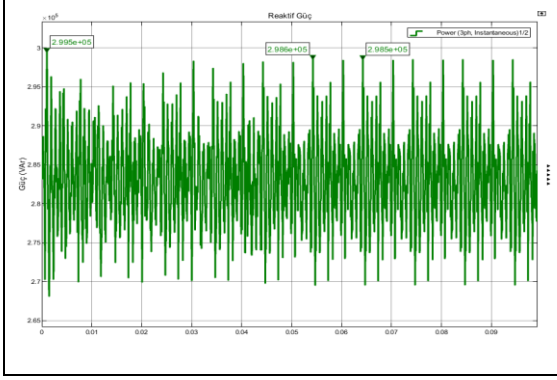
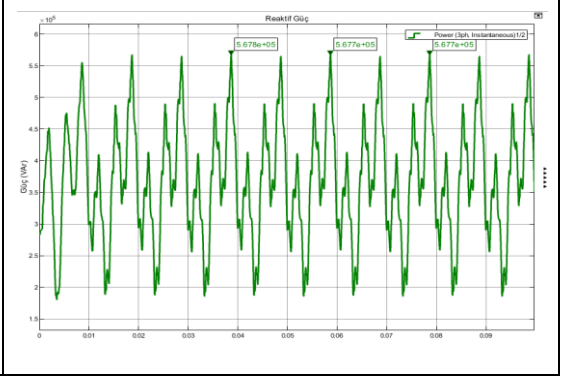
Şekil 6.40. Ümraniye hattı 6189 nolu trafo noktasındaki reaktif gücü

Şekil 6.40'da görüldüğü üzere normal şebekeden çekilen reaktif güç değeri 263,3 kVAr iken EAHŞİ bağlandıktan sonra 575,3 kVAr değerine çıkmaktadır. Bu durumda yaklaşık 2,18 kat fazla reaktif güç çekildiği için şebekeye bağlı bulunan elemanların değerlerinin değişimi söz konusu olmaktadır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

Şekil 6.41. Ümraniye hattı 6191 nolu trafo noktasındaki aktif gücü

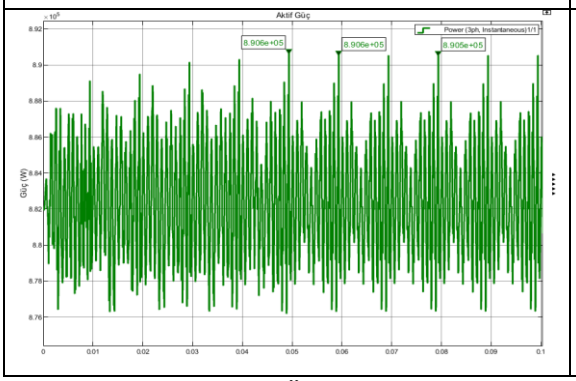
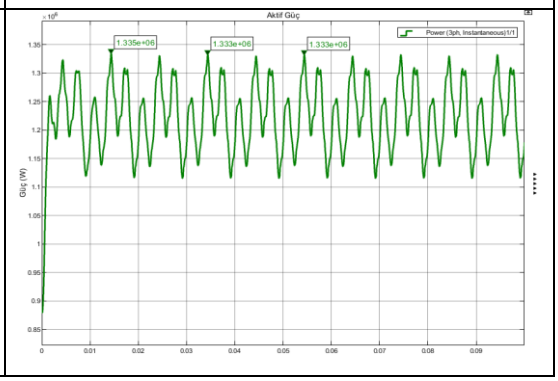
Şekil 6.41'de görüldüğü üzere normal şebekeden çekilen aktif güç değeri 1,29 MW iken EAHŞİ bağlandıktan sonra 1,81 MW değerine çıkmaktadır. Bu durumda yaklaşık 1,41 kat fazla aktif güç çekildiği için şebekeye bağlı bulunan elemanların değerlerinde değişim söz konusu olacaktır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

Şekil 6.42. Ümraniye hattı 6191 nolu trafo noktasındaki reaktif gücü

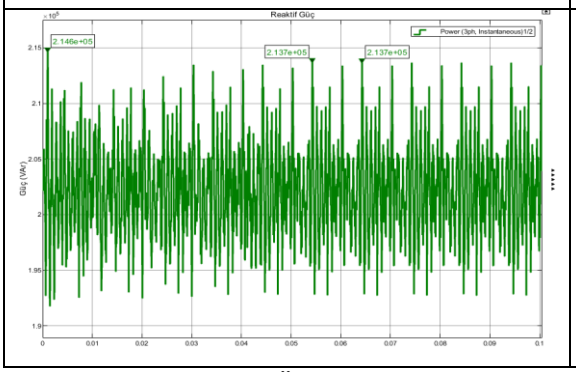
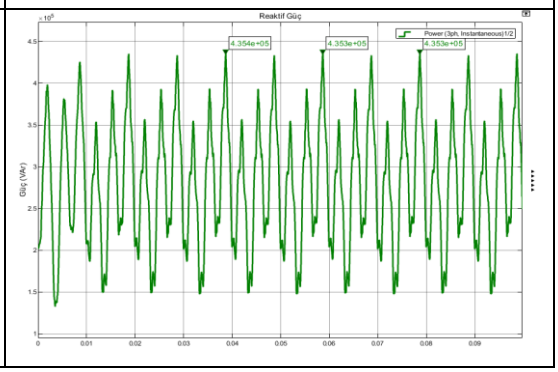
Şekil 6.42'de görüldüğü üzere normal şebekeden çekilen reaktif güç değeri 298,5 kVAr iken EAHŞİ bağlandıktan sonra 567,7 kVAr değerine çıkmaktadır. Bu durumda

yaklaşık 1,9 kat fazla reaktif güç çekildiği için şebekeye bağlı bulunan elemanların değerlerinin değişimi söz konusu olmaktadır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

Şekil 6.43. Ümraniye hattı 6221 nolu trafo noktasındaki aktif gücü

Şekil 6.43'te görüldüğü üzere normal şebekeden çekilen aktif güç değeri 0,89 MW iken EAHŞİ bağlandıktan sonra 1,33 MW değerine çıkmaktadır. Bu durumda yaklaşık 1,5 kat fazla aktif güç çekildiği için şebekeye bağlı bulunan elemanların değerlerinde değişim söz konusu olacaktır.

Normal Şebeke	EAHŞİ Bağlı Şebeke
	

Şekil 6.44. Ümraniye hattı 6221 nolu trafo noktasındaki reaktif gücü

Şekil 6.44'te görüldüğü üzere normal şebekeden çekilen reaktif güç değeri 213,7 kVAr iken EAHŞİ bağlandıktan sonra 435,4 kVAr değerine çıkmaktadır. Bu durumda yaklaşık 2,03 kat fazla reaktif güç çekildiği için şebekeye bağlı bulunan elemanların değerlerinin değişimi söz konusu olmaktadır. Tablo 6.1'de her bir ölçü bloğunda her bir faz için akım, gerilim ve güç değerlerinin EAHŞİ şebekeye bağlı olduğu ve olmadığı durumlardaki değerlerini sayısal olarak göstermektedir.

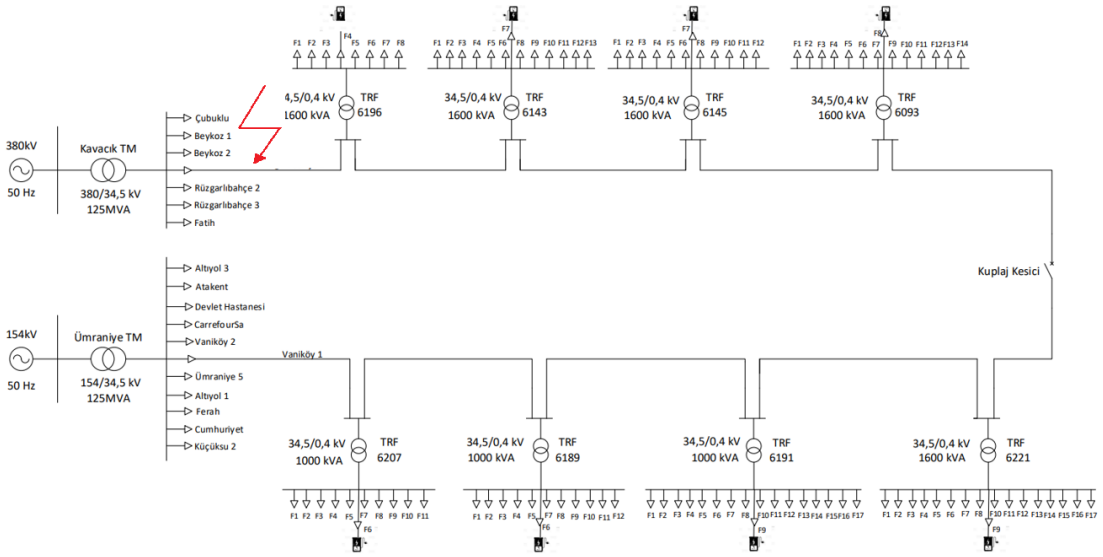
Tablo 6.1. Ölçüm noktalarındaki sayısal değerler

	Şebeke Tipi	Normal Şebeke			EAHŞİ Bağlı Şebeke			Normal Şebeke			EAHŞİ Bağlı Şebeke		
	Fazlar	**L1**	**L2**	**L3**	**L1**	**L2**	**L3**	**L1**	**L2**	**L3**	**L1**	**L2**	**L3**
Ölçü Bloğu-1-10	**Akım (A)**	21,76	21,76	21,76	41,33	32,52	32,44	27,37	27,35	27,35	36,79	36,94	45,09
	Gerilim (kV)	19,92	19,92	19,92	19,91	19,91	19,91	19,93	19,93	19,93	19,92	19,92	19,92
	THD Değeri (%)	0,46	0,65	0,51	8,94	10,08	5,66	0,9	0,8	0,79	2,86	8,04	6,44
	Görünür Güç (kVA)	1300	1300	1300	2469	1943	1938	1636	1635	1635	2199	2208	2695
	Aktif Güç (kW)	1318	1319	1319	2576	2027	2022	1524	1573	1523	2171	2180	2661
	Reaktif Güç (kVAR)	8,995	9,095	9,084	76,91	73,72	72,24	-721	-726	-722	-807	-810,7	-989
Öçü Bloğu-2-9	**Akım (A)**	22,23	22,26	22,25	34,05	28,69	27,95	25,66	25,67	25,71	36,46	36,48	43,87
	Gerilim (kV)	19,94	19,94	19,94	19,87	19,87	19,87	19,87	19,87	19,87	19,7	19,7	19,7
	Aktif Güç (kW)	1302	1301	1303	2522	2018	2014	1510	1511	1512	2138	2140	2574
	Reaktif Güç (kVAR)	-274	-275,5	-275	-273	-218,8	-218	236,9	237,1	237,5	246,5	248,8	299,2
Öçü Bloğu-3-8	**Akım (A)**	20,08	20,09	20,09	45,09	36,94	36,79	23,17	23,18	23,17	28,2	28,3	35,4
	Gerilim (kV)	19,94	19,94	19,94	19,92	19,92	19,92	19,87	19,87	19,87	19,7	19,7	19,7
	Aktif Güç (kW)	1172	1173	1173	2362	1890	1886	1360	1361	1360	1646	1648	2060
	Reaktif Güç (kVAR)	-255	-256,9	-256	-246	-197,1	-195	232,5	233,5	232,5	246,6	247,7	309,7
Ölçü Bloğu-4-7	**Akım (A)**	12,92	12,95	12,91	18,94	15,68	15,02	22,03	22,02	22,02	27,08	28,09	33,65
	Gerilim (kV)	19,94	19,94	19,94	19,87	19,87	19,87	19,86	19,86	19,86	19,69	19,69	19,69
	Aktif Güç (kW)	751	758	749	1347	1123	1119	1285	1283	1283	1565	1572	1882
	Reaktif Güç (kVAR)	-148	-151,2	-148	133,8	-111,5	-110	280,4	277,3	277,3	282,2	293,7	350,7
Ölçü Bloğu-5-6	**Akım (A)**	15,38	15,36	15,37	11,05	9,486	9,441	15,21	15,23	15,22	20,25	20,33	24,86
	Gerilim (kV)	19,95	19,95	19,95	19,87	19,87	19,87	19,86	19,86	19,86	19,69	19,69	19,69
	Aktif Güç (kW)	546,7	543,1	545,1	1064,7	910,2	905,5	881,3	884,2	882,5	1168	1179	1414
	Reaktif Güç (kVAR)	-146	-148	-144	-125	-107,6	-105	195,7	197,8	196,4	200,7	203,5	244,1

