



**GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİNİN ELEKTRİK
ŞEBEKESİ GÜÇ KALİTESİNE ETKİSİNİN
BELİRLENMESİ VE RÖLE KOORDİNASYON
ANALİZİ**

Kübra TEPECİK ESEN

**2020
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Selim ÖNCÜ
İkinci Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Harun ÖZBAY**

**GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİNİN ELEKTRİK ŞEBEKESİ GÜÇ
KALİTESİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ VE RÖLE KOORDİNASYON
ANALİZİ**

Kübra TEPECİK ESEN

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Selim ÖNCÜ
İkinci Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Harun ÖZBAY**

**KARABÜK
Temmuz 2020**

Kübra TEPECİK ESEN tarafından hazırlanan “GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİNİN ELEKTRİK ŞEBEKESİ GÜÇ KALİTESİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ VE RÖLE KOORDİNASYON ANALİZİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Selim ÖNCÜ

Tez Danışmanı, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Dr. Öğr. Üyesi Harun ÖZBAY

İkinci Danışman, Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 16/07/2020

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Selim ÖNCÜ (KBÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Serhat Berat EFE (BANÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Hayrettin YÜZER (KBÜ)

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Kübra TEPECİK ESEN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİNİN ELEKTRİK ŞEBEKESİ GÜÇ KALİTESİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ VE RÖLE KOORDİNASYON ANALİZİ

Kübra TEPECİK ESEN

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanları:

Doç. Dr. Selim ÖNCÜ

Dr. Öğr. Üyesi Harun ÖZBAY

Temmuz 2020, 70 sayfa

Bu çalışmada, güneş enerji santralinin (GES) şebekedeki güç kalitesi parametrelerinde meydana getirdiği değişimlerin belirlenmesi için farklı bölgelerde seçilen ölçüm noktalarına A sınıfı güç analizör cihazı takılarak belirli periyotta güç kalitesi parametreleri incelenmiştir. Bu güç analizörlerinin takılı olduğu ölçüm noktalarından alınan gerilim etkin değer değişimi, gerilim dengesizliği, harmonik ve fliker verileri INAVITAS programı kullanılarak raporlanmıştır. INAVITAS, enerji maliyetini düşürmek ve enerji verimliliğini yükseltmek için dağıtım şirketlerinden, yenilenebilir enerji santrallerine, enerjinin üretildiği ve dağıtıldığı her alanda yaralanılabilen, birden fazla veriyi tek bir platform ortamında sunarak dijital enerji yönetim sistemi olarak kullanılmaktadır. Ölçüm noktalarından alınan veriler Elektrik Dağıtımı ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği'nde belirtilen sınır değerler ve TS EN

50160 standartları baz alınarak tek platform üzerinden değerlendirilmiştir. Yapılan incelemeler doğrultusunda gerilim etkin değer değişimi, gerilim dengesizliği, harmonik ve fliker g¼¼ parametresine ilişkin kaynaklar, şebekeye etkileri ve ç¼¼z¼¼m yolları belirtilmiştir. şebekede oluşan arızaları önlemek ve arızaya en kısa sürede müdahale etmek amacıyla şebekede röle koruma elemanı kullanılmaktadır. Röle koordinasyon çalışmasının nasıl yapıldığı ve koordinasyon sonrası röleye uygulanacak ayarlar doğrultusunda GES'in arızaya neden olduğu durumda röleden gelen sinyal ile en yakın kesicinin açmasının nasıl sağlanabildiği açıklanmıştır. Yapılan koordinasyon çalışması ile arıza alanının ve etkisinin sınırlandırılması ile arızanın giderilmesi sürecinde daha hızlı aksiyon alınabilmektedir. Bu tez çalışmasında güneş enerji santrallerinin şebekeye etkisi standartlarda belirtilen değerler baz alınarak incelenmiş, neden-sonuç ilişkisi içerisinde örnekler ile belirtilmiş, kalite problemlerinin ç¼¼z¼¼m önerileri sunulmuş, röle koordinasyon uygulamasının önemi ve nasıl yapılabileceği belirtilmiştir.

Anahtar Sözc¼¼kler : Güneş enerji santrali, Güç kalitesi parametreleri, Koruma yöntemi, Röle koordinasyon, Elektrik şebekesi.

Bilim Kodu : 90522

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

DETERMINING THE EFFECT OF THE SOLAR POWER PLANT ON THE POWER QUALITY PARAMETERS IN THE ELECTRICITY NETWORK AND RELAY COORDINATION ANALYSIS

Kübra TEPECİK ESEN

Karabük University

Institute of Graduate Programs

Department of Electrical and Electronics Engineering

Thesis Advisors:

Assoc. Prof. Dr. Selim ÖNCÜ

Assist. Prof. Dr. Harun ÖZBAY

July 2020, 70 pages

In this study, in order to determine the changes in the power quality parameters of the solar power plant (GES) in the grid, A class power analyzer device was installed in the measurement points selected in different regions and the power quality parameters were examined in a certain period. The voltage effective value change, voltage unbalance, harmonic and flicker data taken from the measurement points to which these power analyzers are attached are reported using the INAVITAS program. INAVITAS is used as digital energy management system that provides multiple data from distribution companies, renewable power plants, in every area where energy is produced and distributed, in a single platform to reduce energy cost and increase energy efficiency. The data received from the measurement points were evaluated on a single platform based on the limit values specified in the Regulation on Service

Quality Regarding Electricity Distribution and Retail Sale and TS EN 50160 standards. The data received has been evaluated according to the Regulation on Service Quality Regarding Electricity Distribution and Retail Sale. In line with the reviews, sources related to voltage effective value change, voltage unbalance, harmonic and flicker power parameter, network effects and solutions are specified. In order to prevent faults in the network and to respond to the fault as soon as possible, the relay protection element is used in the network. In the direction of the settings to be applied to the relay after the coordination, how the relay coordination work is done and how the nearest breaker can be opened with the signal coming from the relay in case the solar power plants causes a malfunction is explained. By limiting the area and effect of the fault, faster action can be taken in the process of eliminating the fault. In this thesis study, the effect of solar power plants on the grid has been examined on the basis of the values specified in the standards, indicated with examples in the cause-effect relationship, solution suggestions for quality problems have been presented, the importance of relay coordination application and how it can be done are stated.

Key Word : Solar power plant, Power quality parameters, Protection method, Relay coordination, Power grid.

Science Code : 90522

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın planlanmasında, hazırlanmasında, bitirilmesindeki tüm süreçlerde her zaman ilgisini ve desteğini hissettiğim, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, verdiği geri dönüşler ile kaliteli ve hedeflenen amaca uygun olarak çalışmamı şekillendiren sayın hocam Doç. Dr. Selim Öncü ve Dr. Öğr. Üyesi Harun Özbay'a ve bu çalışmayı hazırlarken geçirdiğim süreçte benden yardımlarını esirgemeyen Başkent Elektrik Dağıtım A.Ő. çalışanlarına ve yönetimine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın tüm süreçlerinde her koşulda manevi desteğini esirgemeyen, her zaman yanımda olan sevgili ailem ve eşime tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	5
GÜNEŞ ENERJİSİ VE PV SİSTEMLER	5
2.1. GÜNEŞ ENERJİSİ.....	5
2.1.1. Dünyada Güneş Enerjisi	5
2.1.2. Türkiye’de Güneş Enerjisi	5
2.2. FOTOVOLTAİK (PV) SİSTEMLER	7
2.2.1. PV Hücre Çeşitleri.....	7
2.2.2. PV Hücresinin Matematik Modeli	7
2.2.3. PV Panellerin Karakteristik Eğrileri.....	9
2.2.4. Gölgeleme Etkisi	9
2.2.5. Optimum PV Panel Açısı	10
2.3. PV SİSTEM TİPLERİ.....	11
2.3.1. PV Sistem Bileşenleri	11
2.3.2. Şebekeden Bağımsız PV Sistemler.....	12
2.3.3. Şebekeye Bağlı PV Sistemler	12
2.3.4. Karma (Hibrit) PV Sistemler	13

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 3	15
GÜÇ KALİTESİNİN SINIFLANDIRILMASI VE ÖLÇÜMÜ.....	15
3.1. GÜÇ KALİTESİNİ BOZAN ETKENLER.....	15
3.1.1. Geçici Dalgalanma.....	15
3.1.2. Kısa Süreli Değişimler.....	16
3.1.3. Uzun Süreli Değişimler	18
3.1.4. Gerilim Dengesizliği.....	18
3.1.5. Gerilim Dalgalanmaları	19
3.1.6. Dalga Şekli Bozukluğu	19
3.1.7. Frekans Değişimi	20
3.2. HARMONİKLER	20
3.2.1. Harmonik Tanımı ve Çeşitleri	20
3.2.2. Harmonik Üreten Kaynaklar.....	20
3.2.3. Harmoniklerin Sisteme Etkileri	21
3.2.4. Harmonik Standartları	22
3.3. GERİLİM KIRPIŞMASI (FLICKER)	24
3.3.1. Gerilim Kırpışması Tanımı.....	24
3.3.2. Gerilim Kırpışmasının Sebepleri	24
3.3.3. Gerilim Kırpışması Kaynakları.....	24
3.3.4. Gerilim Kırpışmasının Sisteme Etkileri.....	24
3.3.5. Gerilim Kırpışması Değerlendirme Yöntemi	25
3.4 GÜÇ KALİTE ÖLÇÜM CİHAZI	26
BÖLÜM 4	30
PV SİSTEMLERİN ŞEBEKE ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ.....	30
4.1. İÇ ANADOLU BÖLGESİNDEKİ PV SİSTEM VE ŞEBEKE KARAKTERİSTİKLERİ	30
4.1.1. Gerilim Etkin Değer Değişimi Analizi	30
4.1.2. Gerilim Dengesizliği Analizi	34

	<u>Sayfa</u>
4.1.3. Gerilimdeki Toplam Harmonik Bozulma (U-THD).....	40
4.1.4. Akım Harmonikleri için Sınır Değerler	43
4.1.5. Fliker Şiddeti İçin Sınır Değerler	46
4.2. GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDEKİ PV SİSTEM VE ŞEBEKE KARAKTERİSTİKLERİ	47
4.2.1. Gerilim Etkin Değer Değişimi Analizi	47
4.2.2. Gerilim Dengesizliği Analizi	48
4.2.3. Gerilimdeki Toplam Harmonik Bozulma (U-THD).....	49
4.2.4. Akım Harmonikleri için Sınır Değerler	50
4.2.5. Fliker Şiddeti İçin Sınır Değerler	51
BÖLÜM 5	52
RÖLE KOORDİNASYON PROGRAMININ KULLANIMI	52
5.1. FAZ AŞIRI AKIM KORUMA UYGULAMASI.....	53
5.2. TOPRAK AŞIRI AKIM KORUMA UYGULAMASI	54
BÖLÜM 6	61
SONUÇLAR	61
KAYNAKLAR	66
ÖZGEÇMİŞ	70

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. PV hücre elektrik devre modeli [18].	8
Şekil 2.2. Fotovoltaik hücrenin a) açık devre gerilimi b) kısa devre akımı [18].	8
Şekil 2.3. Şebekeden bağımsız PV sistem.	12
Şekil 2.4. Şebekeye bağlı PV sistem.	13
Şekil 2.5. Karma PV sistem.	14
Şekil 3.1. Gerilim düşümü, gerilim yükselmesi, kesinti eğrileri.	17
Şekil 3.2. Harmonik değerleri gösterimi.	22
Şekil 4.1. GES1 faz faz gerilim etkin değer değişimi analizi.	31
Şekil 4.2. GES1 faz nötr gerilim etkin değer değişimi analizi.	31
Şekil 4.3. GES2 faz faz gerilim etkin değer değişimi analizi.	32
Şekil 4.4. GES2 faz nötr gerilim etkin değer değişimi analizi.	32
Şekil 4.5. GES3 faz faz gerilim etkin değer değişimi analizi.	33
Şekil 4.6. GES3 faz nötr gerilim etkin değer değişimi analizi.	33
Şekil 4.7. GES4 faz faz gerilim etkin değer değişimi analizi.	34
Şekil 4.8. GES4 faz nötr gerilim etkin değer değişimi analizi.	34
Şekil 4.9. GES1 pozitif bileşen gerilim dengesizliği analizi.	36
Şekil 4.10. GES1 negatif bileşen gerilim dengesizliği analizi.	36
Şekil 4.11. GES1 sıfır bileşen gerilim dengesizliği analizi.	36
Şekil 4.12. GES2 pozitif bileşen gerilim dengesizliği analizi.	37
Şekil 4.13. GES2 negatif bileşen gerilim dengesizliği analizi.	37
Şekil 4.14. GES2 sıfır bileşen gerilim dengesizliği analizi.	37
Şekil 4.15. GES3 pozitif bileşen gerilim dengesizliği analizi.	38
Şekil 4.16. GES3 negatif bileşen gerilim dengesizliği analizi.	38
Şekil 4.17. GES3 sıfır bileşen gerilim dengesizliği analizi.	38
Şekil 4.18. GES4 pozitif bileşen gerilim dengesizliği analizi.	39
Şekil 4.19. GES4 negatif bileşen gerilim dengesizliği analizi.	39
Şekil 4.20. GES4 sıfır bileşen gerilim dengesizliği analizi.	39
Şekil 4.21. GES5 faz faz gerilim etkin değer değişimi analizi.	48
Şekil 4.22. GES5 faz nötr gerilim etkin değer değişimi analizi.	48

Sayfa

Şekil 4.23. GES5 pozitif, negatif ve sıfır bileşenler gerilim dengesizliği analizi.	49
Şekil 5.1. Faz aşırı akım koordinasyon grafiği.....	54
Şekil 5.2. Toprak aşırı akım koordinasyon grafiği.	55
Şekil 5.3. A TM faz aşırı akım koordinasyon grafiği.....	57
Şekil 5.4. A TM toprak aşırı akım koordinasyon grafiği.	59



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Türkiye'de aylık güneş enerjisi ve güneşlenme süresi [12].	6
Çizelge 2.2. Türkiye'de bölgelere ait yıllık toplam güneş enerjisi [12].	6
Çizelge 3.1. Standart harmonik değerleri [2].	23
Çizelge 3.2. Maksimum yük akımına göre sınır değerler [2].	23
Çizelge 3.3. Fliker şiddeti için sınır değerler [2].	25
Çizelge 4.1. GES1 gerilim harmonikleri değerlendirme.	40
Çizelge 4.2. GES2 gerilim harmonikleri değerlendirme.	41
Çizelge 4.3. GES3 gerilim harmonikleri değerlendirme.	41
Çizelge 4.4. GES4 gerilim harmonikleri değerlendirme.	42
Çizelge 4.5. GES1 akım harmonikleri değerlendirme.	43
Çizelge 4.6. GES2 akım harmonikleri değerlendirme.	44
Çizelge 4.7. GES3 akım harmonikleri değerlendirme.	45
Çizelge 4.8. GES4 akım harmonikleri değerlendirme.	46
Çizelge 4.9. GES5 gerilim harmonikleri değerlendirme.	50
Çizelge 4.10. GES5 akım harmonikleri için sınır değerler.	50
Çizelge 5.1. Faz aşırı akım koordinasyonu arıza akımının hesaplanması.	56
Çizelge 5.2. Koordinasyon ayarlarının belirlenmesi.	57
Çizelge 5.3. Toprak aşırı akım koordinasyonu arıza akımının hesaplanması.	58
Çizelge 5.4. Toprak aşırı akım koordinasyon ayarlarının belirlenmesi.	59

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

I_L : PV hücre tarafından üretilen akımı

I_o : Diyotun ters doyum akımı

R_p : Paralel kaçak akım direnci

R_s : Hücredeki iç direnci

N : Diyotun ideal faktörü

K : Kaldı

G : Geçti

I_{sc} : Kısa devre akımı

V_{oc} : Açık devre gerilimi

U : Faz nominal gerilimi

U_n : Nötr nominal gerilimi

KISALTMALAR

DMİ : Devlet Meteoroloji İşleri

PV : Photovoltaic (Fotovoltaik)

MPP : Maximum Power Point (Maksimum Güç Noktası)

HVDC : High Voltage Direct Current (Yüksek Gerilim Enerji İletim)

THD : Total Harmonic Distortion (Toplam Harmonik Bozulma)

SVC : Static VAR Compansation (Statik Var Kompanzatör)

GES : Güneş Enerji Santrali

EPDK : Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu

IEC : International Electrotechnical Commission (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu)

PCC : Point of Common Coupling (Ortak Bağlantı Noktası)

- UPS : Uninterruptible Power Supply (Kesintisiz Güç Kaynağı)
P_{ST} : Short Term Flicker (Kısa Süreli Fliker)
P_{LT} : Long Term Flicker (Uzun Süreli Fliker)



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Elektrik üretim/iletim/dağıtım şirketleri müşterilerine sunduğu hizmet ve enerjinin kalitesinden sorumludur. Şebekede meydana gelebilecek, müşterinin etkilenebileceği arıza, kesinti vb. tüm istenmeyen durumların minimum seviyede tutulması, bakım çalışmalarının artırılması ve kalite seviyesinin her geçen gün yükseltilmesi önem arz etmektedir. Güç kalitesinde sinüsoidal dalga formunun korunması hedeflenmektedir [1].