Tüm bu bilgilere incelendiğinde; Tek fazlı şarj istasyonlarının bağlı olduğu fazın akım değerini %25 kadar arttırdıkları görülmüş olup farklı sayıda aracın farklı fazlarda şarj edildiği durumlarda faz akımlarında dengesizlikler meydana geleceğinden, akıma bağlı gerilim düşümü ve kayıplar oluşacaktır. Bu dengesiz yük akımları ve gerilimleri şebekeye bağlı olacak olan EA sayısını sınırlandıracaktır. Şarj istasyonlarının şebekeye bağlandıktan sonra şebeke toplam harmonik bozulma değerlerinin, bazı fazlarda normal değerlerin neredeyse 10 kat arttığı ve bu artışın IEEE 519-2014 standartına göre bozulma sınır değerinin çok çok üzerinde olduğu görülmüştür. Ayrıca şebeke sinusoidal sinyalin şeklinde bozulmalar grafiklerimizde görülmektedir. Bu yüksek değerin sebep olacağı aşırı akım ve gerilim değeri şebekenin daha fazla reaktif enerji yüklenmesi nedeniyle zarar görebilecektir. Trafo fiderlerinden ölçülen aktif güç değerlerine bakıldığında şarj istasyonu bağlandıktan sonra yaklaşık 2 kat talebin arttığı görülmektedir. Bu durumda şebekeden çekecekleri enerjinin fazla olması nedeniyle trafoların daha fazla yüklenecek ve böylece trafonun yıpranma ve ısınması artacağından kullanma sürelerinde azalma beklenmektedir. Gerilim düşümü değerlerinin YG tarafında geneli itibariyle %1-2 gibi değerler aldığından yönetmeliklerin izin verdiği değerleri aşmadığı görülmektedir. Ancak hızlı şarj istasyonu sayısının artışı ile birlikte bu oranın yükseleceği öngörülmektedir. Bunların yanında şebekedeki endüktif yüklerin neden olduğu reaktif güç değerlerini, şebekeye EA bağlandığında EAHŞİ'larının oluşturmuş olduğu kapasitif yüklerden dolayı şarj süresince kompanze ettiği görülmüştür.

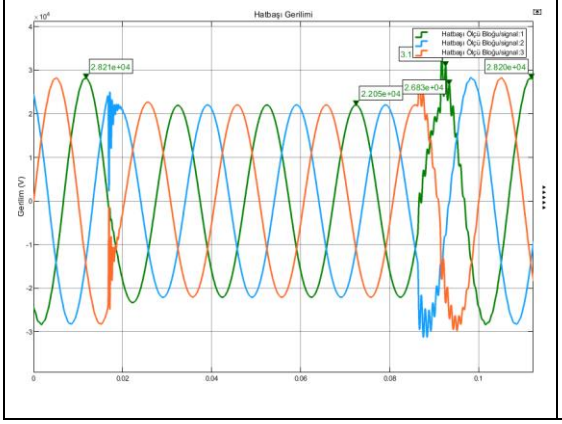
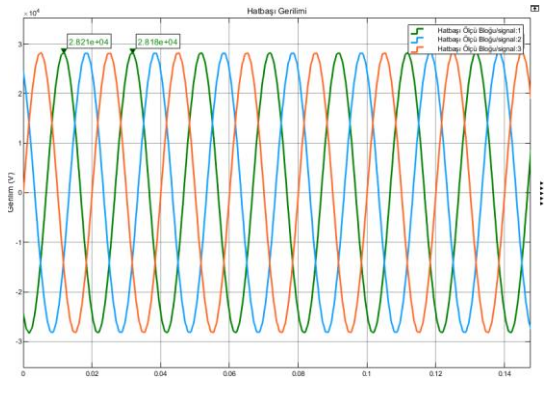
6.3. Kavacık Hattı Üzerinde Kısa Devre Analizi

Kavacık hattı başında meydana gelebilecek herhangi bir kısa devre durumunda şebekemiz yarı ring şebeke olması nedeniyle YG fider boyunun artması nedeniyle şebekesinin oluşturabileceği etkileri aşağıdaki grafiklerle incelenmiştir. Fider boyunun artması vede EAHŞİ'larının sayısı ile yük yoğunluğuna bağlı olarak arzı durumlarında tüm şebekenin koruma ve kumanda elmanları yeniden yapılandırılması aşikardır. Burada kısa devre durumlarının tüm çeşitleri uygulanmış olup elde edilen grafikler ve yorumları birlikte verilmiştir. MATLAB/Simulink yazılımı ile simüle edilen sistemin kısa devre noktası Şekil 6.45'te görülmektedir.



Şekil 6.45. Kavacık hattı kısa devre şeması

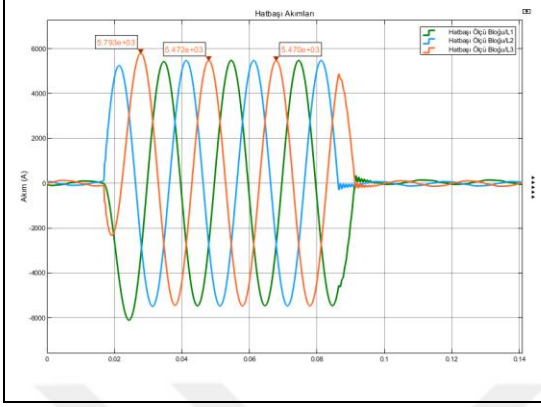
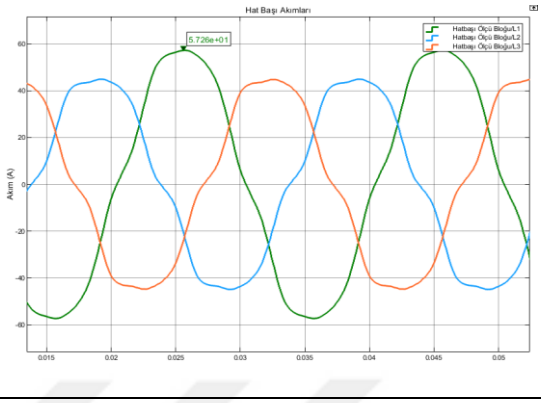
Şekil 6.46'ya bakıldığında şarj istasyonları çalışırken hat başı faz gerilim değerleri 28,21 kV iken üç fazlı kısa devresi oluştuğu zaman diliminde 22,05 kV değerine kadar düştüğü gözlenmiştir. Kısa devreden normal çalışma durumuna geçerken 31,6 kV değerine kadar çıkabilmektedir. Ayrıca sinüs eğrisindeki bozulmalar belirgin şekilde görülmektedir. Bu olumsuzluklar sistemin tüm elemanları üzerinde etkiler oluşturacaktır.

Üç Faz Kısa Devre Şebeke	Normal Şebeke
	

Şekil 6.46. Kavacık üç faz kısa devre hat başı gerilimleri

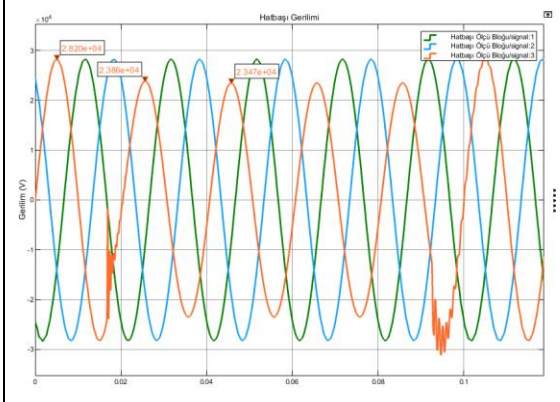
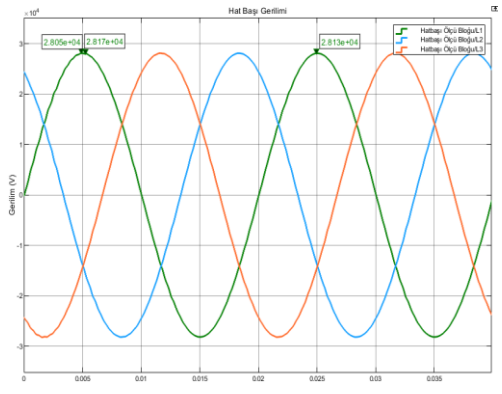
Şekil 6.47'deki hat başı akımları incelendiğinde üç fazlı kısa devre oluştuğu zaman diliminde sinüs eğrilerinde belirgin yükselmeler görülmektedir. Kısa devre olmadan önce 57,26 A olan akım değeri kısa devrenin gerçekleştiği zaman diliminde 5,79 kA

değerine kadar yükselmektedir. Yaklaşık 100 kat artan bu akım değeri sistemin tüm öğelerini termik ve dinamik açıdan zorlar.

Üç Faz Kısa Devre Şebeke	Normal Şebeke
	

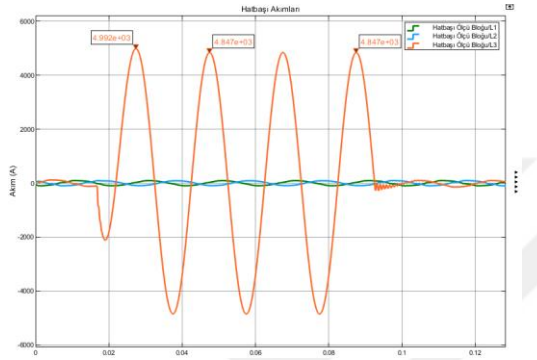
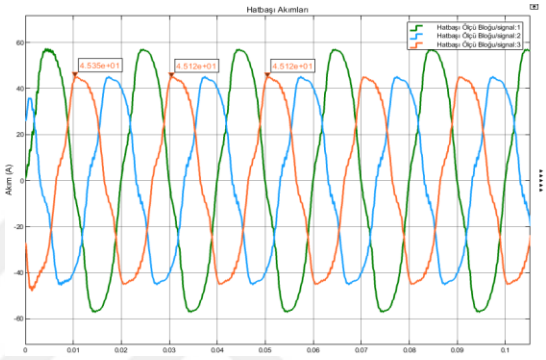
Şekil 6.47. Kavacık üç faz kısa devre hat başı akımları

Şekil 6.48'de görüldüğü üzere şarj istasyonları çalışırken hat başı faz gerilim değerleri 28,17 kV iken faz toprak kısa devresi oluştuğu zaman diliminde iki faz gerilimi genlikleri ve değerleri aynı şekilde devam ederken toprakla kısa devre olan fazın değeri de 23,86 kV değerine kadar düştüğü gözlenmiştir. Ayrıca sinüs eğrisindeki bozulmalar ve düşüşler belirgin şekilde görülmektedir. Bu olumsuzluklar sistemin tüm elemanları üzerinde etkiler oluşturacaktır.

Faz-Toprak Kısa Devre Şebeke	Normal Şebeke
	

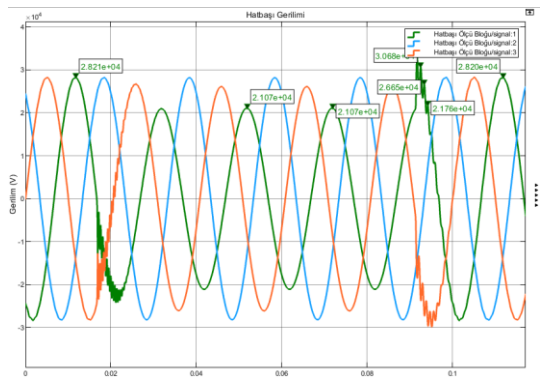
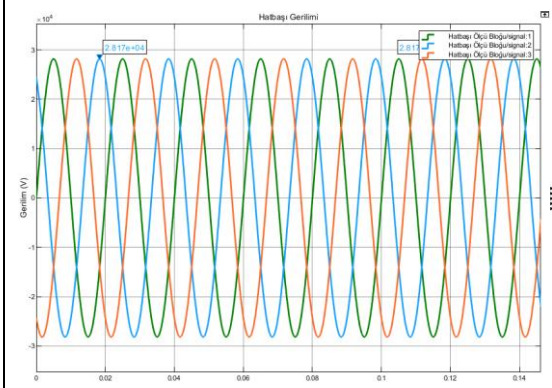
Şekil 6.48. Kavacık faz-toprak kısa devre hat başı gerilimleri

Şekil 6.49'daki hat başı akımları incelendiğinde faz toprak kısa devre oluştuğu zaman diliminde sinüs eğrilerinde belirgin yükselmeler görülmektedir. İki fazın akım genlikleri ve değerleri aynı şekilde devam ederken toprakla kısa devre olan fazın akım değeri kısa devre olmadan önce 45,12 A iken kısa devrenin gerçekleştiği zaman diliminde 4,99 kA değerine kadar yükselmektedir. Yaklaşık 110 kat artan bu akım değeri sistemin tüm öğelerini termik ve dinamik açıdan zorlar.

Faz-Toprak Kısa Devre Şebeke	Normal Şebeke
	

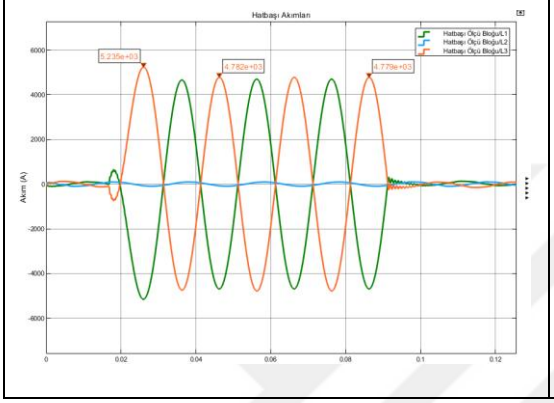
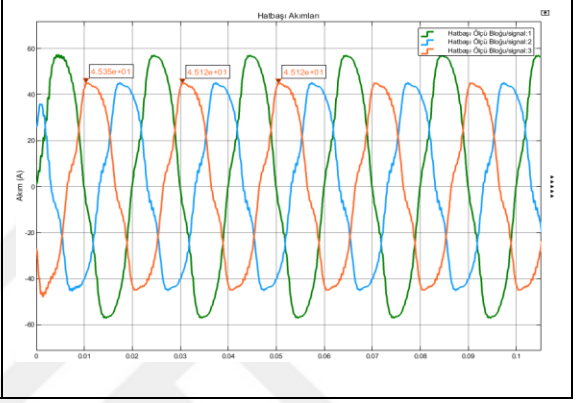
Şekil 6.49. Kavacık faz-toprak kısa devre hat başı akımları

Şekil 6.50'de görüldüğü üzere şarj istasyonları çalışırken hat başı faz gerilim değerleri 28,17 kV iken faz faz kısa devresi oluştuğu zaman diliminde arıza olmayan faz gerilimi genliği ve değeri aynı şekilde devam ederken kısa devre olan fazlarının değeri de 21,07 kV değerine kadar düştüğü gözlenmiştir.

Faz-Faz Kısa Devre Şebeke	Normal Şebeke
	

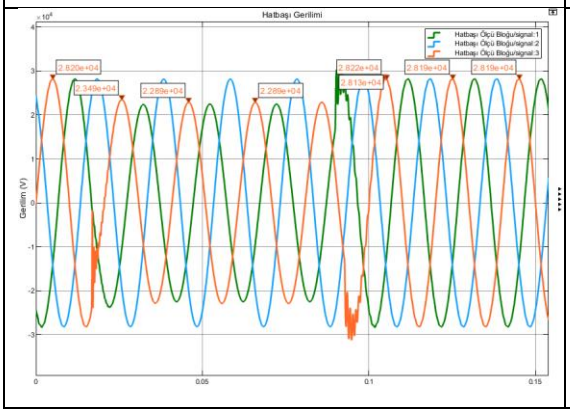
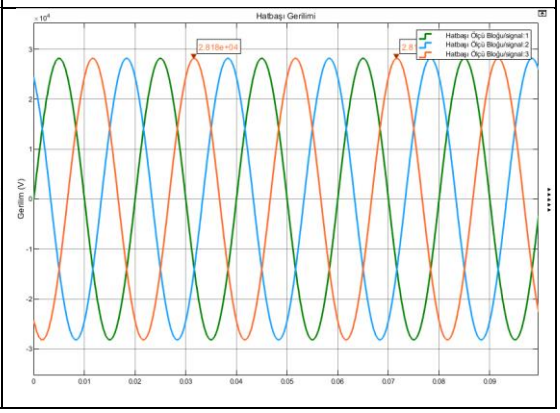
Şekil 6.50. Kavacık faz-faz kısa devre hat başı gerilimleri

Şekil 6.51'deki hat başı akımları incelendiğinde faz faz kısa devre oluştuğu zaman diliminde sinüs eğrilerinde belirgin yükselmeler görülmektedir. Kısa devre olmayan fazın akım genliği ve değeri aynı şekilde devam ederken kısa devre olan fazların akım değerleri kısa devre olmadan önce 45,12 A iken kısa devrenin gerçekleştiği zaman diliminde 5,23 kA değerine kadar yükselmektedir. Yaklaşık 116 kat artan bu akım değeri sistemin tüm öğelerini termik ve dinamik açıdan zorlar.

Faz-Faz Kısa Devre Şebeke	Normal Şebeke
	

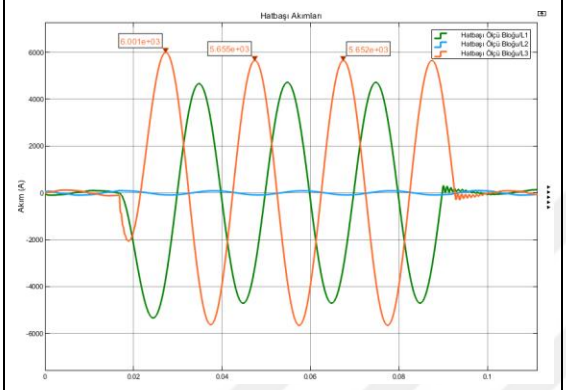
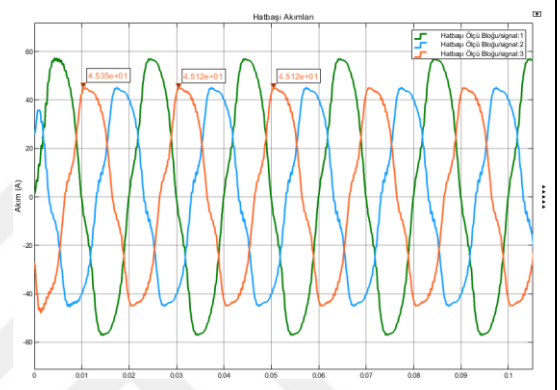
Şekil 6.51. Kavacık faz-faz kısa devre hat başı akımları

Şekil 6.52'de görüldüğü üzere şarj istasyonları çalışırken hat başı faz gerilim değerleri 28,17 kV iken iki faz toprak kısa devresi oluştuğu zaman diliminde iki faz gerilimi genlikleri ve değerleri 22,89 kV'a düşerken kısa devre olmayan fazın değerinde herhangi bir düşüş gözlenmemiştir.

İki Faz-Toprak Kısa Devre Şebeke	Normal Şebeke
	

Şekil 6.52. Kavacık iki faz-toprak kısa devre hat başı gerilimleri

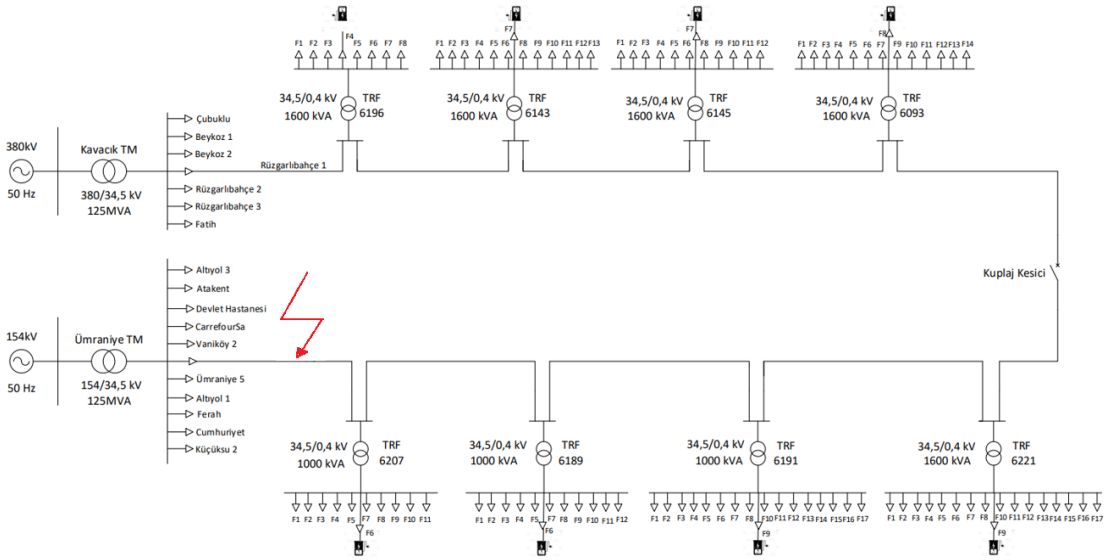
Şekil 6.53'teki hat başı akımları incelendiğinde iki faz toprak kısa devre oluştuğu zaman diliminde sinüs eğrilerinde belirgin yükselmeler görülmektedir. Kısa devre olmayan fazın akım genliği ve değeri aynı şekilde devam ederken toprakla kısa devre olan fazların akım değerleri kısa devre olmadan önce 45,12 A iken kısa devrenin gerçekleştiği zaman diliminde 6 kA değerine kadar yükselmektedir. Yaklaşık 133 kat artan bu akım değeri sistemin tüm öğelerini termik ve dinamik açıdan zorlar.