Güç kalitesi parametrelerinin çoğunluğu TS EN 50160 standardında tanımlanan limitler baz alındığında şebekede probleme neden olmak ile birlikte, üretim, iletim, dağıtım ve tüketiciyi etkilemektedir. Elektrik enerjisi sağlayan üretim/iletim/dağıtım firmaları, müşterilerine TS EN 50160 standardında belirtilen parametreler ve sınır değerler doğrultusunda kaliteli elektrik enerjisi sağlamakla sorumludur [2]. Aynı sorumluluk tüketici için de geçerli olup bu standartta belirtilen sınır değerler aralığında işletme sürekliliğine devam etmelidir. Elektrik enerjisinin iletiminde ve dağıtımında karşılaşılan en temel sorun güç kalitesi parametrelerindeki bozulmaların hangi müşteriden kaynaklandığının tespit sürecidir. Problemlerin kaynağının tespiti için güç kalitesi ölçümü yapılması gerekmektedir [2-5]. INAVITAS programı kullanılarak sahadan alınan verilerin standartlara uygunluğu kontrol edilerek ölçüm noktalarında yapılan analiz sonucunda güç kalitesi problemi olup olmadığı tespit edilmektedir. INAVITAS programı sayesinde sahadaki tüm ölçüm noktaları tek portal üzerinden gerçek zamanlı olarak izlenebilmekte, işletme bakım faaliyetleri daha hızlı ve kolay sürdürülebilmektedir. Anlık ve belirli zaman aralığı için güvenilir veri ölçümleri ve raporlama yapılabilmektedir. Kayıpların minimum seviyede tutulmasına ve enerji verimliliğinin artmasına katkı sağlanmaktadır.

Güç kalitesi ölçümü elektrik şebekeleri tarafından sağlanan elektrik enerjisinin ulusal ve uluslararası standartlarda belirtilen parametreler için sınır değerler içerisinde bulunduğunun kontrolü ve standartta belirtilen sürelerde yapılan ölçümler sonrası toplanan verilerin tamamı olarak tanımlanabilir. Ölçüm sonucu elde edilen veriler analiz edilerek, tespit edilen problemlerin tüketici veya sağlayıcı kuruluşa en basit şekilde açıklanması ve tespit edilen problemlerin çözümüne yönelik önerilerin belirtildiği rapora güç kalitesi raporu denir [2,4,5].

Enerji kalitesinin parametreleri gerilim etkin değer değişimi, gerilim dengesizliği, gerilimdeki toplam harmonik bozulma, akım harmonikleri ve kırpışma (flikler)'dir [6-11]. Bu parametreler doğrultusunda yapılan ölçümler, analizler ve oluşturulan güç kalitesi raporu ile kalite probleminin nedeni tespit edilerek çözüm önerileri sunulmaktadır.

Literatürde, Elektrik enerjisi üreten PV sistemlerin güç kalitesi değerleri incelenerek çözüm önerilerinde bulunulmuştur. PV tabanlı dağıtılmış enerji üretim sistemlerinin test şebekesine harmonik kaynaklı etkileri, fotovoltaik sistemlerin çıkış güçlerinin büyüklüklerinin ve faz açılarının güç şebekesinde harmonik parametreler üzerindeki etkileri belirlenmiştir [37]. GES'lerin harmoniklerine etki eden parametreler [34], harmoniklerin meydana getirdiği kayıplar [33], GES'lerin performans analizi ve şebekeye etkileri [7,12,23,35] ve güç sistemlerinde meydana gelen değişimlere bağlı olarak dalga formlarını gözlemlemek amacıyla MATLAB/Simulink ortamında analizler gerçekleştirilmiştir [29]. GES'in şebekeye entegrasyonu ve şebekede meydana getirebileceği değişimlere değinilmiştir [13,36,37,38]. Flikler şiddetinin nelere bağlı olduğunun değerlendirilmesi ve flikler sınır değerlerinin nasıl elde edilebileceği, çözüm yöntemleri [27,32] ve güç kalitesi parametrelerine değinilmiştir [28,30]. Türk Ulusal iletim ağında güç kalitesi araştırılmış [31], GES'lerde görülmesi muhtemel kayıplar ve GES'in performansına etkileri açıklanmıştır [20]. PV sistem yapıları, hücre modelleri ve kayıplara [14-19,21,22,24-26] ve röle koordinasyonu uygulaması, enerji kalitesinden bahsedilmiştir [41-43].

Şebekede meydana gelen yüksek akım değeri, şebekeyi ve müşteriyi olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle şebekede oluşan arızaları önlemek için çeşitli koruma

elemanları kullanılmaktadır. Bu elemanlardan biri de kesicidir. Kesicilerle birlikte öncelikli olarak akla gelen konulardan biri de kesiciye açma ve kapama sinyalini gönderen aşırı akım röleleridir. Röle koordinasyon çalışması sonrası rölelere ilgili değerler atanarak belirlenen arıza akımına gelindiğinde rölede açma meydana gelmektedir. Röle kayıtları incelenerek problemin nedeni ve çözümü üzerine fikirler üretilebilmektedir. GES bağlanan bir şebekede röle koordinasyon analizi yapılarak baradaki arıza akımları hesaplanmaktadır. Arıza akımları ve akım trafosu baz alınarak koruma ayarları hesaplanıp sahadaki rölelerde uygulandığında şebekedeki arızaların azaldığı görülmüştür. Bu tez çalışmasında faz aşırı akım koruma uygulaması ve toprak aşırı akım koruma uygulamasına dair bilgiler verilmiştir.

İncelenen çalışmalardan farklı olarak bu tez çalışmasında İç Anadolu (Çankırı, Ankara, Beypazarı, Kırıkkale) ve Güneydoğu Anadolu (Gaziantep) Bölgesine ait konumlardan güneş enerji santrallerinin bağlı olduğu fiderlere güç kalitesi ölçüm cihazı takılarak belirli periyotlarda teknik kalite ölçümü yapılmıştır. Ölçüm değerleri INAVITAS programında incelenmiştir. INAVITAS programı ile sahaya takılan güç kalitesi ölçüm cihazından parametreler için veri analizi yapılmıştır. Veri analizinde TS EN 50160 standartlarına ve Elektrik Dağıtım ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği'nde belirtilen değerlere uygunluk değerlendirilmiştir.

Güç kalitesi teknik parametreleri (gerilim etkin değer değişimi, gerilim dengesizliği, gerilimdeki toplam harmonik bozulma, akım harmonikleri ve fliker) için ayrı ayrı inceleme yapılmış, farklı bölgelerde elde edilen veriler kıyaslanmıştır. Yönetmelikte belirtilen sınır değerlerin aşıldığı parametreler ve güç kalitesi için önemli olan tüm parametreler için neden ve çözüm önerileri belirtilmiştir.

Röle koordinasyon çalışması yapılırken baz alınması gereken değerlerin neler olduğu ve koordinasyon çalışmasının nasıl yapılması gerektiği örnek çalışma ile açıklanmıştır. Koordinasyon çalışması sonrasında oluşturulan faz aşırı akım ve toprak aşırı akım koordinasyon grafikleri üzerinde yapılacak doğru bir değerlendirme ile koordinasyon çalışması tamamlanmaktadır.

Bölüm 2’de Türkiye’de ve Dünya’da Güneş Enerjisinin önemi, PV sistem ve bileşenlerinden, Bölüm 3’te güç kalitesini bozan etkenler, harmonik, gerilim kırışmasından ve güç kalitesi ölçümlerinde kullanılan ölçüm cihazından bahsedilmiştir. Bölüm 4’te belirlenen ölçüm noktalarından alınan güç kalitesi parametrelerine ait veriler incelenerek PV sistemlerin şebeke üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Bölüm 5’te faz aşırı akım koruması ve toprak aşırı akım koruması için röle koordinasyonun nasıl yapılması gerektiğinden, Bölüm 6’da çalışmanın sonuçlarından bahsedilmiştir.



BÖLÜM 2

GÜNEŞ ENERJİSİ VE PV SİSTEMLER

2.1. GÜNEŞ ENERJİSİ

2.1.1. Dünyada Güneş Enerjisi

Güneş enerjisinden yararlanma hususunda coğrafi konum büyük önem taşımaktadır. Coğrafi konum parametresine ek olarak güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti de elde edilecek verimi etkilemektedir. Bazı ülkeler coğrafi konumları sayesinde avantajlı durumdadır [12,13,14]. Afrika, Avustralya ve Amerika bölgesi coğrafi konumu açısından avantajlıdır. Diğer bir yandan Türkiye’de matematiksel ve coğrafi konumuna bakıldığında güneş enerjisi potansiyeli yüksek ülkelerdendir. Güneş ışığı alan bölgelerin çöl arazisi olması durumunda, bu yerleşkede yatırım imkanları ve nakliye çalışmaları yapılması gerekmektedir. Bu bakış açısında Türkiye, İspanya gibi ülkeler değerlendirildiğinde büyük imkanlara sahip olduğu, yatırım ve nakliye çalışmalarının gerekmediği görülmektedir [12,13].

2.1.2. Türkiye’de Güneş Enerjisi

Türkiye coğrafi konumu, coğrafi şartları, ekonomik yayılımı ve kaynak imkanları bakımından yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi konusunda büyük avantajlara sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan güneş enerjisi elektrik üretiminde büyük öneme sahiptir [13,14]. Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat, ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıdır [14]. Aylara göre Türkiye'nin sahip olduğu güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi verileri Çizelge 2.1’de belirtilmiştir. Güneşlenme süresi ve güneş enerjisi potansiyeli dikkate alındığında Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında güneş enerjisinden en yüksek verim sağlanabilmektedir.

Çizelge 2.1. Türkiye'de aylık güneş enerjisi ve güneşlenme süresi [12].

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ	GÜNEŞLENME SÜRESİ
	(KWh/m ² -ay)	(Saat/ay)
OCAK	51,75	103
ŞUBAT	63,27	115
MART	96,65	165
NİSAN	122,23	197
MAYIS	153,86	273
HAZİRAN	168,75	325
TEMMUZ	175,38	365
AĞUSTOS	158,4	343
EYLÜL	123,28	280
EKİM	89,9	214
KASIM	60,82	157
ARALIK	46,87	103
TOPLAM	1.311	2.640

Türkiye'de en fazla güneş enerjisi potansiyeli Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde görülmüştür. İkinci olarak ise Akdeniz Bölgesi takip etmektedir. Güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresinin bölgelere göre dağılımı da Çizelge 2.2'de verilmiştir [12,14].

Çizelge 2.2. Türkiye'de bölgelere ait yıllık toplam güneş enerjisi [12].

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ	GÜNEŞLENME SÜRESİ
	(KWh/m ² -yıl)	(Saat/yıl)
G.DOĞU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1304	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971

2.2. FOTOVOLTAİK (PV) SİSTEMLER

2.2.1. PV Hücre Çeşitleri

Güneş pilleri (fotovoltaik), güneş ışığını elektrik enerjisine çeviren yarı iletken maddelerden oluşan malzemelerdir. Güneş pilinin ham maddesinin çok büyük oranı silisyumdur. Silisyum Türkiye’de fazla miktarda bulunmaktadır. Fotovoltaik hücreler kristal silisyum, ince film ve geliştirilmekte olan hücre teknolojileri olarak üç sınıfta değerlendirilmektedir [15,16].

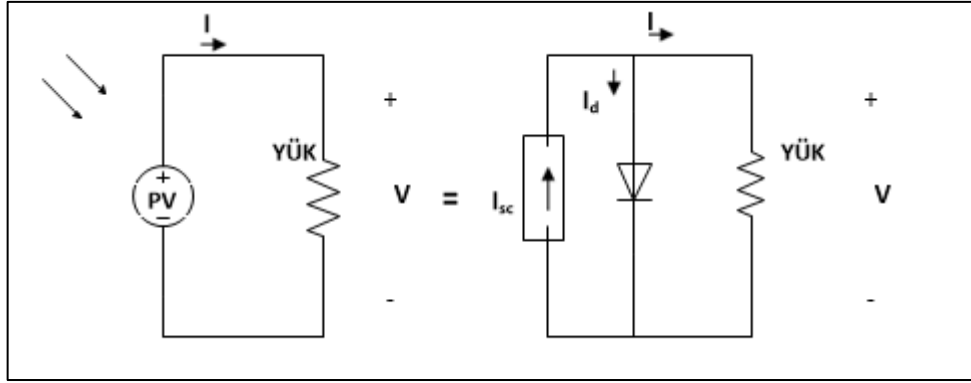
Kristal silisyum güneş hücresi, güneş pili üretiminde ilk akla gelen, en çok tercih edilen hücre tipidir. Hücrenin ışınları yutma oranı düşük, verimleri %15 civarındadır. Hücre ve modül verimlilikleri hücre tipine göre farklılık göstermektedir. Hücre tipleri, monokristal ve polikristal olarak iki kısımda incelenmektedir [17].

İnce film güneş hücresi, yarı iletken malzemenin geniş yüzeyler üzerine ince film ile kaplanması tekniği ile yapılmaktadır. Araştırmalar neticesinde yarı iletken malzemenin daha düşük fiyatlarda cam, metal vb. tabakalar üzerinde büyük yüzeylere kaplanabileceğini kanıtlanmıştır. Verimlilikleri %15 civarındadır. Fakat uzun zaman diliminde kararlılıklarının yüksek olmaması, üretici firmaların tercihlerini etkilemektedir [17].

Geliştirilmekte olan hücre teknolojileri, periyodik tablonun üçüncü ve beşinci grubu elementlerin birleşimi ile oluşan bileşiğin soğurma özelliği diğer elementlere göre çok daha yüksektir. [16,17].

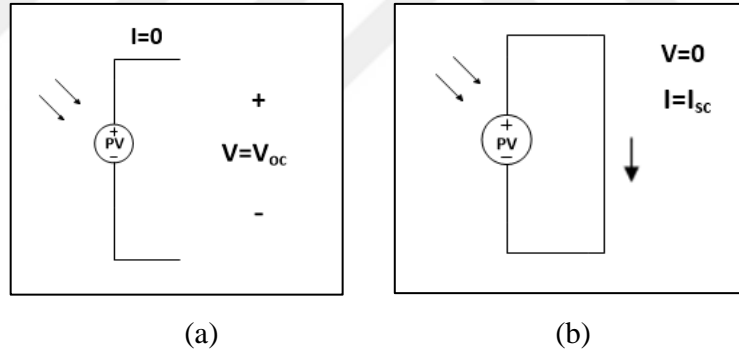
2.2.2. PV Hücresinin Matematik Modeli

Karanlıkta PV hücre çıkış I-V karakteristiği incelendiğinde, diyot karakteristiğine çok benzer olduğu görülmektedir. Aydınlık ortamda fotonların gerçekleştirmiş olduğu elektron hareketi sayesinde akım oluşmaktadır. Fotovoltaik hücresinin basit eşdeğer modeli ideal bir akım kaynağı ve buna paralel gerçek bir diyot ile Şekil 2.1’deki gibi ifade edilmiştir [15,16].



Şekil 2.1. PV hücre elektrik devre modeli [18].

PV hücrenin maruz kaldığı güneş ışınımına orantılı bir akım sağlanmaktadır. Burada iki farklı durum oluşmaktadır. Şekil 2.2’de belirtildiği gibi kısa devre akımı (I_{sc}) fotovoltaik hücrenin terminalleri kısa devre edildiğinde devreden geçen akımdır. Açık devre gerilimi (V_{oc}) ise devre açık iken devrenin terminallerinde görülen gerilimdir [18,19].



Şekil 2.2. Fotovoltaik hücrenin a) açık devre gerilimi b) kısa devre akımı [18].

Fotovoltaik hücre kısa devre olduğunda diyottan akım geçmemekte ve diyotun üzerindeki gerilim $V_d = 0$ 'dır. İdeal kaynak akımı kısa devre üzerinden akmaktadır. Bu durumda ideal akım kaynağında üretilen akım I_{PV} kısa devre akımına I_{sc} eşittir. Fotovoltaik hücrenin yüke sağladığı akım;

$$I = I_{sc} - I_D \quad (2.1)$$

I: Fotovoltaik hücrenin yüke sağladığı akımı, I_{PV} : Fotovoltaik hücrenin ürettiği akımı, I_D : Diyot akımını ifade etmektedir. İdeal bir diyotun akım-gerilim eşitliği;

$$I_D = I_0 \left(e^{\frac{qV_d}{kT}} - 1 \right) \quad (2.2)$$

I_0 : Diyotun doyma akımı, V_d : Diyotun üzerindeki gerilim, k : Boltzmann sabitini (1.380×10^{-23} J/K), T : hücre sıcaklığını (K) ve q : bir elektronun yükünü (1.602×10^{-19} C) ifade etmektedir [18].

$$I = I_{pv} - I_0 \left(e^{\frac{qV_{oc}}{kT}} - 1 \right) \quad (2.3)$$

Fotovoltaik hücrenin açık devre gerilimi hesaplanırken Eşitlik 2.1, 2.2, 2.3'te $I=0$ değeri için Eşitlik 2.4 elde edilmektedir.

$$V_{oc} = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{I_{sc}}{I_0} + 1 \right) \quad (2.4)$$

2.2.3. PV Panellerin Karakteristik Eğrileri

PV sistemler yüke bağlanmadan önce açık devre gerilimleri (V_{oc}) ve kısa devre akımları (I_{sc}) belirlenmektedir. Açık devre durumunda panelin akımı, kısa devre durumunda ise panelin gerilimi sıfır olduğu için her iki durumda da panelden alınan güç sıfırdır. Kısa devre durumunda çekilebilecek en yüksek akım, açık devre durumunda ise en yüksek gerilim elde edilmektedir. Fotovoltaik panel yüke bağlandığında ürettiği akım ve gerilim değerleri yükün değerine göre değişiklik göstermektedir [18].

2.2.4. Gölgeleme Etkisi

Bir PV yüzeyinin aydınlıkta kalan ve kalmayan (ışık alamayan) alanların arasındaki ışınım farkları gölgeleme kayıplarını meydana getirmektedir. PV panellerde güneş ışığı alan ve almayan kısımlar arasındaki gerilim farkı gölgeleme kayıplarını oluşturmaktadır. Gölgeleme kayıpları kaynaklarına göre iki seçenekte incelenmektedir [20,21].

Ufuk gölgelenmesi, güneş hücrelerinin kurulduğu bölgede dağ ve tepe gibi engellerden kaynaklı oluşan gölgelenmelerdir. Gölgeleme tüm alanlara eşit olarak dağılmaktadır.

Modül sırası gölgelenmesi, yanyana sıra şeklinde kurulan modülde önde yer alan modül nedeniyle diğer modülün gölgelenmesidir [22].

Gölgeleme parametresi PV sistemlerin veriminde çok büyük önem taşımaktadır. Güneş'in hareketine göre gölgelerin de yer değiştirmesinden kaynaklı gölgelenmenin sisteme etkisinin ölçülmesi kolay değildir.

Her bir PV panelin en fazla güç ürettiği, Maksimum Güç Noktası (Maximum Power Point – MPP) olarak da bilinen çalışma noktası vardır. Enerji üretiminde hücrelere ulaşan ve soğurulan ışınlar etkilidir. PV sistemde gölgelenme olan noktalarda çalışma noktası değişmekte ve farklı gölgelenmeler olan sistemde birden fazla çalışma noktası meydana gelmektedir [20].

Gölgeleme kayıplarını azaltmak için PV sistem tasarımında uygulanabilecek çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bunlar farklı dizi (string) düzenlemeleri, bypass diyotları ve modül seviyesi güç elektroniğinin kullanımınıdır [22,23]. Seri bağlanan modüller dizileri oluşturur ve diziler bir invertöre paralel olarak bağlanmaktadır. Bypass diyotları, gölgelenmemiş hücre dizilerinin yüksek akımının gölgeli hücre dizisi etrafında akmasına neden olmaktadır. MLPE (Modül seviyesi güç elektroniği)'ler gölgeli şartlarda performansı yükseltmek için modüllere bağlı olan cihazlardır. Modül seviyesinde maksimum güç noktası takibi yapılmaktadır [21,22].

2.2.5. Optimum PV Panel Açısı

Güneş panelinden yüksek verim elde etmek için güneşe tam olarak yönlendirmek gerekmektedir. Sistemin kurulacağı yerin konumu güneş panelinin yönünü belirlemektedir. Türkiye gibi kuzey yarım kürede yer alan ülkelerde güneş paneli güneye doğru yönlendirilmektedir. Güneş enerjisi sistemlerinin montajı sırasında panellerin yatayla yaptığı açı, üretilecek enerji bakımından büyük öneme sahiptir.

Panellerin kurulmasında dikkat edilecek açı parametresi enlem derecesi baz alınarak belirlenir. Enlem değeri 25'ten küçük ise 0,87 ile çarpılarak, enlem değeri 25 ile 50 arasında ise 0,87 ile çarpılıp sonuca 3,1 derece eklenerek belirlenmektedir. 50 derece ve üzerindeki enlem değerinde ise yaklaşık 45 derece olarak belirlenmiştir [24]. Eğim açısının belirlenmesinde çevre koşulları ve iklim şartları da önemli parametrelerdir.

2.3. PV SİSTEM TİPLERİ

2.3.1. PV Sistem Bileşenleri

PV sistem bileşenleri; güneş paneli, şarj kontrol cihazı, akü grubu ve invertörlerdir. Ayrıca solar kablo ve konnektörler, konstrüksiyon malzemeleri, elektrik panoları, sigorta vb. yardımcı elemanlar bulunmaktadır [17].

Şarj kontrol cihazı, temel olarak PV dizi geriliminin akü geriliminin altına düştüğü durumlarda, akımın ters yönde yani aküden panele doğru akmasını önlemektedir [17,26]. Şarj kontrol cihazı, gündüz güneş panellerinden gelen elektrik akımını, kontrollü olarak aküye dolduran cihazdır. Aküde depolanacak enerji hem gelen gerilim miktarına göre hem de akü kapasitesine göre değişmektedir.

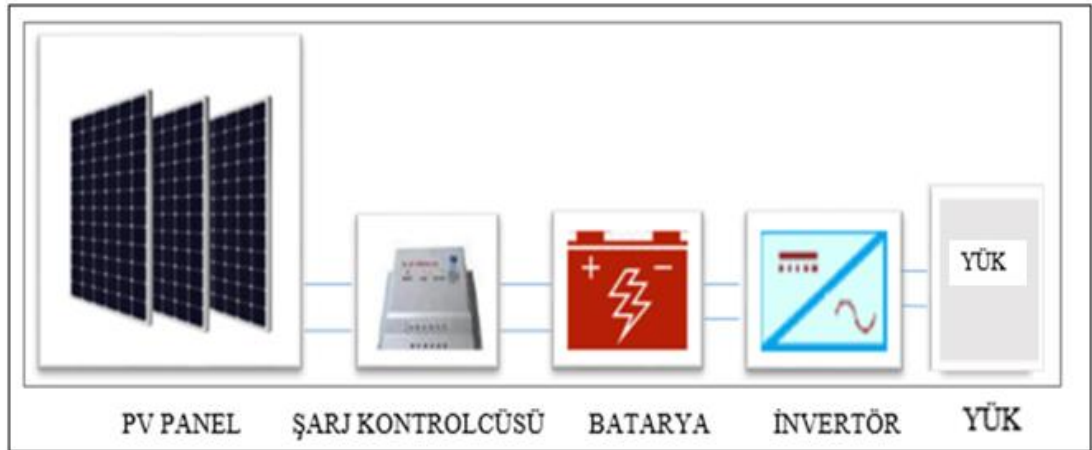
Akü, PV sistemde yer alan en önemli elemanlardan biridir. Akü kalitesi sistem işleyişini doğrudan etkilemektedir. Güneş ışınımı olduğu sürece üretilen enerji akülerde depolanmaktadır [17].

İnvertör, doğru akımı alternatif akıma dönüştüren cihazlardır. Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemler içerisinde kullanılan invertörler şebeke bağlantıları için özel olarak üretilmişlerdir. Şebeke ile koordineli çalışabilme, panellerde güç düşümü sonucunda şebekeden yüke elektrik aktarımını sağlama gibi özellikleri vardır. Üretilen enerji şebekeye bağlı olduğu için aynı zamanda üretilen enerji yetmediğinde, şebeke devreye girmekte ve enerji eksiksiz olarak yükü beslemektedir. Şebekeye bağlı invertörlerin uzaktan takip özelliği ile panellerin gün içerisindeki üretimi, günlük elektrik tüketimi ve toplam elektrik üretimi gibi parametreler uzaktan takip edilebilmektedir [26].

2.3.2. Şebekeden Bağımsız PV Sistemler

Şebekeden bağımsız PV sistemler, merkezi yerlerden uzak ve şebeke bağlantısının ulaşmadığı yerlerde enerji talebine göre dizayn edilerek devreye alınan sistemlerdir. Şebekeden bağımsız PV sistemler, depolama birimli veya depolama birimsiz olarak kullanılmaktadır. Şekil 2.3'te görüldüğü gibi şebekeden bağımsız PV sistemler panel, şarj kontrol cihazı, akü grubu ve invertörden oluşmaktadır [25,26].

Şebekeden bağımsız PV sistemler, hem doğru akımlı hem de alternatif akımlı ekipman veya cihazları enerjilendirmektedir. Sistem bileşenlerinin montajı yapılırken, doğru akımlı ekipman veya cihazlar doğrudan enerjilendirilirken alternatif akımlı ekipman veya cihazların enerjilendirilmesi için doğru akımın, alternatif akıma dönüştürülmesi gerekmektedir [25,26].

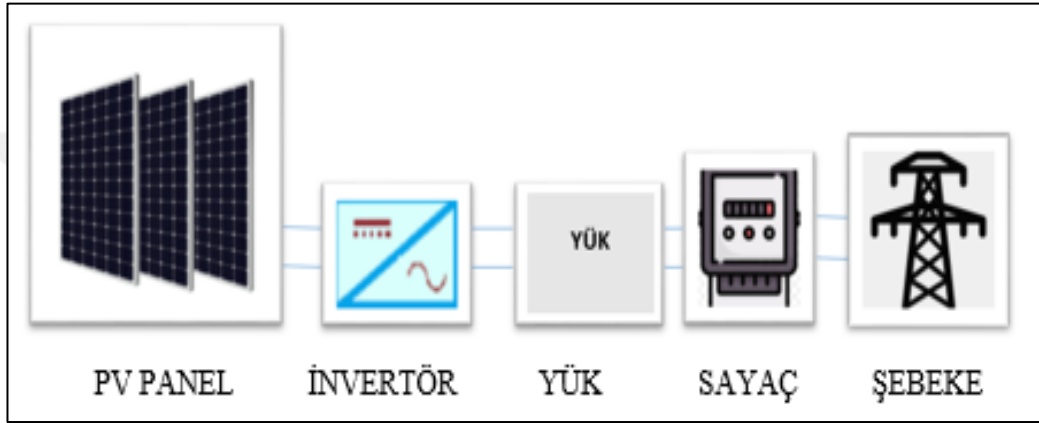


Şekil 2.3. Şebekeden bağımsız PV sistem.

2.3.3. Şebekeye Bağlı PV Sistemler

Şebekeye bağlı sistemler, şebekenin bulunduğu yerlerde doğrudan şebekeye bağlantı yapılarak sistemde üretilen enerjiyi dağıtım hattına aktaran sistemlerdir. Şebekeye bağlı üretim yapan PV sistemlerde Şekil 2.4'te görüldüğü gibi depolama ünitesine gerek duyulmamaktadır.