İki Faz-Toprak Kısa Devre Şebeke	Normal Şebeke
	

Şekil 6.53. Kavacık iki faz-toprak kısa devre hat başı akımları

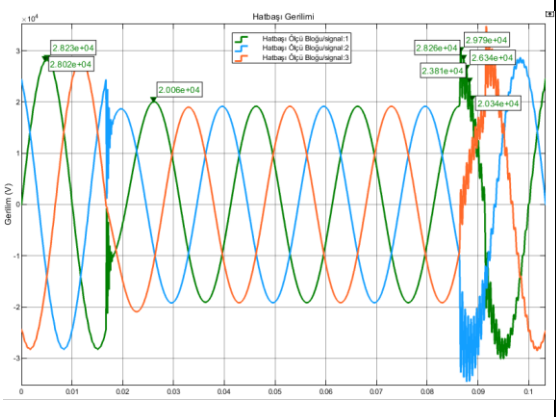
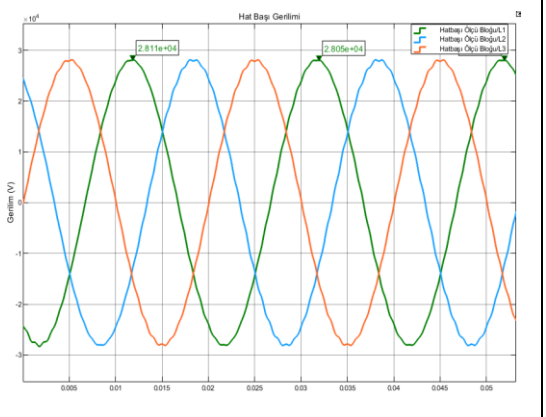
6.4. Ümraniye Hattı Üzerinde Kısa Devre Analizi

Ümraniye hattı başında meydana gelebilecek herhangi bir kısa devre durumunda şebekemiz yarı ring şebeke olması nedeniyle YG fider boyunun artması nedeniyle şebekesinin oluşturabileceği etkileri aşağıdaki grafiklerle incelenmiştir. Fider boyunun artması vede EAHŞİ'larının sayısı ile yük yoğunluğuna bağlı olarak arzı durumlarında tüm şebekenin koruma ve kumanda elmanları yeniden yapılandırılması aşikardır. Kısa devre durumlarının tüm çeşitleri uygulanmış olup elde edilen grafikler ve yorumları birlikte verilmiştir. MATLAB/Simulink yazılımı ile simüle edilen sistemin kısa devre noktası Şekil 6.54' te görülmektedir.



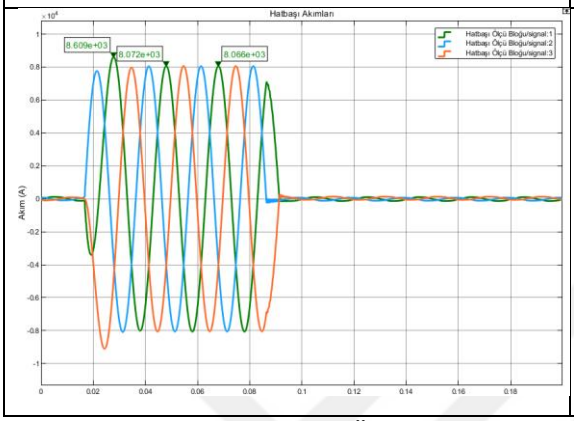
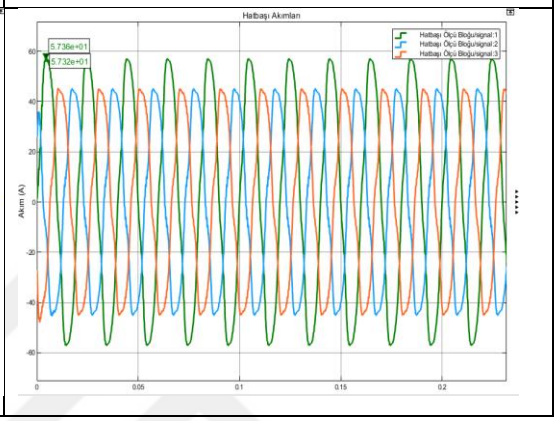
Şekil 6.54. Ümraniye hattı kısa devre şeması

Şekil 6.55'e bakıldığında şarj istasyonları çalışırken hat başı faz gerilim değerleri 28,11 kV iken üç fazlı kısa devresi oluştuğu zaman diliminde 20,06 kV değerine kadar düştüğü gözlenmiştir. Kısa devreden normal çalışma durumuna geçerken anlık 29,79 kV değerine kadar çıkabilmektedir. Ayrıca sinüs eğrisindeki bozulmalar belirgin şekilde görülmektedir. Bu olumsuzluklar sistemin tüm elemanları üzerinde etkiler oluşturacaktır.

Üç Faz Kısa Devre Şebeke	Normal Şebeke
	

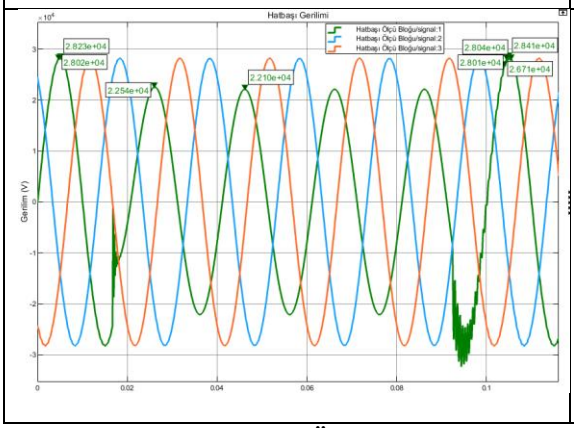
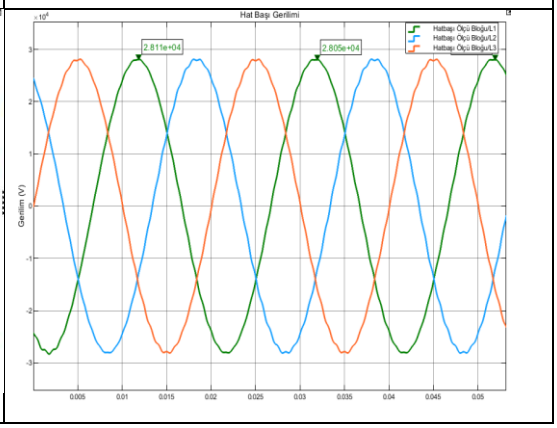
Şekil 6.55. Ümraniye üç faz kısa devre hat başı gerilimleri

Şekil 6.56'daki hat başı akımları incelendiğinde üç fazlı kısa devre oluştuğu zaman diliminde sinüs eğrilerinde belirgin yükselmeler görülmektedir. Kısa devre olmadan önce 57,36 A olan akım değeri kısa devrenin gerçekleştiği zaman diliminde 8,6 kA değerine kadar yükselmektedir. Yaklaşık 150 kat artan bu akım değeri sistemin tüm öğelerini termik ve dinamik açıdan zorlar.

Üç Faz Kısa Devre Şebeke	Normal Şebeke
	

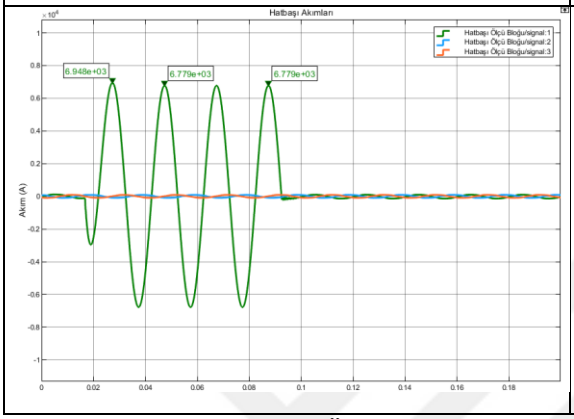
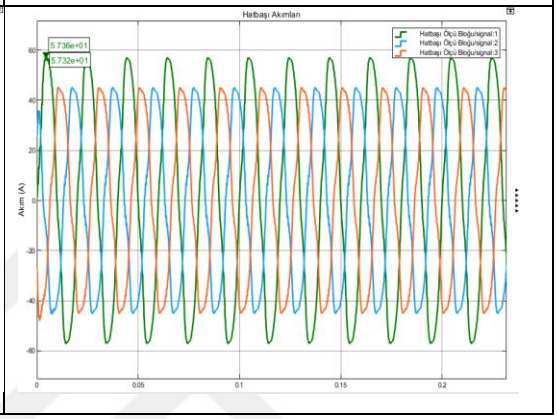
Şekil 6.56. Ümraniye üç faz kısa devre hat başı akımları

Şekil 6.57'de görüldüğü üzere şarj istasyonları çalışırken hat başı faz gerilim değerleri 28,11 kV iken faz toprak kısa devresi oluştuğu zaman diliminde iki faz gerilimi genlikleri ve değerleri aynı şekilde devam ederken toprakla kısa devre olan fazın değeri de 22,1 kV değerine kadar düştüğü gözlenmiştir. Bu olumsuzluklar sistemin tüm elemanları üzerinde etkiler oluşturacaktır.

Faz-Toprak Kısa Devre Şebeke	Normal Şebeke
	

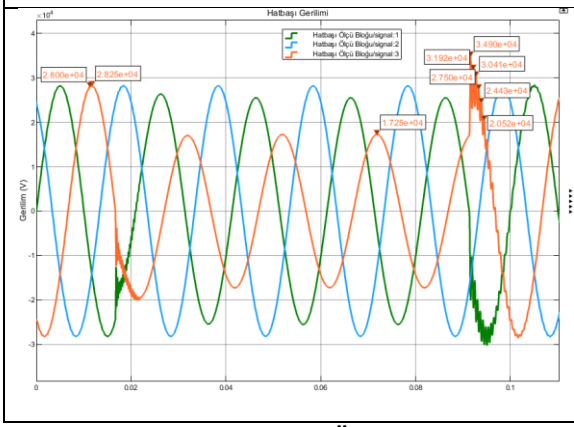
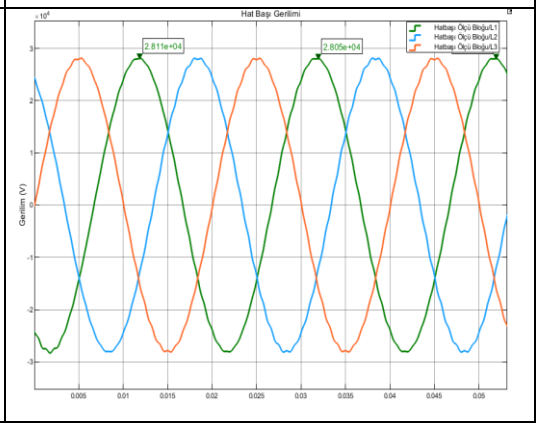
Şekil 6.57. Ümraniye faz toprak kısa devre hat başı gerilimleri

Şekil 6.58'deki hat başı akımları incelendiğinde faz toprak kısa devre oluştuğu zaman diliminde sinüs eğrilerinde belirgin yükselmeler görülmektedir. İki fazın akım genlikleri ve değerleri aynı şekilde devam ederken toprakla kısa devre olan fazın akım değeri kısa devre olmadan önce 57,32 A iken kısa devrenin gerçekleştiği zaman diliminde 6,94 kA değerine kadar yükselmektedir. Yaklaşık 110 kat artan bu akım değeri sistemin tüm öğelerini termik ve dinamik açıdan zorlar.