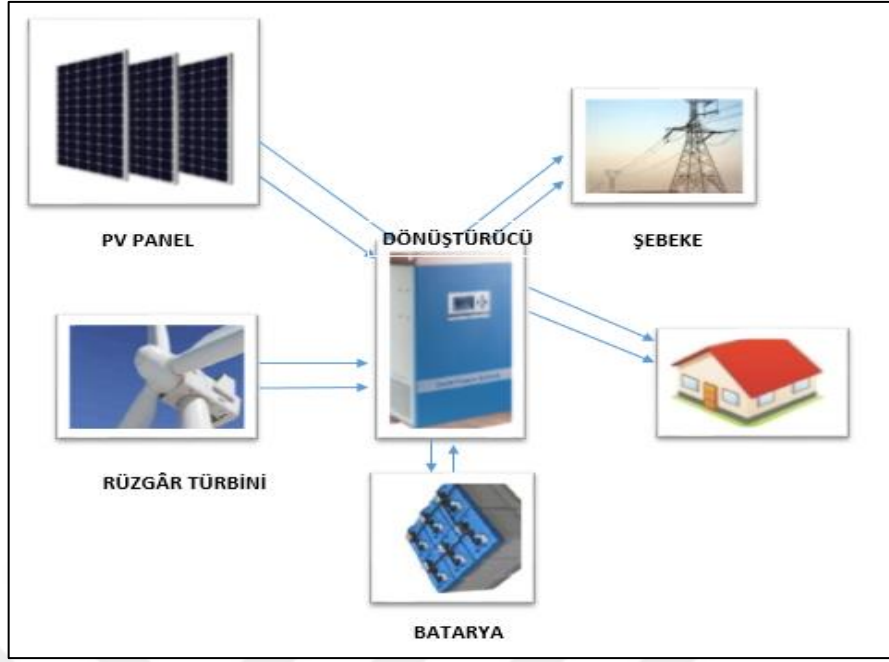
Şebekeye bağı sistemler gerek duyulduğunda depolama biriminde depolanan enerjiyi invertör vasıtasıyla alternatif akıma dönüştürerek şebekeye enerji aktarabilmektedir. Çevre koşullarının elverişsiz veya sistem enerji üretiminin yetersiz olduğu durumlarda ise gerek duyulursa şebeke üzerinden bu enerjiyi invertör vasıtasıyla doğru akıma dönüştürerek depolayabilmektedir. İvertör çıkışında çift yönlü sayaç kullanılarak tüketim talebinin olduğu yerlerde farklı ekipman ve cihazlar enerjilendirilebilmektedir [25,26].



Şekil 2.4. Şebekeye bağı PV sistem.

2.3.4. Karma (Hibrit) PV Sistemler

Karma sistemler birden çok çeşitli elektrik üreten sistemlerin bir araya getirilmiş halidir. Şekil 2.5'te görüldüğü gibi rüzgâr türbinleri, biyogaz sistemleri, su kaynaklı sistemler, fosil yakıtlı sistemler vb. sistemler bir araya getirilerek sistemde meydana gelebilecek ani bir enerji kesintisinde veya talebi karşılayamadığı durumlarda diğer sistemlerin devreye girmesi ile enerji sürekliliği sağlanmaktadır [25,26].



Şekil 2.5. Karma PV sistem.

BÖLÜM 3

GÜÇ KALİTESİNİN SINIFLANDIRILMASI VE ÖLÇÜMÜ

3.1. GÜÇ KALİTESİNİ BOZAN ETKENLER

Güç kalitesi; şebekedeki herhangi bir noktada enerjinin sürekliliğinin, gerilim ve frekans değerinin sabitliği, faz gerilimlerinin dengeli olmasının sağlanması, şebekedeki ekipmanların maksimum düzeyde performansla, optimum şartlarda çalışması ve sinusoidal dalga formunun korunmasını sağlayan parametreler ve limitler bütünü olarak tanımlanabilir. Dağıtım şebekesinde gerilimin frekansı, genliği, dalga şekli ve üç faz simetrisi parametreleri değişim sınırları içerisinde olmadığında kesintisiz ve kaliteli bir enerji elde edilememektedir [3].

Şebekede meydana gelen geçici dalgalanma, kısa-uzun süreli gerilim değişimleri, gerilim dengesizliği, gerilim dalgalanmaları, dalga şekli bozulduğu, frekans değişimi, harmonik ve fliker gibi nedenlerden kaynaklı güç kalitesi bozulmaktadır [27,28].

3.1.1. Geçici Dalgalanma

Geçici dalgalanma akımda veya gerilimde meydana gelen kısa süreli ve çift yönlü dalgalanmalardır. Dalga formu frekans değeri, devamlılık süresi ve tepe değeri ile belirtilmektedir. Dalga formları frekans değerleri baz alındığında düşük, orta ve yüksek frekanslı olarak üç kısımda değerlendirilmektedir.

Frekansı 500 kHz ve daha büyük olan ve tipik süresi μ s olarak belirtilebilen dalgalanmalar yüksek frekanslı olarak belirtilmektedir. Yüksek frekanslı dalgalanmalar sistemin darbesel geçici olaylara karşı gösterdiği tepkidir. Frekans değeri 5-500 kHz aralığında ve tipik süresi $10 \times \mu$ s cinsinden belirtilen dalgalanmalar

orta frekanslı olarak belirtilmektedir. Orta frekanslı dalgalanmalara genelde kapasitör anahtarlama etki etmektedir. Frekans değeri 5 kHz'den düşük olan ve tipik süresi 0,3 ms ile 50 ms arasında değişen salınımsal geçici olaylar düşük frekanslı salınımsal geçici olaylardır [3,27,28].

3.1.2. Kısa Süreli Değişimler

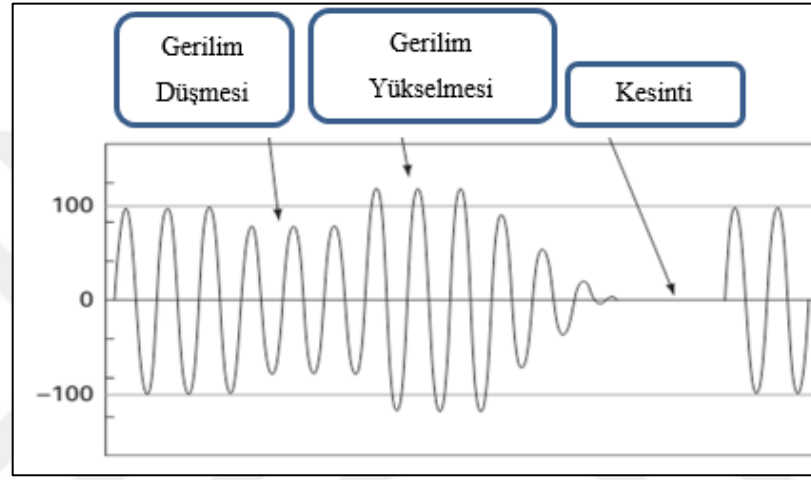
Dağıtım sisteminin işletilmesinde, kaliteli enerji sağlamak için gerilim etkin değer değişimi parametresi değer aralığı TS EN 50160 standardında belirtilen değerler aralığında olmalıdır [2,4]. Bu değerler;

AG seviyesi için; belirlenen periyot süresince ölçülen değer 10'ar dakikalık ortalamalarının, en az %95'i nominal etkin gerilim değerinin alabileceği maksimum değer \pm %10'u kadar, tamamı ise nominal etkin gerilim değerinin alabileceği maksimum değer + %10 - %15 aralığında değişebilmektedir.

OG seviyesi için; belirlenen periyot süresince ölçülen değer TS EN 61000-4-30'da belirtildiği gibi 1 hafta süreli olarak gerilim etkin değerlerinin 10'ar dakikalık ortalamalarının en az %99'u etkin gerilim değerinin maksimum + %10'u olabilmektedir. Ortalamaların en az %99'u etkin gerilim değerinin minimum %10'nun altında değer almamalıdır. Belirlenen periyot süresince ölçülen gerilim etkin değerlerinin 10'ar dakikalık ortalamalarının hiçbirisi etkin gerilimin \pm %15'lik sınırlarının dışında kalmamalıdır [2,4].

Gerilim etkin değer değişimi sistemin durumuna ve hatanın olduğu yere göre; Şekil 3.1'de görüldüğü gibi, swell (gerilim yükselmesi $U > 1.1U_n$) standartlarda belirtildiği gibi yarım periyottan 1 dakikaya kadar periyotta gerilim değerinin %110'dan daha fazla değer almasıdır. Büyük bir yükün devre dışı kalması veya kondansatör grubunun devreye girmesinden dolayı gerilim yükselmeleri meydana gelmektedir. Gerilim yükselmesi olayı, motor sürücülerinde ve kontrol elemanlarında duruş ve arızalara, elektronik kartlı sistemlerde ve bilgisayarlarda arızalara, akkor flamanlı lambalarda ömür azalmasına neden olmaktadır. Şebekede gerilim düşmelerine oranla gerilim yükselmeleri ile daha fazla karşılaşılmaktadır. Gerilim düşmelerinin nedeni şebekenin

yetersiz kalması, şebekede aşırı yüklenme olması, büyük güçteki motorlara yol verilmesi ve kısa devre arızalarıdır. Sag (gerilim düşüklüğü $U < 0.9U_n$) standartlarda belirtildiği gibi yarım periyottan 1 dakikaya kadar periyotta gerilim değerinin %90'dan daha düşük bir değer almasıdır. Gerilim düşüklüğünün nedeni şebekede olan yük düşmesi, şebekede olan zayıflıktır. Interruption (kesinti) şebekedeki arızalardan kaynaklı en az bir yarım dalga ve en çok 1 dakika süresince nominal gerilimin %90 altında olmasıdır [2,4,27].



Şekil 3.1. Gerilim düşümü, gerilim yükselmesi, kesinti eğrileri.

Kısa süreli gerilim değişimlerinin nedenleri;

- Güç sistemlerindeki hatalar (kısa devre arızaları),
- Yüksek akım seviyesinde yüklerin devreye girmesi,
- Dağıtım sistemindeki bağlantı kopuklukları,
- Üretim santrallerinin bağlantı noktasında çalışma rejimi (uyartım akımlarının endüktif ve kapasitif değişkenlik göstermesi) dir.

Çözüm Önerileri:

- Trafo merkezi gerilim kademe ayarlarının düzenlenmesi,
- Gerilim regülatörü kullanılması,
- Endüktif ve kapasitif yük dengesinin düzenlenmesi için kompanzasyon merkezi yatırımı yapılması,
- Kablo/iletken kesitlerinin ihtiyaç doğrultusunda arttırılması,
- Yük aktarımı yapılmasıdır [3,28].

3.1.3. Uzun Süreli Değişimler

Uzun süreli değişimler 1 dakikadan daha fazla olan periyotta meydana gelen değişimlerdir. Uzun süreli gerilim değişiklikleri; aşırı gerilim, düşük gerilim ve kalıcı gerilim olarak üç kısımda değerlendirilmektedir. Aşırı gerilim, gerilim efektif değerinin 1 dakikadan uzun sürede %110'unu aşacak kadar yükselmesidir. Yük anahtarlama, transformatör gerilim kademesinin hatalı olması aşırı gerilime neden olmaktadır.

Düşük gerilim, gerilim efektif değerinin 1 dakikadan uzun sürede %90'ın altında değere sahip olmasıdır. Yük anahtarlama, kapasitörlerin devreden çıkarılması, aşırı yüklenmiş devreler düşük gerilime neden olmaktadır.

Kalıcı gerilim kesintileri, gerilim efektif değerinin 1 dakikadan fazla sürede sıfır olmasıdır. Sistem bakımı yapılması gerekmektedir [4,27].

3.1.4. Gerilim Dengesizliği

Gerilim dengesizliği, üç fazlı akım ve gerilimlerin yüzde olarak ortalamasından maksimum sapma olarak tanımlanmaktadır. Standartlarda dengesizlik, simetrik bileşenler üzerinden tanımlanmaktadır. Faz gerilimlerinin birbirinden farklı değerlere sahip olması durumunda, en çok sapma olan fazın, faz ortalamasına oranı EPDK yönetmeliğinde maksimum %10 olarak tanımlanmıştır. Nedeni büyük çoğunlukta yüksek güçteki müşterilerden kaynaklanan akım dengesizlikleri ve kapasitör grubundaki fazlarda oluşan arızalardır. Gerilim dengesizliği, her fazdaki gerilimin birbirinden farklı değerlerde olmasıdır. [2,29].

Nedenleri;

- Yıldırım düşmesi,
- Müşterilerin yüksek tüketiminden kaynaklanan akım dengesizlikleri,
- Kapasitör grubundaki faz arızalarıdır.

Çözüm Önerileri:

- Parafudr konulması,
- Fazlar arası yük dengesizliğinin giderilmesi,
- Gerilim regülatörü kullanılmasıdır [3,28].

3.1.5. Gerilim Dalgalanmaları

Gerilimin periyodik olarak 6-7 dalga süresince düşmesi ya da yükselmesine bağlı olarak lambalarda farkedilecek boyutta titreşim oluşmasıdır. Yük akımının genliğinde daimi ve çok hızlı farklılıklara neden olan yükler, kırpışma olarak belirtilen gerilim değişimlerine sebep olmaktadır [2,27].

3.1.6. Dalga Şekli Bozukluğu

Dalga şekli bozukluğu temel dalga formunun sinüsoidal şeklinin kaybolması olarak belirtilmektedir. Dalga şekli bozuklukları doğru akım bileşeni, harmonikler, ara harmonikler, çentik etkisi ve gürültü olarak toplamda 5 farklı alanda değerlendirilmektedir [30].

Doğru akım bileşeni, yarım dalga doğrultucular gibi yüklerden meydana gelmektedir. Doğru akım bileşeni transformatörlerin normal çalışma koşullarında doyuma ulaşmasına sebep olabilir. Bu etki daha fazla ısınmaya, ısınmadan dolayı kayıpların artmasına, kullanım sürelerinin azalmasına etki etmektedir.

Harmonikler, güç sisteminde yer alan nonlineer elemanlardan meydana gelmekte olup, sistemin normal şartlarda çalışma frekansının tam sayı katındaki sinüs dalga formuna sahip gerilim ve akımlar olarak tanımlanmaktadır. Ara harmonikler sistemin temel frekansının tam katları olmayan gerilim ve akımlardan oluşmaktadır.

Çentik etkisi, güç elektroniği aletlerinin normal koşullarda bir fazdan diğer faza geçmeleri anında oluşturabilecekleri periyodik gerilim bozulmalarıdır. Çentik etkisi

olduğunda kısa süreli bir kısa devre meydana gelir ve gerilim azalması ortaya çıkmaktadır.

Gürültü, güç sistemlerinde yer alan elemanlardan kaynaklı olmaktadır. Genellikle gürültü harmonik yada geçici olay olarak tanımlanamayan bozulmaları kapsamaktadır [27,28,31].

3.1.7. Frekans Değişimi

Frekans değişimi, sistemin temel frekansının ana frekansından sapmasıdır. Şebekede yer alan hatalar (arızalar), önemli oranda güç üreten jeneratörlerin devre dışı kalmaları gibi etkiler frekans değişimine neden olmaktadır [30].