Faz-Toprak Kısa Devre Şebeke	Normal Şebeke
	

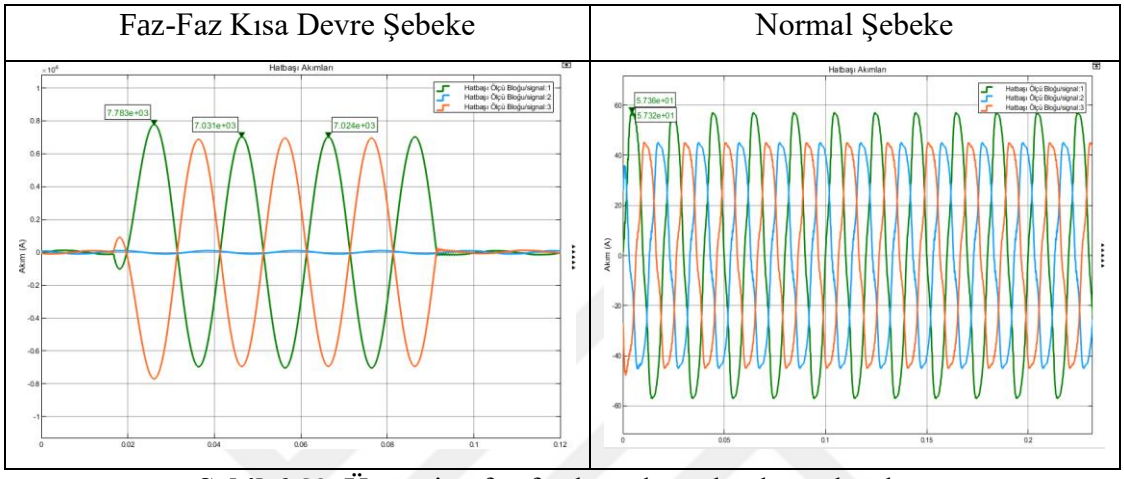
Şekil 6.58. Ümraniye faz toprak kısa devre hat başı akımları

Şekil 6.59'da görüldüğü üzere şarj istasyonları çalışırken hat başı faz gerilim değerleri 28,11 kV iken faz faz kısa devresi oluştuğu zaman diliminde arıza olmayan faz gerilimi genliği ve değeri aynı şekilde devam ederken kısa devre olan fazlarının değeri de 17,25 kV değerine kadar düştüğü gözlenmiştir.

Faz-Faz Kısa Devre Şebeke	Normal Şebeke
	

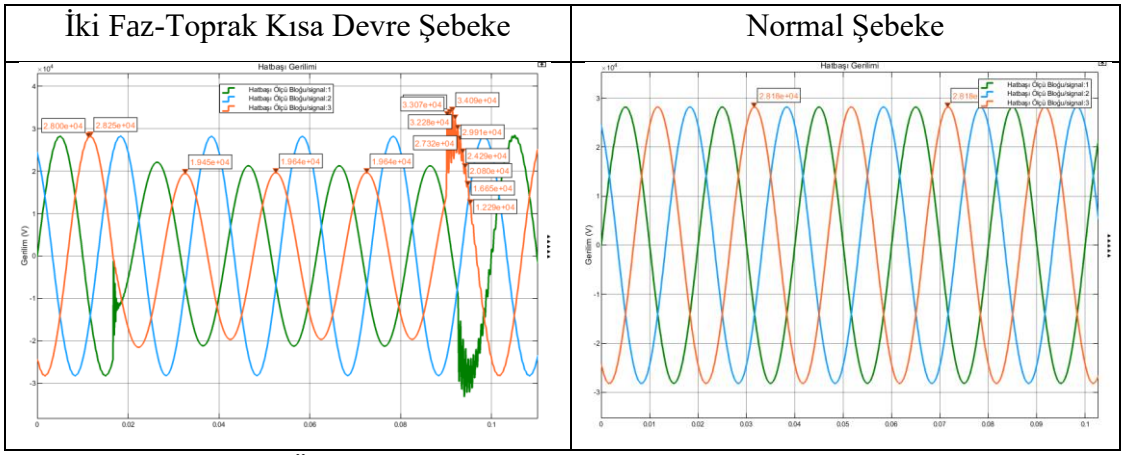
Şekil 6.59. Ümraniye faz faz kısa devre hat başı gerilimleri

Şekil 6.60'daki hat başı akımları incelendiğinde faz faz kısa devre oluştuğu zaman diliminde sinüs eğrilerinde belirgin yükselmeler görülmektedir. Kısa devre olmayan fazın akım genliği ve değeri aynı şekilde devam ederken kısa devre olan fazların akım değerleri kısa devre olmadan önce 57,36 A iken kısa devrenin gerçekleştiği zaman diliminde 7,78 kA değerine kadar yükselmektedir. Yaklaşık 136 kat artan bu akım değeri sistemin tüm öğelerini termik ve dinamik açıdan zorlar.



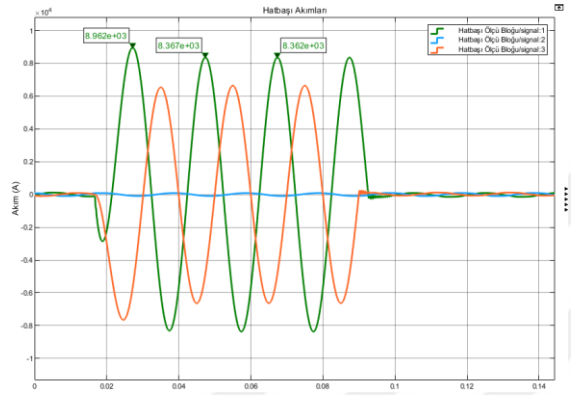
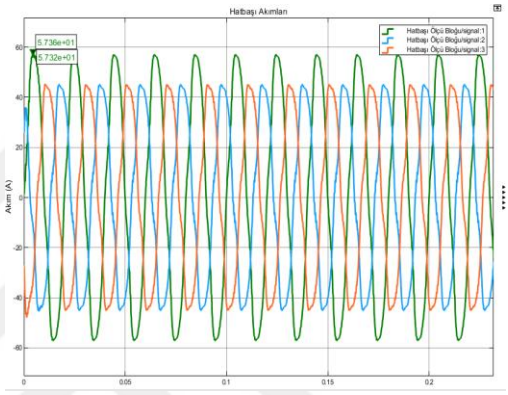
Şekil 6.60. Ümraniye faz faz kısa devre hat başı akımları

Şekil 6.61'de görüldüğü üzere şarj istasyonları çalışırken hat başı faz gerilim değerleri 28,18 kV iken iki faz toprak kısa devresi oluştuğu zaman diliminde iki faz gerilimi genlikleri ve değerleri 19,45 kV'a düşerken kısa devre olmayan fazın değerinde herhangi bir düşüş gözlenmemiştir. Bu olumsuzluklar sistemin tüm elemanları üzerinde etkiler oluşturacaktır.



Şekil 6.61. Ümraniye iki faz toprak kısa devre hat başı gerilimleri

Şekil 6.62'deki hat başı akımları incelendiğinde iki faz toprak kısa devre oluştuğu zaman diliminde sinüs eğrilerinde belirgin yükselmeler görülmektedir. Kısa devre olmayan fazın akım genliği ve değeri aynı şekilde devam ederken toprakla kısa devre olan fazların akım değerleri kısa devre olmadan önce 57,36 A iken kısa devrenin gerçekleştiği zaman diliminde 8,96 kA değerine kadar yükselmektedir. Yaklaşık 156 kat artan bu akım değeri sistemin tüm öğelerini termik ve dinamik açıdan zorlar.

İki Faz-Toprak Kısa Devre Şebeke	Normal Şebeke
	

Şekil 6.62. Ümraniye iki faz toprak kısa devre hat başı akımları

YG şebekemizin yarı ring şebeke olması ve herhangi bir kısa devre söz konusu olduğunda kısa devre bölgesinden arızalı bölgeyi ayırıp diğer bölgelerin enerjisiz kalmasını önlemek için kublaj kesicisini kapadığımızda YG fider boyu artacaktır. Fider boyunun artması ve de EAHŞİ sayısının artması ile kısa devre çeşidine bağlı olarak kısa devre akımlarının 100 ila 150 kat arttığı analiz sonuçlarında görülmektedir. Bu durum mevcut şebekenin EAHŞİ eklenmesi durumunda, koruma-kumanda elemanları değerleri değişmesi yeniden röle koordinasyonunun yapılması gibi birçok problemin çözülmesi yonunda iletim ve dağıtım şirketlerine mali ve zaman açısında yük oluşturacaktır.

7. SONUÇLAR

Şarj istasyonları teknolojilerinin ilerlemesi ve sayısının artmasıyla birlikte yakın gelecekte EA'ların trafikte görülme sıklığı artacaktır. EA'ların uzak menzile sahip olmamasından dolayı uzun yol seyahatlerinde zaman kazanma açısından hızlı şarj ihtiyacı doğmaktadır. Şarj süresinin kısalması, şarj istasyonunun tipine ve gücüne bağlı olarak şebekede yüksek miktarda gücün çekilmesine ve yük yoğunluğunun artmasına neden olacaktır. Bu durum elektrik dağıtım şebekesinde fazladan kontrolsüz yük olarak tanımlanabilir. Ayrıca EA'ların şarjı sırasında oluşturduğu yük profili geçmişten günümüze kadar bildiğimiz yük profillerinin dışında olup bu durumu analiz edecek yeterli şebeke verisine sahip değiliz. Bu anlamda değerlendirecek olursak EA'ların dağıtım şebekesi üzerinde oluşturmuş olduğu etkileri tümüyle tanımlayabilmek çözüm üretme noktasında bize daha fazla kolaylık sağlayacaktır. EAHŞİ'larına uyumlu yeni şebekeler oluşturana kadar, en uygun yük kontrol teknikleriyle ve ihtiyacın çok fazla olmadığı zaman dilimlerinde araçlar şarj edilerek EA şarj işleminin trafolar üzerindeki tesiri azaltılabilir. Talebin en az olduğu zaman dilimlerinde EA 'lar şarj edilerek transformatörler üzerindeki yük dengesi de sağlanabilir. Böylece transformatörlerin yük yoğunluğu ve arıza yapma olasılığı azaltılabilir. Şarj ünitelerine sahip olma gerekliliği, kentlerde bulunan otoparklar ve yeni yapılacak EA otoparkları için önem arz etmektedir. Bu durum, EA'ların şarj ünitelerinin şebekeye olan tesirleri dikkate alınarak geleneksel otopark planlamasında ele alınan parametrelerle birlikte bütüncül bir anlayışla planlamaya gidilmesini önermektedir. EA nüfuz oranının yükselmesi, EA alımda gelir seviyesinin lokasyonlara göre değişiklik göstermesi verimlilik ve çevresel etkiler açısından gereklilik arz etse de şebekeye ek bir yük olarak ortaya çıkmaktadır. Şebekedeki yük durumları, araçların eş zamanlılığına, şarj gücüne ve süresine bağlı olarak değişecektir. Dağıtım sistemini işleten şirketler planlamalarını yaparken bu durumları dikkate almalıldırlar. Bu çalışmada, optimal konum algoritması ile Kavacık-Ümraniye arasındaki bölgede 2 adet YG/YG fiderine bağlı 8 adet YG/AG dağıtım trafosu fiderlerine bağlı 16 adet EAHŞİ'nin optimal konumlandırılması yapılmıştır. Şebekeden alınan gerçek veriler ışığında bu yarı ring şebeke sisteminde; EAHŞİ'nin optimal konumlarda oluşturmuş olduğu gerilim, akım, güç ve toplam harmonik bozulma değerlerinin değişimi analiz edilmiştir. Bu modelleme sonucunda şebekenin gerilim düşümü oranlarının yönetmelik dışına çıkmadığı, ancak şarj istasyonu sayısı arttıkça bu değerlerin sınır değere yaklaşacağı hatta aşacağı öngörülmektedir. Bu durum ise şebeke

içerisinde gerilim düzenleyici ekipmanların kullanılmasına neden olacaktır. Tek fazlı EAHŞİ'larının bağlı bulunduğu fazlarda yüksek ve dengesiz akımların oluştuğu görülmektedir. Bu durum hatların dengesiz yüklenmesi sonucu kablo ısınmasına, kayıplara ve şebekeye bağlı çalışan cihazları olumsuz yönde etkileyecektir. Üç fazlı EAHŞİ'ları ise şebekede yüksek akıma bağlı yük yoğunluğu artırdığı ve buna bağlı aktif ve reaktif güçlerde yaklaşık 1,5-2,5 kat artış olduğu görülmektedir. Ayrıca hem gerilim hemde akıma bağlı bu durumlar için şarj istasyonun yapılarından kaynaklı harmonik değerlerinin şebeke harmonik değerlerini yaklaşık 10-20 kat aralığında artırdığı tespit edilmiştir. EA'lar şarj istasyonlarına bağlı iken oluşan kısa devre akımları, normal çalışma anındaki kısa devre akımlarına göre neredeyse 100 ila 200 kat arasında artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu yüksek artışlar şebekenin ve şarjın gerçekleştiren bataryalarda sorunlara neden olacaktır. Modellenen şebeke yüzölçümü alanına göre 16 adet EAHŞİ sayısı, ileride kurulacak EAHŞİ sayısına oranla çok az olacağı aşikardır. Bu doğrultuda şarj istasyonlarının sayısı arttıkça bu oranların daha da artması muhtemeldir. Bu durumda sistem bileşenleri olan dağıtım şebekesinin kontrol, kumanda ve koruma elemanları değerlerinde, kablo kesitlerinde, röle koordinasyon hesaplamalarında değişime ve yeni kompanzasyon tesislerinin kurulumuna neden olacaktır. Tüm bu veriler ışığında bahsedilen bu ve buna benzer problemlerin çözülmesi yolunda iletim ve dağıtım şirketlerine ek maliyet ve zaman açısından yük oluşturacaktır. Şarj istasyonlarının bağlı olacağı noktalarda, talep edilecek yüksek güç değerinin dağıtım şirketleri tarafından dağtım merkezleri hatlarını güçlendirerek kurulu güç artırılması yapılmalıdır. Çalışma EAHŞİ'nin konumlarının belirlenmesinde yeni bir yaklaşım olması, ülkemizdeki varolan şebeke verileri doğrultusunda dağıtım şirketlerinden alınacak tek hat şemaların yük akış analizleri yapılarak dinamik modellenmesi sağlanmalıdır. Bu durumda, bağlanacak EA'ların yük profillerine bağlı olarak şarj istasyonlarının kurulu güç değerleri belirlenmeli ve şarj istasyonları için optimum konumlandırma planı oluşturulmalıdır. Bu plan dahilinde, yapılması düşünülen yeni bir şarj istasyonu ağı için dağıtım şirketleri tarafından en uygun elektriksel altyapı çalışması hızlı ve verimli şekilde gerçekleştirilmiş olacaktır. EAHŞİ'lerin şebekede oluşturduğu olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için mevcut geleneksel dağıtım şebekelerin yerine akıllı şebekelerin tercih edilmesi kuvvetli bir seçenektir. Böylece dağıtım şebeke sistemi ile şarj istasyonu arasında çift yönlü enerji akışı sağlanarak şebekenin en yüksek verimde kullanmak mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

[1] Nykvist, B., Nilsson, M. (2015). Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles. Nat. Clim. Change 5, 329–332.

[2] Perujo, A., Ciuffo, B. (2010). The introduction of electric vehicles in the private fleet: Potential impact on the electric supply system and on the environment. A case study for the Province of Milan. Italy, Energy Policy, Volume 38, Issue 8.

[3] Pazouki, S., Mohsenzadeh, A., Haghifam, M. (2015). "Simultaneous Allocation of Charging Stations and Capacitors in Distribution Networks Improving Voltage and Power Loss", IEEE Journals& Magazines,

[4] Meyer, D., Choi, J., Wang, (2015). J. Increasing EV public charging with distributed generation in the electric grid. In Proceedings of the 2015 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC), Dearborn, MI, USA, 14–17 June, pp. 1–6.

[5] Bosovic, A., Music, M., Sadovic, S. (2014). Analysis of the impacts of plug-in electric vehicle charging on the part of a real medium voltage distribution network. In Proceedings of the 2014 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT-Europe), Istanbul, Turkey, 12–15 October; pp. 1–7.

[6] U.S Department of Energy, (2008). Plug-in Hybrid Electric Vehicle Charging Infrastructure Review, Vehicle Technologies Program- Advance vehicle Testing Activity, Final Report, November, USA.

[7] Liu, R., Dow, L., Liu, E. (2011). A Survey of PEV Impacts on Electric Utilities, IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference, Anaheim, CA, USA.

[8] Jewell W., Ward, D.J. (2002). Single Phase Harmonic Limits, PSERC EMI, Power Quality, and Safety Workshop, Wichita State University, April 18-19, USA.

[9] Putrus, G. A. (2009). Impact of Electric Vehicles on Power Distribution Network, IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, September 20-25, USA.

[10] Elektrik Dağıtımı ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği,

http://www3.epdk.org.tr/index.php/elektrik-piyasasi/mevzuat?id=992. 8 Aralık 2022.

[11] Go, H. S., Kim, D. U., Kim, J. H., v.d. (2015). A Study on voltage sag considering real-time traffic volume of electric vehicles in South Korea. Journal of Electrical Engineering and Technology, 10(4), 1492-1501.

[12] Hui, S., & Yonghai, X. (2016). Study on the impact of voltage sags on different types of electric vehicle chargers. In 2016 China International Conference on Electricity Distribution (CICED) (pp. 1-4). IEEE.

[13] Nikitha, L., Anil, L., Tripathi, A., & Nagesh, S. (2017). Effect of electrical vehicle charging on power quality. In 2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (pp. 2149-2153). IEEE.

[14] Sheng, Q., Chen, M., Li, Q., Wang, Y., & Hassan, M. A. S. (2018). Analysis for the Influence of Electric Vehicle Chargers with Different SOC on Grid Harmonics. In Advances in Green Energy Systems and Smart Grid (pp. 284-294). Springer, Singapore.

[15] Chakraborty, S., Vu, H. N., Hasan, M. M., Tran, D. D., Baghdadi, M. E., & Hegazy, O. (2019). DC-DC converter topologies for electric vehicles, plug-in hybrid electric vehicles and fast charging stations: State of the art and future trends. Energies, 12(8), 1569.

[16] Das, H. S., Rahman, M. M., Li, S., & Tan, C. W. (2020). Electric vehicles standards, charging infrastructure, and impact on grid integration: A technological review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 120, 109618.

[17] Katić, V. A., Aleksandar, M., Dumnić, B. P. (2019). Impact of V2G operation of electric vehicle chargers on distribution grid during voltage dips. In IEEE Eurocon 2019-18th International Conference on Smart Technologies (pp. 1-6).

[18] Nour, M., Chaves-Ávila, J. P., Magdy, G., & Sánchez-Miralles, Á. (2020). Review of positive and negative impacts of electric vehicles charging on electric power systems. Energies, 13(18), 4675.

[19] Baraniak, J., Starzyński, J. (2020). Modeling the Impact of Electric Vehicle Charging Systems on Electric Power Quality, Energies, vol. 13, no. 15, p. 3951, August, Warsaw, Poland.

[20] Watson, N.; Watson, R.; Paterson, T.; Russell, G.; Ellerington, M.; Langella, R. (2020). Power Quality of a bidirectional Electric Vehicle charger. In Proceedings of the 2020 19th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP), pp. 1–5, 22–25 March, New York, USA.

[21] Megha, A., Mahendran, N., & Elizabeth, R. (2020). Analysis of Harmonic Contamination in Electrical Grid due to Electric Vehicle Charging. In 2020 Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT) (pp. 608-614), IEEE, Tirunelveli, India.

[22] Selvabharathi, D., Saha, M., Haldar, R., Palanisamy, R., & Karthikeyan, D. (2020). Inspection of Power Quality Issues in Electric Vehicles and its Mitigation. International Journal of Electrical Engineering and Technology, 11(3), pp. 113-121.

[23] Pareek, S., Sujil, A., Ratra, S., & Kumar, R. (2020). Electric vehicle charging station challenges and opportunities: A future perspective. In 2020 International Conference on Emerging Trends in Communication, Control and Computing (ICONC3) (pp. 1-6). IEEE.

[24] Deepa, M. H., Rao, P. P. C., & Kishore, P. (2020). Investigation of Power worth Issues from Electric Vehicle Charging Station.

[25] Tasnim, S., Uddin, M. J., Tahsin, S., & Anam, K. (2020). Developing Efficient Charging Schedule of Electrical Vehicles for Centralized Charging Station by

Analyzing Impact on Distribution Network Due to EV Charging. European Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 4(5).

[26] Sabarimuthu, M., Senthilnathan, N., Monnisha, A. M., KamaleshKumar, V., Sree, S. K., & Sundari, P. M. (2021). Measurement and Analysis of Power Quality Issues Due to Electric Vehicle Charger. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1055, No. 1, p. 012131). IOP Publishing.

[27] Sreenadh, R., Rama, P.M. (2022). A Review on Photovoltaic based DC Fast charging station for Electric Vehicles. J. Electrical Systems 18-4: 567-581.

[28] Medugorac, M., Capuder, T., Bago, D., Susac S., Marijanovic M. (2022). Impact Of Charging Stations For Electric Vehicles On The Power Distribution Network. B&H Electrical Engineering, Volume 16, Issue 2, 2022:30-36.

[29] Naser, N., Math, H. J. B. (2023). Impact of modelling of MV network and remote loads on estimated harmonic hosting capacity for an EV fast charging station. International Journal of Electrical Power and Energy Systems.

[30] Tim, S., Vladimir, C., Sjef, C. (2023). Summation of supraharmonic currents (2–150 kHz) from EV fast charging stations, Electric Power Systems Research 220, 109371.

[31] Vedant, S., Virender, S., Vaibhav, S. (2021). Analysis of electric vehicle trends, development and policies in India, Case Studies on Transport Policy, 9, 1180–1197.

[32] Mastoi, M.S., Zhuang, S., Munir, H.M., Haris, M. (2022). An in-depth analysis of electric vehicle charging station infrastructure, policy implications, and future trends, Energy Reports, 8, 11504–11529.

[33] Gupta, R.S., Tyagi, A., Anand, S. (2021). Optimal allocation of electric vehicles charging infrastructure, policies and future trends, Journal of Energy Storage 43, 103291.

[34] İş yeri açma ve çalışma ruhsatlarına ilişkin yönetmelikte değişiklik yapılmasına dair yönetmelik, https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/04/20210417-2.pdf, 15 Mart 2023

[35] İş yeri açma ve çalışma ruhsatlarına ilişkin yönetmelikte değişiklik yapılmasına dair yönetmelik, https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/06/20200609-22.pdf, 16 Mart 2023

[36] Kaya, R. (2022). Elektrikli Araçların Şehir Şebekesine Entegrasyonu: Mardin Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 17-18, Batman, Türkiye.

[37] Rahman, S., Khan, I.A. (2020). A Review on Impact Analysis of Electric Vehicle Charging on Power Distribution Systems. In 2020 2nd International Conference on Smart Power & Internet Energy Systems (SPIES), pp. 420-425. IEEE.

[38] S. Sharma, Panwar, A. K., Tripathi, M. M. (2020). Storage technologies for electric vehicles, Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition),

vol. 7, no. 3. Periodical Offices of Chang- an University, pp. 340–361, 01-Jun.