3.2. HARMONİKLER

3.2.1. Harmonik Tanımı ve Çeşitleri

Harmonik, doğrusal olmayan yüklerden meydana gelebileceği gibi gerilim dalga şekli ideal olmayan jeneratörlerden kaynaklı sinüsoidal dalga formunun değişikliğe uğradığı alternatif akım veya gerilimde, ana frekansın tam katları frekanslarda meydana gelen sinüsoidal bileşenlerdir.

Temel frekans olarak belirtilen sistem çalışma frekansı 50 Hz yada 60 Hz'dir. Bu frekans değerlerinin tam katı frekanslarındaki sinüsoidal gerilim ve akımlar harmonik olarak tanımlanmaktadır [6,9,32].

3.2.2. Harmonik Üreten Kaynaklar

Harmonikler nedeni ile bozulan sinüsoidal dalga formu nonsinüsoidal dalga olarak tanımlanmaktadır. Harmonikler güç sistemlerinde kayıplar, gerilim düşüşleri, rezonans olayları, güç faktörünün değişmesi vb. problemlere yol açmaktadır. Harmonik üreten kaynaklar;

- Konverterler (Dönüştürücüler),
- Doğru akım ile enerji iletim sistemleri (HVDC): Doğru akım enerji iletim hatlarında hat başında ve sonunda yer alan büyük güçlü çevriciler (doğrultucu ve dönüştürücü bloklar) yarı iletken elemanlardan oluştuğundan, birer harmonik kaynağı olmaktadır.
- Ark fırınları,
- Kaynak makinaları ve Elektrik makinaları,
- Statik VAr kompanzatorler,
- Gaz deşarj prensibi ile çalışan aydınlatma elemanları,
- Bilgisayar,
- Elektronik balastlar,
- UPS'tir [3,28].

Harmonik nedenleri güç kontrol elemanları, transformatörlerde doyum noktasına erişme, ark prensibi ile çalışan yüklerin oluşturduğu akımlar, lineer olmayan yükler ve empedansa bağlı gerilim değerinde meydana gelen değişikliklerdir [27,33].

3.2.3. Harmoniklerin Sisteme Etkileri

Güç sisteminde oluşan harmonikler hem şebekedeki enerji kalitesini hem de şebekedeki tüm ekipmanları etkilemektedir.

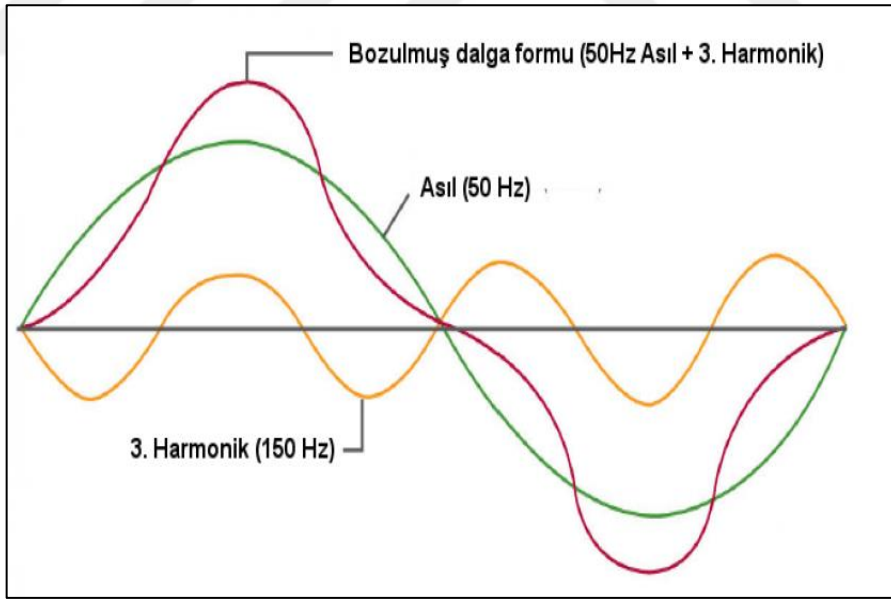
Harmoniklerin sisteme etkileri;

- Kayıplar,
- Gerilim düşümü,
- Kondansatörlerinin aşırı yüklenmeleri ve yüklenmeden kaynaklı hasar görmeleri,
- Aşırı ısınmalar,
- Koruma rölelerinin doğru çalışmaması,
- Ölçü aletlerinin doğru çalışmaması,
- İzolasyon malzemesinin hasar görmesi,

- Rezonans olayları nedeniyle aşırı gerilim veya akımların oluşması,
- Mikroişlemcilerin doğru çalışmaması,
- Gürültüden kaynaklanan etki sonucunda kontrol sistemlerinin sorunlu çalışmasıdır [3,34,35,36].

3.2.4. Harmonik Standartları

TS EN 50160 standardına göre dağıtım şirketi, Çizelge 3.1'de gösterilen sınır değerlerine dikkat ederek kaliteli enerji sunmak zorundadır. Ölçüm yapıldığı sürece ölçümü yapılan gerilim harmoniği etkin değerinin 10'ar dakikalık ortalamalarının en düşük %95'i, Çizelge 3.1'de belirtilen değerlerden düşük veya bu değerlere eşit olmalıdır. Şekil 3.2'de görüldüğü gibi harmonik değerler 50 Hz ve ve katlarında meydana gelmektedir. Toplam harmonik bozulma değeri (40. harmoniğe kadar tüm değerler dâhil) en yüksek %8 olarak uygulanmaktadır [2,4]. Çizelge 3.2'de akım harmonikleri için maksimum yük akımına (I_L) göre sınır değerleri belirtilmiştir [2].



Şekil 3.2. Harmonik değerleri gösterimi.

Çizelge 3.1. Standart harmonik değerleri [2].

Tek Harmonikler				Çift Harmonikler	
3'ün Katları Olmayanlar		3'ün Katları Olanlar			
Harmonik Sırası h	Sınır Değer (%)	Harmonik Sırası h	Sınır Değer (%)	Harmonik Sırası h	Sınır Değer (%)
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,5	6.....24	0,5
13	3	21	0,5		
17	2				
19	1,5				
23	1,5				
25	1,5				

Çizelge 3.2. Maksimum yük akımına göre sınır değerler [2].

TEK HARMONİKLER						
I_{sc}/I_L	<11	11=<h<17	17=<h<23	23=<h<35	35=<h	TTB
<20	4	2	1,5	0,6	0,3	5
20<50	7	3,5	2,5	1	0,5	8
50<100	10	4,5	4	1,5	0,7	12
100<1000	12	5,5	5	2	1	15
>1000	15	7	6	2,5	1,4	20
****Çift harmonikler, kendinden sonraki tek harmonik için tanımlanan değerlerin %25 i ile sınırlandırılmıştır.						

Toplam Talep Bozulumu (TTB), akım harmonik bileşenlerinin etkin değerlerinin kareleri toplamının karekökünün, maksimum yük akımına (IL) oranıdır. Dalga şeklindeki bozulmayı yüzde olarak ifade etmektedir.

Şebekede meydana gelen akım harmoniklerinin değerlendirilmesinde IEEE Std.519-1992 ve EN 50160 standartları baz alınmaktadır. Ölçüm yapıldığı sürece ölçümü yapılan akım harmoniği değerlerinin en düşük %95'i, Çizelge 3.2'de belirtilen değerlerden düşük veya bu değerlere eşit olmalıdır [2].

3.3. GERİLİM KIRPIŞMASI (FLICKER)

3.3.1. Gerilim Kırpışması Tanımı

Genel olarak yerel aydınlatma sisteminde gözle görülebilir şekilde fark edilebilen, yaklaşık olarak 0,5 Hz ve 25 Hz değerleri arasında salınım yapabilen gerilim dalgalanmaları kırpışma (flikler) olarak tanımlanmaktadır [27].

3.3.2. Gerilim Kırpışmasının Sebepleri

Gerilim kırpışması gerilimde anlık olarak yükselip alçalma ile oluşmaktadır. Bu nedenle aydınlatma sistemlerinde oluşabilecek gerilim kırpışmalarına karşı sistem daima denetim altında tutulmalıdır [7,30].

3.3.3. Gerilim Kırpışması Kaynakları

Gerilim dalgalanması, lambaların lüminansında, flikler diye adlandırılan görsel olguya neden olabilen değişikliklere yol açmaktadır. Belli bir eşik değerinin üstünde flikler rahatsız edici olmaktadır. Dalgalanmanın genliğiyle rahatsızlık çok hızlı bir şekilde artmaktadır. Gerilim kırpışması nedenleri;

- Ark ocakları,
- Demir-çelik fabrikaları,
- Lazer yazıcılar,
- Klima sistemleridir [7,38,39].

3.3.4. Gerilim Kırpışmasının Sisteme Etkileri

Aydınlatma sisteminde meydana gelen flikler olayları gerilimin çok kısa süreler içinde sürekli yükselip alçalması ile oluşmaktadır. Gerilim kırpışması cihazların hatalı çalışmasına neden olmaktadır.

3.3.5. Gerilim Kırpışması Değerlendirme Yöntemi

Gerilim kırpışması, gerilimin periyodik şekilde ortalama altı dalga boyunca düşmesi veya yükselmesinden kaynaklı lambalarda titreşim oluşmasıdır.

P_{ST} : 10 dakikalık periyotlarla ölçülen fliker şiddeti endeksini belirtmektedir.

P_{LT} : İki saatlik zaman aralığı boyunca ölçülen 12 ardışık PST ölçüm değerlerine ait fliker şiddeti endeksini belirtmektedir [2,27].

Elektrik Dağıtımı ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği'nde belirtilen fliker şiddeti sınır değerleri Çizelge 3.3'te görülmektedir.

Çizelge 3.3. Fliker şiddeti için sınır değerler [2].

Fliker Şiddeti Endeksi	Sınır Değerler
P_{ST}	≤ 1.0
P_{LT}	≤ 0.8

Fliker parametresinin kaynaktan mı yoksa yükten mi kaynaklandığı bilinmediğinden çözüm önerisi olarak gerilim kırpışmasını engelleyecek bir sistem mevcut değildir. Ancak etkiyi azaltmak amacı ile STATCOM (Static Synchronous Compensator), aktif filtre, SVC (Static VAr Compansation) yatırımları yapılmaktadır.

SVC ve STATCOM kontrollü dinamik reaktif güç sağlamaktadır. Böylece voltaj regülasyonu sağlanmakta, şebekedeki uyumluluk kontrol edilerek, ihtiyaç olması halinde sisteme değişken reaktif güç sağlanmaktadır. STATCOM veya SVC ile şebekeye reaktif güç verilebilir veya şebekeden reaktif güç çekilebilir. Şebeke gerilim seviyesi düşük ise reaktif güç verilmekte, eğer şebeke gerilimi yüksek ise reaktif güç çekilmektedir. STATCOM'un SVC'den farkı ise daha hızlı ve etkili olmasıdır.

3.4. GÜÇ KALİTE ÖLÇÜM CİHAZI

Enerjiyi sağlayan şirketler ile bu enerjiyi kullananlar arasında belirli standart ve kurallara uygun olarak enerjinin üretimi, iletimi ve dağıtımı yapılmaktadır. Enerjiyi üreten ve/veya satan şirket ya da kuruluşlar, sunduğu enerjinin kalitesinden sorumlu olup güç kalitesi parametreleri için belirlenen standartlara ve limit değerlere uyarak, müşterilerine kesintisiz ve sorunsuz olarak temin etmek ile yükümlüdür. Enerji kalitesine ait parametrelerin izlenmesi ve raporlanması kaliteli enerji sunmak için önem taşımaktadır [13,40].

Ülkemizde enerji kalitesi ölçümlerinin izlenmesi EPDK tarafından yayınlanan Elektrik dağıtımı ve perakende satışına ilişkin hizmet kalitesi yönetmeliği'ne göre yapılmaktadır [2]. Bu amaçla enerji akışını, kaliteyle ilgili tüm parametreleri hem anlık olarak izleyebilen hem de sorunları (kaliteden sapmaları) kaydeden cihazlara gerek duyulmaktadır. Bu cihazların uluslararası veya ulusal olarak akredite olması yapılan ölçümlerin güvenilirliğini kanıtlayıp, kabul edilebilir olmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmada, sahadan verileri elde etmemizi sağlayan, üç faz ve nötrden ölçüm yapan A sınıfı güç analizör cihazı kullanılmaktadır. Enerji kalitesini belirleyen parametreler anlık olarak ölçülüp, ilgili parametreler ethernet bağlantısı yardımıyla merkezi bilgisayara kaydedilmektedir.

Güç kalitesi ölçüm cihazının montajı sahada Şekil 3.3(a)'da belirtildiği gibi zemine yada Şekil 3.3(b)'de belirtildiği gibi direk üstüne yapılabilmektedir. Sahaya yerleştirilen güç kalitesi cihazları ile gerilim dengesizlikleri, gerilim etkin değer değişimi, fliker, harmonik parametreleri ölçülerek teknik kalite değerlendirmesi yapılmaktadır.



(a)



(b)

Şekil 3.3. Güç kalitesi cihazı a) zeminde ve b) direk üstü.

Şekil 3.4'te belirtilen güç kalitesi ölçüm cihazı ile şebekedeki teknik kalitenin ölçülmesi ve gerekli durumlarda iyileştirmenin yapılması için sahada ilgili fidere takılarak belirlenen sürede ölçüm yapılmaktadır.



Şekil 3.4. Güç kalitesi ölçüm cihazı.

Mekanik Özellikler:

- Elektrik (Çalışma): Gerilim: 85-264 V AC, Frekans: 47-53 Hz., Akım: 0.7 A
- Elektrik (Ölçüm): Gerilim: 57-347 V AC faz nötr (600 V faz-faz), Frekans: 47-63 Hz., Akım: AG 3000 A, OG 10 A, Empedans:5 mΩ/faz

Mobil GKC aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır:

- A Sınıfı Enerji Analizörü
- Router
- Dönüştürücü

- Akü
- Akım Probu
- Gerilim Ölçü Kabloları

Bir elektrik dağıtım sisteminde enerji kalitesini artırmak için gerekli güç parametreleri, enerji analizörü ile izlenmekte ve ölçülmektedir. Tez çalışmasında kullanılan enerji analizörünün özellikleri;

- 1024 örnek / çevrim
- 1 V AC akım probu
- 57 - 347 V AC faz - nötr (600 V faz - faz)
- Düşük gerilim besleme (20 - 60 V DC)
- 50 Hz sistem frekansı
- 1 RS232/485, 1 RS485, 10Base-T Ethernet (RJ45),
- Ethernet gateway özelliği (seri port üzerinden)
- 8 sayısal giriş, 3 Form C röle, 4 Form A solid state röle
- Şifre koruması, donanımsal kilit yok
- TS EN 50160 ve TS EN 61000-4-30 ile uyumlu

Enerji analizöründen alınan verilerin merkezi bilgisayara aktarılması için router kullanılmıştır. Router (yönlendirici) birden fazla ağı birbirine bağlayan, ağa bağlı bilgisayarları yönlendirmeye olabak sağlayan, gelen network paketindeki verileri inceleyerek diğer bir network'e aktarabilen cihazdır. Çalışmada kullanılan router özellikleri aşağıdaki gibidir;

- Universal HSPA+ : 21Mbps (DL)/5.76Mbps (UL)
- Ethernet Port : 1 RJ-45, 10/100Mbps
- Güç Besleme : 9-26 V DC

Dönüştürücü kullanılarak akü beslemesi için giriş gerilimi ve çıkış gerilimi arasında dönüşüm yapılabilmektedir. Tez çalışmasında AG panodan alınan 220 V giriş gerilimi dönüştürücü kullanılarak 24V'a dönüştürülmekte, böylece akünün beslemesi yapılmaktadır. Çalışmada kullanılan dönüştürücünün özellikleri;

- Çıkış gerilimi : 24 V DC (24 - 30 V DC arası ayarlanabilir)
- Çıkış akımı : 1,7 A; Güç :40,8 W
- Giriş gerilimi : 85 - 264 V AC, 120 - 370 V DC
- Giriş akımı : 1,1 A / 115 V AC, 0,7 A / 230 V AC
- Frekans : 47 - 63 Hz

Akım probu bir devreyi bozmadan amperi ölçebilen bir cihazdır. Tez çalışmasında kullanılan akım probunun özellikleri;

- Ölçüm : 5 A / 1 V
- Hassasiyet : %1
- Frekans : 10 Hz - 5 kHz [41].