[39] Hussain, M. T., Bin Sulaiman, D. N., Hussain, M. S., Jabir, M. (2021). Optimal Management strategies to solve issues of grid having Electric Vehicles (EV): A review," Journal of Energy Storage, vol. 33. Elsevier Ltd, p. 102114, 01-Jan.

[40] Electric Power Research Institute (EPRI), "Comparing the benefits and impacts of hybrid electric vehicle options for compact sedan and sport utility vehicles" Final Report, July 2002

[41] Electric Power Research Institute (EPRI), (2002). "Comparing the benefits and impacts of hybrid electric vehicleoptions for compact sedan and sport utility vehicles" Final Report, July.

[42] Bora, Y. (2017). Elektrikli Araç Sistemlerinin İncelenmesi, Elektrik Mühendisliği, Yıldız Teknik Üniversitesi , İstanbul, Türkiye.

[43] Angelov, G., Andreev, M., & Hinov, N. (2018). Modelling of electric vehicle charging station for DC fast charging. [Conference presentation]. 41st International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE), May 16-20, Zlatibor, Serbia.

[44] Duan, X., Hu, Z., Song, Y. (2021). Bidding Strategies in Energy and Reserve Markets for an Aggregator of Multiple EV Fast Charging Stations with Battery Storage, IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., vol. 22, no. 1, pp. 471–482, Jan.

[45] Sen, G., Uzunoğlu M., Boynueğri A. R. (2011). Elektrikli Araçlarin Şarj Yöntemleri Ve Araçlarin Şebekeyle Bağlantisinda Karşilaşilan Problemlere Yönelik Çözüm Önerileri, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, Fırat Üniversitesi s.357-362, Elazığ, Türkiye.

[46] Mazumder, M., Debbarma, S. (2021). EV charging stations with a provision of V2G and voltage support in a distribution network, IEEE Systems Journal, vol. 15, no. 1, pp. 662-671.

[47] Verma, A., Singh, B. (2020). Multimode Operation of Solar PV Array, Grid, Battery and Diesel Generator Set Based EV Charging Station, in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 56, no. 5, pp. 5330–5339.

[48] Bharathidasan, M., Indragandhi, V., Suresh, V. (2022). A review on electric vehicle: Technologies, energy trading, and cyber security, Energy Reports, 8, 9662–9685.

[49] Jia Y.Y. (2015). A review on the state-of-the-art technologies of electric vehicle, its impacts and prospects. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol 49: 365-385.

[50] Turgut M. (2018). Elektrikli Araçlar İçin Batarya Yönetim Sistemi Tasarımı Ve Geliştirilmesi, Yüksek Lisans, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye.

[51] Shura, (2019). Türkiye ulaştırma sektörünün dönüşümü: Elektrikli araçların Türkiye dağıtım şebekesine etkileri, https://shura.org.tr/wp63 content/uploads/2019/12/Turkiye-ulastirma-sektorunun-donusumu-

Elektrikliaraclarin-Turkiye-dagitim-sebekesine-etkileri-1-1.pdf, 22 Aralık 2022

[52] Hussain, A., Bui, V. H., Kim, H. M. (2020). Optimal Sizing of Battery Energy Storage System in a Fast EV Charging Station Considering Power Outages, IEEE Trans. Transp. Electrif., vol. 6, no. 2, pp. 453–463, Jun.

[53] Boribun B., PaolaorP., Kulworawanichpong T. (2013). Impact of Electric Bus Charging in Power Distribution Systems, The 2013 World Congress on Advances in Nano, Biomechanics, Robotics and Energy Research (ANBRE13), 25-28 August Seoul, Korea.

[54] Liu B. C., Chau K. T., Wu D., Gao S. (2013). Opportunities and Challenges of Vehicle-to-Home , Vehicle-to-Grid Technologies, Proc. IEEE, 101(11):2409–2427.

[55] Richardson P., Flynn D. ve Keane A. (2012). Local Versus Centralized Charging Strategies for Electric Vehicles in Low Voltage Distribution Systems, IEEE Transactions on Smart Grid, 3(2):1020–1028.

[56] Zakariazadeh A., Jadid S., Siano P. (2014). Multi-Objective Scheduling of Electric Vehicles in Smart Distribution System, Energy Convers. Manag., 79:43–53.

[57] Andrade F., Cárdenas J. J., Romeral L., Cusido J. (2012). Modeling and Studying of Power flow in a Parking Lot with Plug-in Vehicles and the Impact in the Public Utility, Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), IEEE PES, 16-20 Jan., Washinton DC, USA,

[58] Zhang P., Qian K., Zhou C., Stewart B. G. ve Hepburn D. M. (2012). A Methodology for Optimization of Power Systems Demand Due to Electric Vehicle Charging Load, IEEE Trans. Power Syst., 27(3):1628–1636.

[59] Hossain M., Tushar K., Assi C., Maier M. (2014). Smart Microgrids: Optimal Joint Scheduling for Electric Vehicles and Home Appliances, IEEE Transactions on Smart Grid, 5(1):239–250.

[60] Yao W., Zhao J., Wen F., Dong Z.,Sets A. (2014). A Multi-Objective Collaborative Planning Strategy for Integrated Power Distribution and Electric Vehicle Charging Systems, IEEE Transactions on Power Systems, 29(4):1–11.

[61] Kerem, A., Gürbak, H. (2020). Fast Charging Station Technologies For Electric Vehicles. Gazi University Journal of Science, April, vol. 8, no. 3,pp 1-2.

[62] Mansoor, A. (2013). Emerging Technologies Enable “No Regrets” Energy Strategy, January, 87-89.

[63] Ahmad, S. (2019). Impact Assesment Of Electric Car Charging On LV Grids. Master Thesis. Budapest Universityof Technology and Economics. Budapest. 54s.

[64] Hall, D., Lutsey, N. (2017). Emerging best practices for electric vehicle charging infrastructure. Washington, DC: The International Council on Clean Transportation (ICCT).

[65] Ahmadi, M., Mithulananthan, N., Sharma, R. (2016). A review on topologies

for fast charging stations for electric vehicles. In 2016 IEEE International Conference on Power System Technology (POWERCON), September, (pp. 1-6). IEEE.

[66] Dericioglu, C., Yirik, E., Unal, E., Cuma, M. U., Onur, B., & Tumay, M. (2018). A Review of Charging Technologies For Commercial Electric Vehicles. International Journal of Advances on Automotive and Technology, 2(1), 61-70.

[67] Bhattacharjee, S., Batool, S., Nandi, C., & Pakdeetrakulwong, U. (2017). Investigating Electric Vehicle (EV) Charging Station Locations for Agartala, 28-29 December, India.

[68] Hatton, C. E., Beella, S. K., Brezet, J. C., Wijnia, Y. (2009). Charging Stations for Urban Settings the design of a product platform for electric vehicle infrastructure in Dutch cities, World Electric Vehicle Journal, 3(1), 134-146.

[69] Shafad, K.H., Jamian, J.J., Nasir, S.A.S. (2016). Harmonic distortion mitigation for multiple modes charging station via optimum passive filter design, In 2016 IEEE Conference on Systems, Process and Control (ICSPC), (pp. 219-223). IEEE.

[70] Rahman, S., Khan, I.A., Khan, A.A. (2022). Comprehensive review & impact analysis of integrating projected electric vehicle charging load to the existing low voltage distribution system, Renewable and Sustainable Energy Reviews 153, 111756.

[71] Kerem, A., Doğan, N., & Yılmaz, A. S. (2021). Scenario-based modeling of the effects of electric vehicle charging station on the grid. In 2021 5th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) (pp. 31-36).

[72] Rubino, L., Capasso, C., Veneri, O. (2017). Review on plug-in electric vehicle charging architectures integrated with distributed energy sources for sustainable mobility, Applied Energy 207, 438–464.

[73] Dulao, L. I., Bica, D. (2020). Effects of Electric Vehicles on Power Networks, 13th International Conference Interdisciplinarity in Engineering (INTER-ENG 2019), Procedia Manufacturing 46: 370–377.

[74] Maroti, P.K., Padmanaban, S., Bhaskar, M.S., Ramachandaramurthy, V.K., Blaabjerg, F. (2022). The state-of-the-art of power electronics converters configurations in electric vehicle Technologies, Power Electronic Devices and Components, 1, 100001.

[75] Vazifeh, M. M., Zhang, H., Santi, P., Ratti, C. (2019). Optimizing the deployment of electric vehicle charging stations using pervasive mobility data. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 121, 75-91.

[76] Farmer, C., Hines, P., Dowds, J., Blumsack S. (2010). Modeling the Impact of Increasing PHEV Loads on the Distribution Infrastructure, 43rd Hawaii International Conference, pp 1530-1605, January 8-10, Koloa, USA.

[77] Akar, O. (2022). Mevcut ve Yeni İnşa Edilecek Dağıtım Trafolarının Konum ve Güç Değerlerinin Kapsama Alanı Tabanlı Eniyilemesi, Doktora Tezi, Marmara

Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

[78] Boulanger, A.G., Chu, A.C., Maxx S., Waltz D.L. (2011). Vehicle Electrification: Status and Issues, Proceedings of the IEEE, Vol. 99, No. 6.

[79] Yassir, A. A., Magdy, M.A. (2017). Economical staging plan for implementing electric vehicle charging stations, Sustainable Energy, Grids and Networks, 10, 12–25.

[80] Prakash, K., Ali, M., Siddique, M.N.I. (2022). Bi-level planning and scheduling of electric vehicle charging stations for peak shaving and congestion management in low voltage distribution network, Computers and Electrical Engineering, 102,108235.

[81] Gomez, J.C., Medhat, M.M. (2008). Impact of EV Battery Chargers on the Power Quality of Distribution Systems, IEEE Transactions on Power Delivery, vol.18, no.3.

[82] Akar, O., Terzi, Ü. K., Dursun, E. (2018). The Impact of Grid Connected Distributed Power Generation Systems on Power Quality . CIAE 2018 International Conference on Innovative Engineering Applications, Sivas, Turkey

[83] Moses P.S., Masoum M.A.S., Smedley K.M. (2011). Harmonic Losses and Stresses of Nonlinear Three-Phase Distribution Transformers Serving Plug-In Electric Vehicle Charging Stations, Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), 2011 IEEE PES, 17-19 Jan 2011, Anaheim, CA, 1–6.

[84] Özdentürk, A., (2021). Elektrikli araç şarj cihazlarında kullanılan tek fazlı aktif doğrultucuların şebekeye etkilerinin karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü. Konya. 76s.

[85] Sonmezocak, T., Akar, O., Terzi, Ü. K. (2022). High Performance Adaptive Active Harmonic Filter Design For Non-Linear Led Loads. Light & Engineering, vol.30, no.1, 29-38.

[86] Power quality – IEEE 519, https://comsys.se/ADF/en/technology/power-quality/pq-standard/ieee519.html, 15 Aralık 2022

[87] Demirci, A., Akar, O., Terzi, Ü.K., Sönmezocak, T. (2020). Investigation of International Harmonic Standards in Power Systems . 4th International Mardin Artuklu Scientific Researches Conference (pp.97-110), Mardin, Türkiye.

[88] Wetzer, J. (2018). Operation of transformers: Impact of harmonic loading on transformer losses. Transformers Magazine 5, no. 1, 74-79.

[89] Soysal, S. (2008). Bolu -Düzce Bölgesi 154 kV / 34,5 kV İletim VE Dağıtım Şebekesinin Bilgisayar Ortamında Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

[90] Küçük, S. (2018). Elektrik Tesislerinde Arızalar, Papatya Bilim Üniversite Yayınclığı, İstanbul, Türkiye.

[91] Ulutaş, V. (2021) Sakarya Bölgesinde Röle Açma Akım Bilgilerinin Ve Koordinasyonunun Tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri

Enstitüsü, Sakarya, Türkiye, 8-16

[92] Arifoğlu, U. (1987). Kısa Devre Olaylarında Hata Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

[93] Güney, İ., Ay, S. (2001). Çözümlü enerji iletim hatları problemleri, Marmara Üniversitesi, 19., ISBN: 9754002363, İstanbul, Türkiye.

[94] Çeri, E. (2023). Vaniköy Elektrik Dağıtım Şebekesi Bilgisi. Vaniköy Operasyon Merkezi.

[95] Gade, K. (2010). A Non-singular Horizontal Position Representation. Journal of Navigation. 63 (3): 395–417

[96] Akar, O. (2022). Location of transformers during the extension of an electricity distribution network, Electrıc Power Systems Research , vol.211.

[97] Akar, O. (2021). An Efficient Methodology Based on Coverage Area to Modify Location and Power Ratings of Distribution Transformers, IEEE Transactions on Power Delivery , vol.36, no.5, pp.2705-2714.

[98] Akar, O.,Terzi, U.K., Ozgonenel, O. (2019). Coverage Based Optimization of Location and Power Values of Current and New Distribution Transformers, 6. Int. Multidis. Stud. Cong., April, vol.1, no.1, pp. 395–405, Gaziantep, Turkey.

EKLER

EK-1 Phyton yazılım dilinde şarj istasyonu yerleşim kodları

EAHŞİ 1-2-3

```
import math
import random
from tabulate import tabulate
# Verilen koordinatlar
trafo_koordinat = (41.096871, 29.091761)
en_uzak_mesafe = 230  # Metre cinsinden, trafo merkezine olan en uzak mesafe
# Diğer verilen koordinatlar
avm_koordinat = (41.100107, 29.092649)
ana_yol_koordinat = (41.087264, 29.093720)
petrol_istasyonu_koordinat = (41.094707, 29.091190)
otopark_koordinat = (41.094448, 29.091959)
ulasim_istasyonu_koordinat = (41.095950, 29.091920)
resmi_kurumlar_koordinat = (41.097126, 29.090889)
normal_easi_koordinat = (41.095451, 29.086329)
# Haversine fonksiyonu
def haversine(coord1, coord2):
    R = 6371 * 1000  # Dünya yarıçapı, metre cinsinden
    lat1, lon1 = math.radians(coord1[0]), math.radians(coord1[1])
    lat2, lon2 = math.radians(coord2[0]), math.radians(coord2[1])
    dlon = lon2 - lon1
    dlat = lat2 - lat1
    a = math.sin(dlat/2)**2 + math.cos(lat1) * math.cos(lat2) * math.sin(dlon/2)**2
```

```
    c = 2 * math.atan2(math.sqrt(a), math.sqrt(1-a))
    distance = R * c
    return distance
# Yeni araç şarj istasyonu koordinatlarını hesapla
def find_charging_station(trafo_koordinat, en_uzak_mesafe, bir_mesafe):
    while True:
        # Rastgele bir değer üret
        random_distance = random.uniform(bir_mesafe, en_uzak_mesafe)
        # Bu değeri kullanarak yeni istasyonun koordinatlarını hesapla
        new_latitude = trafo_koordinat[0] + (random_distance / 6371 / 1000) * math.cos(math.radians(trafo_koordinat[0]))
        new_longitude = trafo_koordinat[1] + (random_distance / (6371 / 1000))
        new_location = (new_latitude, new_longitude)
        # Yeni istasyon ile trafo merkezine arasındaki mesafeyi hesapla
        distance = haversine(trafo_koordinat, new_location)
        # Eğer mesafe 200 metreden küçükse ve diğer koordinatlara da uygunsa yeni istasyonu döndür
        if distance <= en_uzak_mesafe and all([
            haversine(new_location, avm_koordinat) > bir_mesafe,
            haversine(new_location, ana_yol_koordinat) > bir_mesafe,
            haversine(new_location, petrol_istasyonu_koordinat) > bir_mesafe,
            haversine(new_location, otopark_koordinat) > bir_mesafe,
            haversine(new_location, ulasim_istasyonu_koordinat) > bir_mesafe,
            haversine(new_location, resmi_kurumlar_koordinat) > bir_mesafe,
            haversine(new_location, normal_easi_koordinat) > bir_mesafe
        ]):
```

```
        return (new_location, distance)


# Belirlediğiniz koordinatlara en uzak 200 metre mesafede bir şarj istasyonu oluştur
bir_mesafe = 0 # 30 metre mesafe
new_charging_station, distance_to_trafo = find_charging_station(trafo_koordinat, en_uzak_mesafe, bir_mesafe)
# Tüm konumların koordinatlarını ve mesafelerini hesaplayın
locations = {
    "Trafo": trafo_koordinat,
    "AVM": avm_koordinat,
    "Ana Yol": ana_yol_koordinat,
    "Petrol İstasyonu": petrol_istasyonu_koordinat,
    "Otopark": otopark_koordinat,
    "Ulaşım İstasyonu": ulasim_istasyonu_koordinat,
    "Resmi Kurumlar": resmi_kurumlar_koordinat,
    "Normal EAŞİ": normal_easi_koordinat,
    "Yeni Şarj İstasyonu": new_charging_station
}
# Sonuçları bir tablo olarak hazırlayın
results = []
results.append(["Konum", "Koordinatlar", "Mesafe (metre)"])
for location_name, location_coords in locations.items():
    distance = haversine(new_charging_station, location_coords)
    results.append([location_name, location_coords, "{:.2f}".format(distance)])
print(tabulate(results, headers="firstrow", tablefmt="fancy_grid"))
```

EK-2 Şarj İstasyonu Konum Hesaplama Tablosu

EAHŞİ-1-2-3

Konum	Koordinatlar	Mesafe (metre)
Trafo	(41.096871, 29.091761)	87.78
AVM	(41.100107, 29.092649)	360.07
Ana Yol	(41.087264, 29.09372)	1070.98
Petrol İstasyonu	(41.094707, 29.09119)	276.22
Otopark	(41.094448, 29.091959)	278.67
Ulaşım İstasyonu	(41.09595, 29.09192)	126.61
Resmi Kurumlar	(41.097126, 29.090889)	163.33
Normal EAŞİ	(41.095451, 29.086329)	565.46
Yeni Şarj İstasyonu	(41.096871000789385, 29.092808483048053)	0

EAHŞİ-4

Konum	Koordinatlar	Mesafe (metre)
Trafo	(41.095381, 29.091441)	66.61
AVM	(41.09611, 29.091826)	88.04
Ana Yol	(41.089722, 29.092866)	631.46
Petrol İstasyonu	(41.094707, 29.09119)	115.32
Otopark	(41.094465, 29.092016)	103.51
Ulaşım İstasyonu	(41.094751, 29.089318)	254.35
Resmi Kurumlar	(41.094964, 29.091592)	71.14
Normal EAŞİ	(41.095451, 29.086329)	495.05
Yeni Şarj İstasyonu	(41.095381000599026, 29.09223586840239)	0

EAHŞİ-5

Konum	Koordinatlar	Mesafe (metre)
Trafo	(41.095382, 29.091456)	199.31
AVM	(41.095495, 29.088766)	424.91
Ana Yol	(41.090328, 29.093477)	562.78
Petrol İstasyonu	(41.094707, 29.09119)	233.97
Otopark	(41.094465, 29.092016)	183.35
Ulaşım İstasyonu	(41.095833, 29.091874)	171.77
Resmi Kurumlar	(41.0949, 29.091787)	179.75
Normal EAŞİ	(41.095451, 29.086336)	628.4
Yeni Şarj İstasyonu	(41.09538200179245, 29.09383446167693)	0

EAHŞİ-6-7-8

Konum	Koordinatlar	Mesafe (metre)
Trafo	(41.100205, 29.088785)	77.16
AVM	(41.100094, 29.08881)	76.07
Ana Yol	(41.090261, 29.093148)	1142.73
Petrol İstasyonu	(41.096613, 29.087185)	451.83
Otopark	(41.094448, 29.091959)	667.41
Ulaşım İstasyonu	(41.099265, 29.088321)	156.17
Resmi Kurumlar	(41.099791, 29.09073)	97.39
Normal EAŞİ	(41.095451, 29.086329)	599.59
Yeni Şarj İstasyonu	(41.10020500069389, 29.089705816125562)	0

EAHŞİ-9-10-11

Konum	Koordinatlar	Mesafe (metre)
Trafo	(41.094042, 29.083742)	70.16
AVM	(41.094536, 29.085907)	124.09
Ana Yol	(41.089461, 29.089987)	681.8
Petrol İstasyonu	(41.094707, 29.09119)	558.9
Otopark	(41.093637, 29.089722)	433.32
Ulaşım İstasyonu	(41.092794, 29.083343)	173.17
Resmi Kurumlar	(41.092688, 29.083276)	185.99
Normal EAŞİ	(41.095451, 29.086329)	214.59
Yeni Şarj İstasyonu	(41.09404200063093, 29.08457918211475)	0

EAHŞİ-12

Konum	Koordinatlar	Mesafe (metre)
Trafo	(41.093653, 29.079635)	85.64
AVM	(41.098745, 29.075859)	694.43
Ana Yol	(41.092564, 29.084925)	377.61
Petrol İstasyonu	(41.094707, 29.09119)	890.42
Otopark	(41.092827, 29.083366)	244.9
Ulaşım İstasyonu	(41.093941, 29.079458)	105.45
Resmi Kurumlar	(41.092495, 29.076059)	406.26
Normal EAŞİ	(41.095451, 29.086329)	515.65
Yeni Şarj İstasyonu	(41.09365300077015, 29.080656913295986)	0

EAHŞİ-13

Konum	Koordinatlar	Mesafe (metre)
Trafo	(41.090284, 29.077828)	88.12
AVM	(41.086865, 29.082522)	487.57
Ana Yol	(41.092166, 29.081385)	296.45
Petrol İstasyonu	(41.081239, 29.076829)	1020.33
Otopark	(41.082896, 29.068689)	1185.03
Ulaşım İstasyonu	(41.088968, 29.078119)	159.61
Resmi Kurumlar	(41.090728, 29.079886)	97.74
Normal EAŞİ	(41.080235, 29.078769)	1117.44
Yeni Şarj İstasyonu	(41.09028400079248, 29.07887948799405)	0

EAHŞİ-14-15-16

Konum	Koordinatlar	Mesafe (metre)
Trafo	(41.088351, 29.075812)	41.83
AVM	(41.084618, 29.077625)	429.45
Ana Yol	(41.091764, 29.07268)	486.44
Petrol İstasyonu	(41.081239, 29.076829)	792.01
Otopark	(41.082896, 29.068689)	880.91
Ulaşım İstasyonu	(41.08772, 29.076065)	73.13
Resmi Kurumlar	(41.087882, 29.075892)	62.88
Normal EAŞİ	(41.082627, 29.066668)	1028.73
Yeni Şarj İstasyonu	(41.08835100037617, 29.076311093593148)	0

ÖZGEÇMİŞ

Ad : Fikret

Soyad : KAYA

1.Eğitim Bilgileri

2019 Yıldız Teknik Üniversitesi/ Elektrik-Elektronik Fakültesi/Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul

2008, Abant İzzet Baysal Üniversitesi/ Düzce Teknik Eğitim Fakültesi/Elektrik Öğretmenliği, Bolu

2001, Demirtaşpaşa Teknik Lisesi, Bursa

3.Yabancı Diller

İngilizce orta seviye

4.Çalışma alanları

Milli Eğitim Bakanlığı (Teknik Öğretmen) **2011-Halen**