BÖLÜM 4

PV SİSTEMLERİN ŞEBEKE ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

4.1. İÇ ANADOLU BÖLGESİNDEKİ PV SİSTEM VE ŞEBEKE KARAKTERİSTİKLERİ

4.1.1. Gerilim Etkin Değer Değişimi Analizi

Bu tez çalışmasında İç Anadolu bölgesinde yapılan ölçümler neticesinde elde edilen verilerin ve şebeke değerlerinin EPDK Elektrik Dağıtım ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği'ne göre teknik değerlendirmesi yapılmıştır. İlgili dağıtım şebekesini güç kalitesi parametreleri açısından tetkik etmek amacıyla A sınıfı güç kalitesi ölçüm cihazı takılarak kayıtlar alınmıştır. TS EN 50160, elektrik dağıtım sistemlerinde normal çalışma koşulları altında müşterinin ortak bağlantı noktasında gerilim parametrelerini ve izin verilen tolerans değerlerini tanımlayan bir Avrupa standardıdır. TS EN 50160 standardına göre raporlamanın haftalık olarak yapılması önerilmiştir. Bu nedenle çalışmada ölçümler haftalık olarak yapılmıştır. Bölüm 3'te OG seviyesi için ölçüm periyotlarında belirtilen, dikkate alınması gereken sınır değerlerinden bahsedilmiştir.

Çankırı'da bulunan gücü 923 kW, şebeke bağlantı gerilimi 34,5 kV olan GES'te güç kalitesi ölçüm cihazı ile 16.04.2019-23.04.2019 tarihleri arasında ölçüm yapılmıştır. Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de görüldüğü gibi güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır. Nominal faz faz gerilimi 34,5kV olan bir şebekede sınır değerleri 31,05 kV-37,95 kV olarak belirtilmiştir. Nominal faz nötr gerilimi 19,8 kV olan şebekede sınır değerleri 17,82 kV - 21,78 kV olarak belirtilmiştir. Ayrıca yapılan ölçümlerde hiçbir ölçüm değerinin nominal gerilimin max +%15, -%15'ini aşmaması gerekmektedir. Gerilim etkin değer değişimine ait faz-faz ve faz-nötr raporu incelendiğinde, Şekil 4.1'deki Vf-f gerilimine ait grafikteki değerler incelendiğinde;

$0,9xV_n < V_{ab} < 1,1xV_n$, $0,9xV_n < V_{bc} < 1,1xV_n$, $0,9xV_n < V_{ca} < 1,1xV_n$ koşullarından Vf-n gerilimlerde ise; Şekil 4.2’de $0,9xV_n < V_{an} < 1,1xV_n$, $0,9xV_n < V_{bn} < 1,1xV_n$, $0,9xV_n < V_{cn} < 1,1xV_n$ koşullarından sınır değerleri aştığı gözlemlenmiştir.

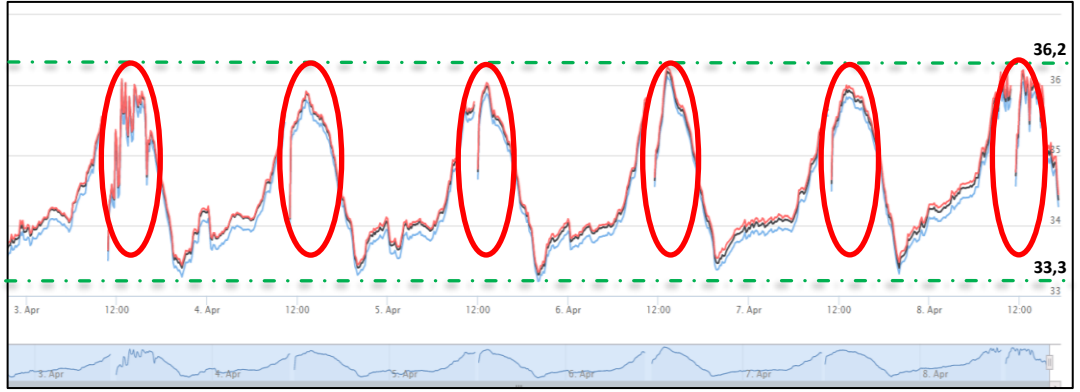


Şekil 4.1. GES1 faz faz gerilim etkin değer değişimi analizi.

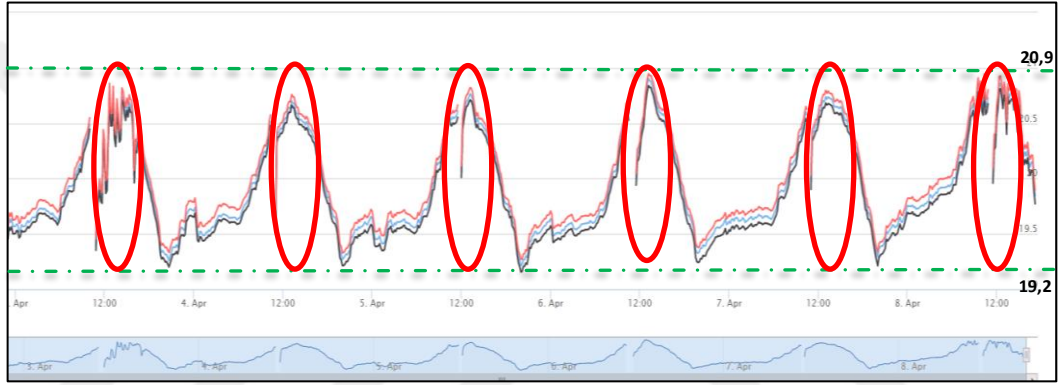


Şekil 4.2. GES1 faz nötr gerilim etkin değer değişimi analizi.

Ankara’da bulunan gücü 1000 kW, şebeke bağlantı gerilimi 34,5 kV olan GES’te güç kalitesi ölçüm cihazı ile 02.04.2018-08.04.2018 tarihleri arasında ölçüm yapılmıştır. Güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır. TS EN 50160 standardı baz alınarak Şekil 4.3’te Vf-f gerilimlerde; $0,9xV_n < V_{ab} < 1,1xV_n$, $0,9xV_n < V_{bc} < 1,1xV_n$, $0,9xV_n < V_{ca} < 1,1xV_n$ koşullarından Vf-n gerilimlerde ise; Şekil 4.4’te $0,9xV_n < V_{an} < 1,1xV_n$, $0,9xV_n < V_{bn} < 1,1xV_n$, $0,9xV_n < V_{cn} < 1,1xV_n$ koşullarından sınır değerler içerisinde olduğu görülmektedir.

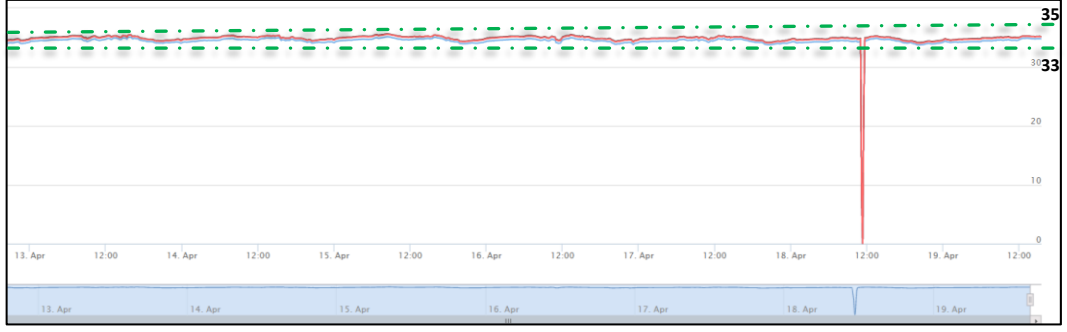


Şekil 4.3. GES2 faz faz gerilim etkin değer değişimi analizi.

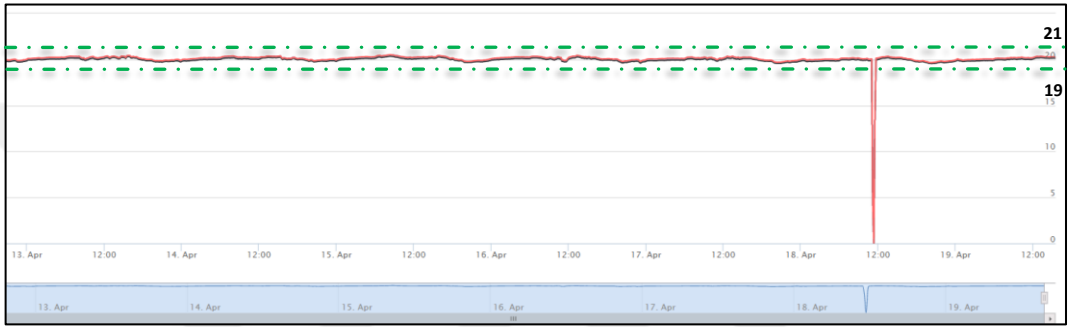


Şekil 4.4. GES2 faz nötr gerilim etkin değer değişimi analizi.

Beypazarı'nda bulunan gücü 1000 kW, şebeke bağlantı gerilimi 34,5 kV olan GES'te güç kalitesi ölçüm cihazı ile 12.04.2018 - 19.04.2018 tarihleri arasında ölçüm yapılmıştır. Güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır. TS EN 50160 standardı baz alınarak Şekil 4.5'te Vf-f gerilimlerde; $0,9 \times V_n < V_{ab} < 1,1 \times V_n$, $0,9 \times V_n < V_{bc} < 1,1 \times V_n$, $0,9 \times V_n < V_{ca} < 1,1 \times V_n$ koşullarından Vf-n gerilimlerde ise; Şekil 4.6'da $0,9 \times V_n < V_{an} < 1,1 \times V_n$, $0,9 \times V_n < V_{bn} < 1,1 \times V_n$, $0,9 \times V_n < V_{cn} < 1,1 \times V_n$ koşullarından sınır değerler içerisinde olduğu görülmektedir.



Şekil 4.5. GES3 faz faz gerilim etkin değer değişimi analizi.



Şekil 4.6. GES3 faz nötr gerilim etkin değer değişimi analizi.

Grafikte görülen yaklaşık sıfır değerinde oluşan etkinin nedeni GES'in devreden çıkmasından kaynaklı sistemde meydana gelen anlık kesintidir.

Kırıkkale'de bulunan gücü 990 kW, şebeke bağlantı gerilimi 34,5 kV olan GES'te güç kalitesi ölçüm cihazı ile 12.04.2018-19.04.2018 tarihleri arasında ölçüm yapılmıştır. Güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır. TS EN 50160 standardı baz alınarak Şekil 4.7'de Vf-f gerilimlerde; $0,9 \times V_n < V_{ab} < 1,1 \times V_n$, $0,9 \times V_n < V_{bc} < 1,1 \times V_n$, $0,9 \times V_n < V_{ca} < 1,1 \times V_n$ koşullarından Vf-n gerilimlerde ise; Şekil 4.8'de $0,9 \times V_n < V_{an} < 1,1 \times V_n$, $0,9 \times V_n < V_{bn} < 1,1 \times V_n$, $0,9 \times V_n < V_{cn} < 1,1 \times V_n$ koşullarından sınır değerler içerisinde olduğu görülmektedir.



Şekil 4.7. GES4 faz faz gerilim etkin değer değişimi analizi.



Şekil 4.8. GES4 faz nötr gerilim etkin değer değişimi analizi.

Grafiklerde görülen veri kesintisinin nedeni, o anda oluşabilecek herhangi bir sebeple oluşan haberleşme arızası veya güç analizörünün veriyi yazdıramaması olabilmektedir. Haberleşme arızası güç kalitesi cihazının modbus portunun kapanması, modem haberleşmesinin kopması vb. sebeplerle olabilmektedir. Bunun dışında GES'in devreden çıkması da kesintilere neden olmaktadır. GES'in devreden çıktığı durumda, o zaman aralığında, ilgili GES'e ait tüm raporlarda veri kesintisi olduğu görülmelidir.

Ayrıca, yük profili ile alakalı olarak öğle saatlerine doğru belirli yüklerin sistemden çıkması (yük azalması) ile gerilimde yükselme, sonrasında sistemde tekrar yük artmasına bağlı olarak gerilim düşmesi yaşanmaktadır. Bu değişimler grafikte kırmızı daireler ile belirtilmiştir.

4.1.2. Gerilim Dengesizliği Analizi

Elektrik Dağıtımı ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği gereğince “Ölçüm periyodu süresince gerilimin negatif bileşeni etkin değerlerinin 10’ar dakikalık ortalamalarının en az %95’inin pozitif bileşenlere oranı en fazla %2 olmalıdır”. Gerilim dengesizliği değerlendirilmesinde negatif bileşenin pozitif bileşene oranının %2’den az olması baz alınmıştır. Bölüm 3’te gerilim dengesizliği tanımına değinilmiştir.

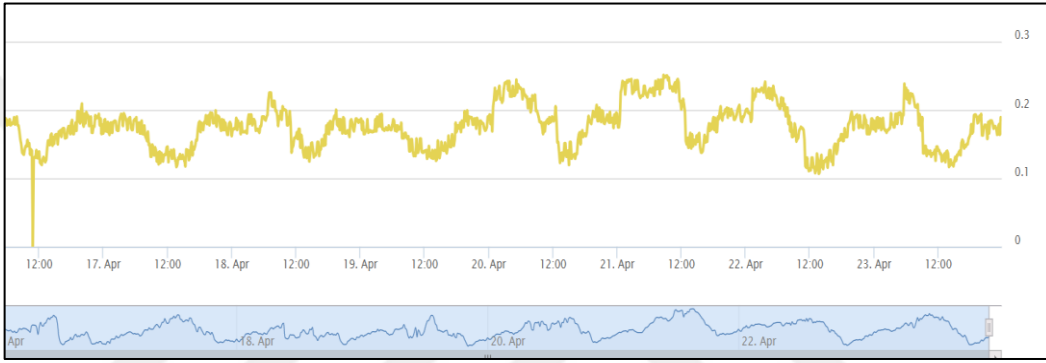
Gerilim dengesizliği değerlendirmesinde baz alınan simetrik bileşenler, üç fazlı bir güç sistemindeki faz gerilimlerinin ayrı ayrı tek fazlı bileşenlerle temsil edilmesi olarak tanımlanabilir. Bu bileşenler pozitif, negatif ve sıfır bileşeni olarak ifade edilmektedir. Gerilimin pozitif bileşeni, güç sistemiyle aynı yönde, negatif bileşen ise güç sistemiyle zıt yönde dönüşe sahiptir. Pozitif bileşen dengeli yükü belirtmektedir. İdeal durumda simetrik bileşenler arasında eşit 120°lik aç olmas gerekmektedir. Bileşenler arasında 120°lik aç olmadığı durumda ise sistemde negatif ve sıfır bileşenler meydana gelmektedir.

Çankırı’da bulunan GES’te güç kalitesi ölçüm cihazı ile 16.04.2019-23.04.2019 tarihleri arasında ölçüm yapılmıştır. Güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır.

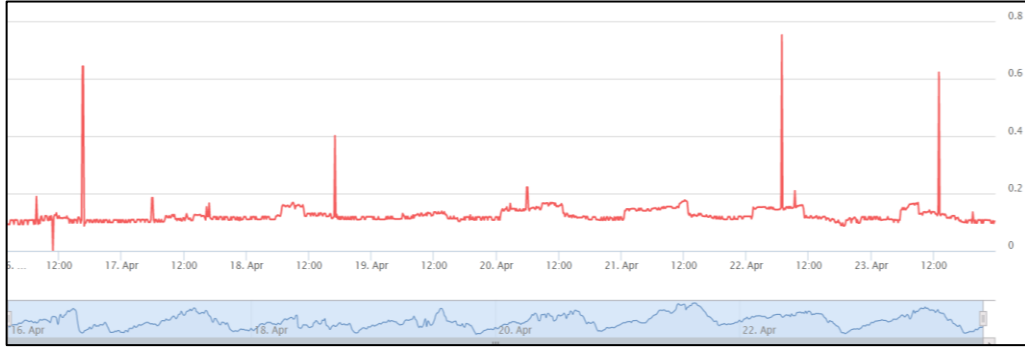
şekil 4.9, şekil 4.10 ve şekil 4.11’ de pozitif ve negatif bileşenlerin arasındaki değerler anlık olarak dikkate alındığında negatif bileşenin pozitif bileşene oranının %2’den az olduğu gözlenmiştir. Bu doğrultuda sistem tarafından yapılan ölçümdeki anlık bazı örneklemelemler 17 Nisan saat 12:00 için $0,13/18=0,007<0,02$, 22 Nisan saat 00:00 için $0,2/17=0,01<0,02$ ’dir.



Şekil 4.9. GES1 pozitif bileşen gerilim dengesizliği analizi.



Şekil 4.10. GES1 negatif bileşen gerilim dengesizliği analizi.

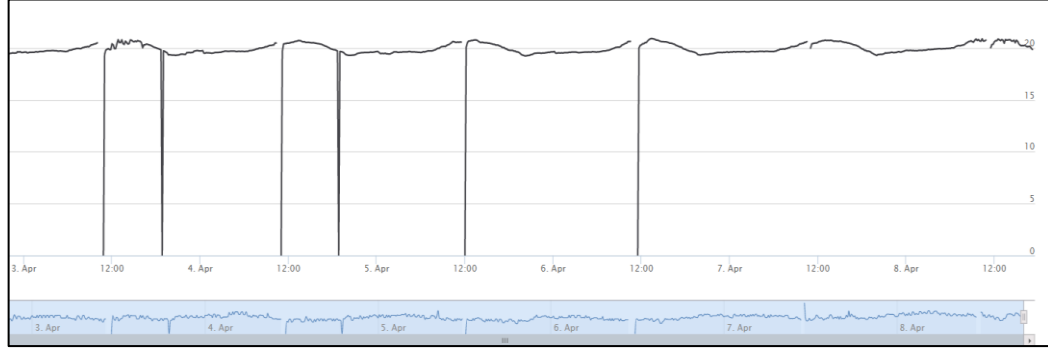


Şekil 4.11. GES1 sıfır bileşen gerilim dengesizliği analizi.

Ankara’da bulunan GES’te güç kalitesi ölçüm cihazı ile 02.04.2018-08.04.2018 tarihleri arasında ölçüm yapılmıştır. Güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır.

Şekil 4.12, Şekil 4.13 ve Şekil 4.14’te pozitif ve negatif bileşenlerin arasındaki değerler anlık olarak dikkate alındığında negatif bileşenin pozitif bileşene oranının

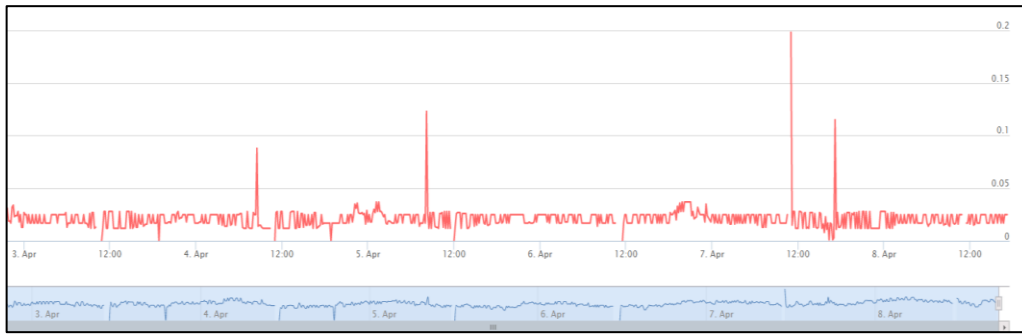
%2'den az olduğu gözlenmiştir. Bu doğrultuda sistem tarafından yapılan ölçümdeki anlık bazı örneklemeler 5 Nisan saat 12:00 için $0,05/20,2=0,003<0,02$, 8 Nisan saat 00:00 için $0,06/19,8=0,003<0,02$ 'dir.



Şekil 4.12. GES2 pozitif bileşen gerilim dengesizliği analizi.



Şekil 4.13. GES2 negatif bileşen gerilim dengesizliği analizi.



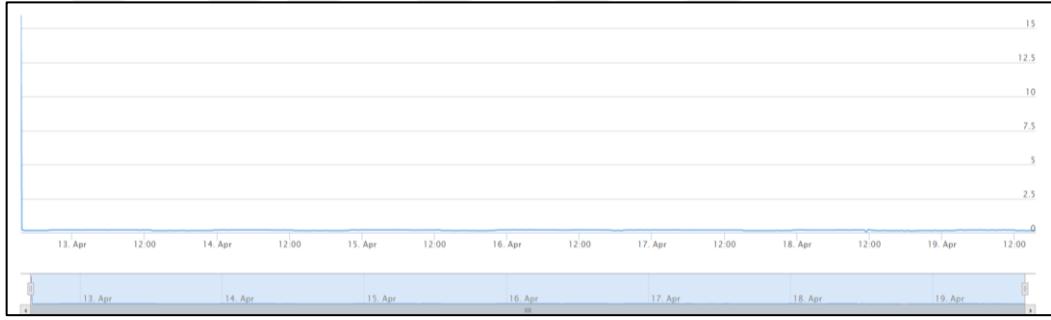
Şekil 4.14. GES2 sıfır bileşen gerilim dengesizliği analizi.

Beypazarı'nda bulunan GES'te güç kalitesi ölçüm cihazı ile 12.04.2018-19.04.2018 tarihleri arasında ölçüm yapılmıştır. Güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır. Şekil 4.15, Şekil 4.16 ve Şekil 4.17'de pozitif ve negatif bileşenlerin arasındaki değerler anlık olarak dikkate alındığında negatif bileşenin pozitif bileşene

oranının %2'den az olduğu gözlenmiştir. Bu doğrultuda sistem tarafından yapılan ölçümdeki anlık bazı örneklemeler 15 Nisan saat 12:00 için $0,02/20=0,001<0,02$, 18 Nisan saat 00:00 için $0,02/20=0,001<0,02$ 'dir.



Şekil 4.15. GES3 pozitif bileşen gerilim dengesizliği analizi.



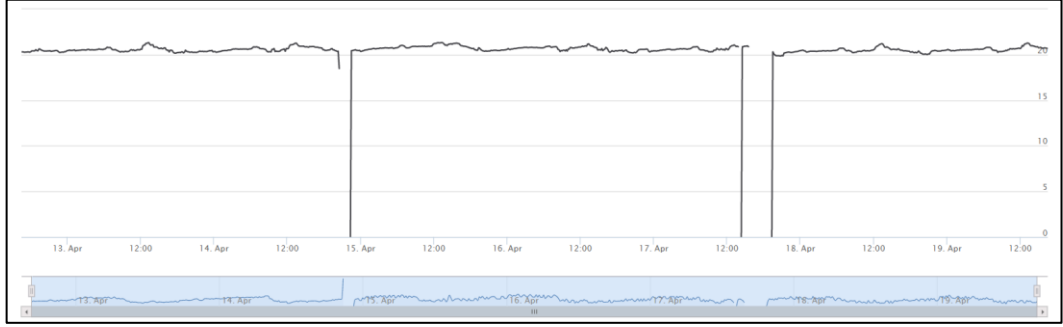
Şekil 4.16. GES3 negatif bileşen gerilim dengesizliği analizi.



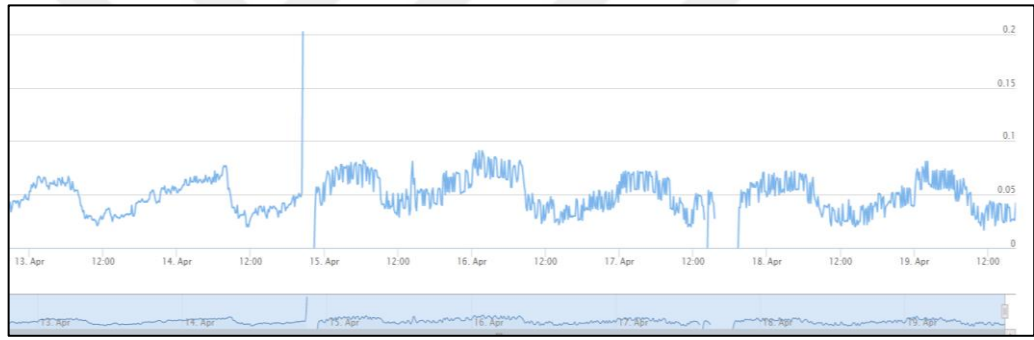
Şekil 4.17. GES3 sıfır bileşen gerilim dengesizliği analizi.

Kırıkkale'de bulunan GES'te güç kalitesi ölçüm cihazı ile 12.04.2018-19.04.2018 tarihleri arasında ölçüm yapılmıştır. Güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır. Şekil 4.18, Şekil 4.19 ve Şekil 4.20'de pozitif ve negatif bileşenlerin arasındaki değerler anlık olarak dikkate alındığında negatif bileşenin pozitif bileşene

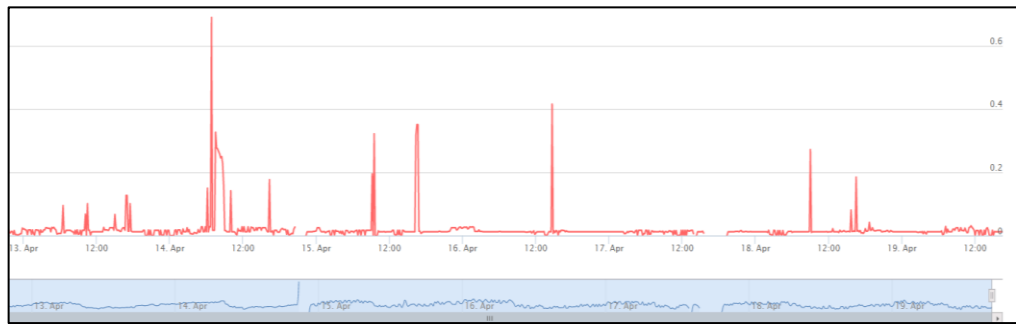
oranının %2'den az olduğu gözlenmiştir. Bu doğrultuda sistem tarafından yapılan ölçümdeki anlık bazı örneklemeler 14 Nisan saat 12:00 için $0,03/21=0,002<0,02$, 19 Nisan saat 00:00 için $0,05/20=0,003<0,02$ 'dir.



Şekil 4.18. GES4 pozitif bileşen gerilim dengesizliği analizi.



Şekil 4.19. GES4 negatif bileşen gerilim dengesizliği analizi.



Şekil 4.20. GES4 sıfır bileşen gerilim dengesizliği analizi.

Daha önce bahsedildiği gibi grafiklerde görülen veri kesintisinin nedeni, haberleşme arızası, güç analizörünün veriyi yazdıramaması yada GES'in devreden çıkması sonucu meydana gelmektedir.

4.1.3. Gerilimdeki Toplam Harmonik Bozulma (U-THD)

Elektrik Dağıtımı ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği gereğince gerilimdeki toplam harmonik bozulma (40. harmoniğe kadar tüm değerler dâhil) en fazla %8 olarak uygulanmaktadır. Çankırı’da bulunan GES’te güç kalitesi ölçüm cihazı ile 16.04.2019 - 23.04.2019 tarihleri arasında ölçüm yapılmıştır. Güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır.

Çizelge 4.1’de her bir faza ait değerlendirmede 25. harmoniğe kadar ölçülen veriler incelendiğinde C fazının 15.harmoniği hariç, harmonik için belirlenmiş sınır değerler içerisinde olduğu görülmüştür. “Ölçüm periyodu boyunca ölçülen her bir gerilim harmoniği etkin değerinin 10’ar dakikalık ortalamalarının en az % 95’i, Çizelge 3.1’de belirtilen değerlerden küçük veya bu değerlere eşit olmalıdır.” [2] koşulu doğrultusunda C fazının 15. harmoniğindeki orana bakıldığında sınır değerleri sağlayan veri yüzdesi % 25 $[(1152-863)/1152]*100=25$] olduğu için harmonikten kaldığı, 9. harmoniğindeki orana bakıldığında sınır değerleri sağlayan verinin yüzdesi %99,73 $[(1152-3)/1152*100=99,73]$ olduğu için harmonikten geçtiği görülmektedir.

Çizelge 4.1. GES1 gerilim harmonikleri değerlendirmesi.

GERİLİM HARMONİKLERİ DEĞERLENDİRME														
16.04.2019-23.04.2019														
A FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152
KALAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SONUÇ	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
B FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152
KALAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SONUÇ	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
C FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152
KALAN	0	0	0	0	3	0	0	863	0	0	0	0	0	0
SONUÇ	G	G	G	G	G	G	G	K	G	G	G	G	G	G

Ankara’da bulunan GES’te güç kalitesi ölçüm cihazı ile 02.04.2018 - 08.04.2018 tarihleri arasında ölçüm yapılmıştır. Güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır. Çizelge 4.2’de her bir faza ait değerlendirme tablosunda 25. harmoniğe

kadar ölçülen veriler incelendiğinde belirlenmiş sınır değerler içerisinde olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.2. GES2 gerilim harmonikleri değerlendirilmesi.

GERİLİM HARMONİKLERİ DEĞERLENDİRME														
02.04.2018-08.04.2018														
A FAZİ DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844
KALAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SONUÇ	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
B FAZİ DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844
KALAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SONUÇ	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
C FAZİ DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844
KALAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SONUÇ	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G

Beypazarı'nda bulunan GES'te güç kalitesi ölçüm cihazı ile 12.04.2018-19.04.2018 tarihleri arasında ölçüm yapılmıştır. Güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır. Çizelge 4.3'te her bir faza ait değerlendirme tablosunda 25. harmoniğe kadar ölçülen veriler incelendiğinde belirlenmiş sınır değerler içerisinde olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.3. GES3 gerilim harmonikleri değerlendirilmesi.

GERİLİM HARMONİKLERİ DEĞERLENDİRME														
12.04.2018 - 19.04.2018														
A FAZİ DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009
KALAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SONUÇ	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
B FAZİ DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009
KALAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SONUÇ	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G

Çizelge 4.3. (devam ediyor).

C FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009
KALAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SONUÇ	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G

Kırıkkale’de bulunan GES’te güç kalitesi ölçüm cihazı ile 12.04.2018-19.04.2018 tarihleri arasında ölçüm yapılmıştır.

Çizelge 4.4’te her bir faza ait değerlendirme tablosu incelendiğinde ölçümler sonucu elde edilen verilere göre C fazının 15.harmoniği hariç, harmonik için belirlenmiş sınır değerler içerisinde olduğu görülmüştür. C fazının 15. harmoniğindeki orana bakıldığında sınır değerlerini sağlayan veri yüzdesi %14.5 $[(1009-863)/1009*100=14.5]$ olduğu için harmonikten kaldığı, 9. harmoniğindeki orana bakıldığında ise sınır değerlerini sağlayan veri yüzdesi yaklaşık %99.7 $[(1009-3)/1009*100=99.7]$ olduğu için harmonikten geçtiği görülmektedir.

Çizelge 4.4. GES4 gerilim harmonikleri değerlendirmesi.

GERİLİM HARMONİKLERİ DEĞERLENDİRME														
12.04.2018 - 19.04.2018														
A FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009
KALAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SONUÇ	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
B FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009
KALAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SONUÇ	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
C FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009
KALAN	0	0	0	0	3	0	0	863	0	0	0	0	0	0
SONUÇ	G	G	G	G	G	G	G	K	G	G	G	G	G	G

Gerilim harmoniği incelemelerinde 15. harmoniğin görülmesinin nedeni kesin olarak bilinmemekle birlikte PV sistemler harmonik üretme açısından incelendiğinde invertörlerden dolayı harmonik etki oluşturduğu görülmüştür. PV sistemler elektrik enerjisini fotovoltaiik yoldan üretip, elde edilen doğru akımı alternatif akıma çevirmek için invertör kullanmaktadır. Genel olarak bakıldığında dönüşüm esnasında kullanılan yarı iletken elemanlar harmoniklere sebep olmaktadır.

4.1.4. Akım Harmonikleri için Sınır Değerler

Çankırı'da bulunan GES'te güç kalitesi ölçüm cihazı ile 16.04.2019-23.04.2019 tarihleri arasında ölçüm yapılmıştır. Güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır. Bölüm 3'te belirtildiği gibi IEEE Std.519-1992 ve TS EN 50160 standartlarında belirtilen sınır değerler ve koşullar baz alınarak Çizelge 4.5'de her bir faza ait değerlendirme tablosu incelendiğinde her üç fazında akım harmonikleri ve I-THD parametrelerinden sınır değerler içerisinde olduğu gözlemlenmiştir.

PCC noktası şebekede birden fazla müşterinin ve birden fazla elektrik yükünün bağlanabileceği bir noktadır. PCC noktasına göre üç faz kısa devre akımı (I_{sc}) ve aynı noktada harmonik etki oluşturan yükün ilgili ölçüm periyodundaki maksimum yük akımına oranı, akım harmoniği parametresi değerlendirilmesinde belirleyici faktördür.

Çizelge 4.5.GES1 akım harmonikleri değerlendirmesi.

AKIM HARMONİKLERİ DEĞERLENDİRME														
16.04.2019-23.04.2019														
A FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152
KALAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SONUÇ	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
B FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152
KALAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SONUÇ	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
C FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152
KALAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SONUÇ	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G

Ankara’da bulunan GES’te güç kalitesi ölçüm cihazı ile 02.04.2018-08.04.2018 tarihleri arasında ölçüm yapılmıştır. Güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır.

Bölüm 3’te belirtildiği gibi IEEE Std.519-1992 ve EN 50160 standartlarında belirtilen sınır değerler ve koşullar baz alınarak Çizelge 4.6’da her bir faza ait değerlendirme incelendiğinde; A fazının, 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 10., 11., 12., 13., 14., 16., 17., 18., 19., 20., 22., 23., 24., 25., 26., 27., 28., 29., 30., 31., harmonikten ve toplam akım harmoniklerinden, B fazının, 2., 3., 4., 5., 7., 8., 10., 11., 13., 14., 16., 17., 18., 19., 20., 22., 23., 24., 25., 26., 27., 28., 29., 30., 31., harmonikten ve toplam akım harmoniklerinden, C fazının, 2., 4., 5., 6., 7., 8., 10., 11., 12., 13., 14., 16., 17., 18., 19., 20., 22., 23., 24., 25., 26., 27., 28., 29., 30., 31., harmonikten ve toplam akım harmonikleri parametrelerinden sınır değerlerin dışında kaldığı görülmektedir.

Bölüm 3’te belirtildiği gibi ölçüm yapılan sürede ölçülen her bir akım harmoniğinin etkin değerinin ve TTB’nin 3’er saniyelik ortalamalarının I_L ’e göre oranı Çizelge 3.2’de verilen değerlerden küçük veya bu değerlere eşit olmalıdır.

Çizelge 4.6. GES2 akım harmonikleri değerlendirmesi.

AKIM HARMONİKLERİ DEĞERLENDİRME														
02.04.2018-08.04.2018														
A FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844
KALAN	161	107	430	104	12	473	500	4	250	188	1	469	468	278
SONUÇ	K	K	K	K	G	K	K	G	K	K	G	K	K	K
B FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152
KALAN	161	187	490	202	9	469	502	22	212	297	3	469	468	452
SONUÇ	K	K	K	K	G	K	K	G	K	K	G	K	K	K
C FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152
KALAN	162	25	489	169	4	474	500	30	127	238	3	465	460	75
SONUÇ	K	G	K	K	G	K	K	G	K	K	G	K	K	K

Beypazarı'nda bulunan GES'te güç kalitesi ölçüm cihazı ile 02.04.2018-08.04.2018 tarihleri arasında ölçüm yapılmıştır. Güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır.

Çizelge 4.7'de her bir faza ait değerlendirme incelendiğinde; A fazının, 1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 10., 11., 12., 13., 14., 15., 16., 17., 18., 19., 20., 22., 23., 24., 25., 26., 27., 28., 29., 30., 31. harmonikten ve toplam akım harmoniklerinden, B fazının, 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 10., 11., 12., 13., 14., 15., 16., 17., 18., 19., 20., 22., 23., 24., 25., 26., 27., 28., 29., 30., 31. harmonikten ve toplam akım harmoniklerinden, C fazının, 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 10., 11., 12., 13., 14., 15., 16., 17., 18., 19., 20., 22., 23., 24., 25., 26., 27., 28., 29., 30., 31. harmonikten ve toplam akım harmonikleri parametrelerinden sınır değerlerin dışında kaldığı görülmektedir.

Çizelge 4.7. GES3 akım harmonikleri değerlendirmesi.

AKIM HARMONİKLERİ DEĞERLENDİRME														
02.04.2018-08.04.2018														
A FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844	844
KALAN	161	107	430	104	12	473	500	4	250	188	1	469	468	278
SONUÇ	K	K	K	K	G	K	K	G	K	K	G	K	K	K
B FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152
KALAN	161	187	490	202	9	469	502	22	212	297	3	469	468	452
SONUÇ	K	K	K	K	G	K	K	G	K	K	G	K	K	K
C FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152	1152
KALAN	162	25	489	169	4	474	500	30	127	238	3	465	460	75
SONUÇ	K	G	K	K	G	K	K	G	K	K	G	K	K	K

Kırıkkale'de bulunan GES'te güç kalitesi ölçüm cihazı ile 12.04.2018-19.04.2018 tarihleri arasında ölçüm yapılmıştır. Güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır.

Çizelge 4.8'de her bir faza ait değerlendirme incelendiğinde; A fazının, 1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9., 10., 11., 12., 13., 14., 15., 16., 17., 18., 19., 20., 22., 23., 24., 25., 26., 27., 28., 29., 30., 31. harmonikten ve toplam akım harmoniklerinden, B fazının, 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 10., 11., 12., 13., 14., 15., 16., 17., 18., 19., 20., 22., 23., 24., 25., 26., 27., 28., 29., 30., 31. harmonikten ve toplam akım harmoniklerinden, C fazının, 2.,

3., 4., 5., 6., 7., 8., 9., 10., 11., 12., 13., 14., 16., 17., 19., 20., 22., 23., 24., 25., 26., 27., 28., 29., 30., 31. harmonikten ve toplam akım harmonikleri parametrelerinden sınır değerlerin dışında kaldığı görülmektedir.

Çizelge 4.8. GES4 akım harmonikleri değerlendirmesi.

AKIM HARMONİKLERİ DEĞERLENDİRME														
12.04.2018-19.04.2018														
A FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975
KALAN	221	520	630	686	58	584	589	99	550	302	36	547	592	265
SONUÇ	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	G	K	K	K
B FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975
KALAN	266	451	630	667	45	519	587	99	550	255	28	566	578	241
SONUÇ	K	K	K	K	G	K	K	K	K	K	G	K	K	K
C FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975	975
KALAN	175	476	630	682	58	556	583	25	519	314	20	570	582	246
SONUÇ	K	K	K	K	K	K	K	G	K	K	G	K	K	K

Akım harmoniklerinin oluşmasında etken olan en önemli parametre GES'te yer alan invertörlerdir. GES'te bulunan yarı iletken ekipmanlar da harmonik kaynağı olmakla birlikte şebekedeki tüm nonlineer yükler, doğrultucular, dönüştürücüler ve gerilim regülatörleri de akım harmoniğine neden olmaktadır.

4.1.5. Fliker Şiddeti İçin Sınır Değerler

Çankırı'da bulunan GES'te güç kalitesi ölçüm cihazı ile 16.04.2019-23.04.2019 tarihleri arasında ölçüm yapılmıştır. Güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır. Kısa süreli fliker (PST) parametresinden her üç fazda da sınır değerler içerisinde olduğu görülmüştür. Uzun süreli fliker (PLT) parametresinden her üç fazda sınır değerler dışında kaldığı görülmüştür. P_{st} ve P_{lt} değerlerinin hizmet kalitesi yönetmeliğinde belirtilen değerlere uygunluğu kontrol edilmiştir.

Ankara'da bulunan GES'te güç kalitesi ölçüm cihazı ile 02.04.2018-08.04.2018 tarihleri arasında ölçüm yapılmıştır. Güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır. Kısa süreli fliker (PST) parametresinden her üç fazda da sınır değerler

içerisinde olduğu görülmüştür. Uzun süreli fliker (PLT) parametresinden her üç faz da sınır değerler içerisinde olduğu görülmüştür.

Beypazarı'nda bulunan GES'te güç kalitesi ölçüm cihazı ile 12.04.2018-19.04.2018 tarihleri arasında ölçüm yapılmıştır. Güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır. Kısa süreli fliker (PST) parametresinden her üç fazda da sınır değerler içerisinde olduğu görülmüştür. Uzun süreli fliker (PLT) parametresinden her üç faz da sınır değerler dışında kaldığı görülmüştür.

Kırıkkale'de bulunan GES'te güç kalitesi ölçüm cihazı ile 12.04.2018-19.04.2018 tarihleri arasında ölçüm yapılmıştır. Güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır. Kısa süreli fliker (PST) parametresinden her üç fazda da sınır değerler içerisinde olduğu görülmüştür. Uzun süreli fliker (PLT) parametresinden her üç faz da sınır değerler dışında kaldığı görülmüştür.

4.2. GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDEKİ PV SİSTEM VE ŞEBEKE KARAKTERİSTİKLERİ

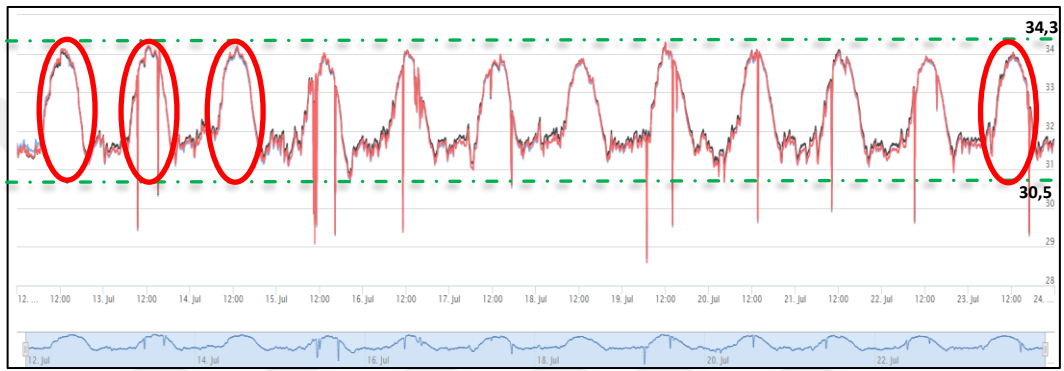
4.2.1. Gerilim Etkin Değer Değişimi Analizi

Bu tez çalışmasında Güneydoğu Anadolu bölgesinde yapılan ölçümler neticesinde elde edilen verilerin ve şebeke değerlerinin EPDK Elektrik Dağıtım ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği'ne göre teknik değerlendirmesi yapılmıştır. İç Anadolu bölgesinde yapılan çalışmada olduğu gibi güç kalitesi ölçüm cihazı takılarak belirli parametrelere ait veriler alınmıştır. Bölüm 3'te OG seviyesi için ölçüm periyotlarında belirtilen, dikkate alınması gereken sınır değerlerinden bahsedilmiştir. Nominal faz faz gerilimi 31,5kV olan bir şebekede sınır değerleri 28,35 kV-34,65 kV olarak belirtilmiştir. Nominal faz nötr gerilimi 18,2 kV olan şebekede sınır değerleri 16.38 kV - 20,02 kV olarak belirtilmiştir.

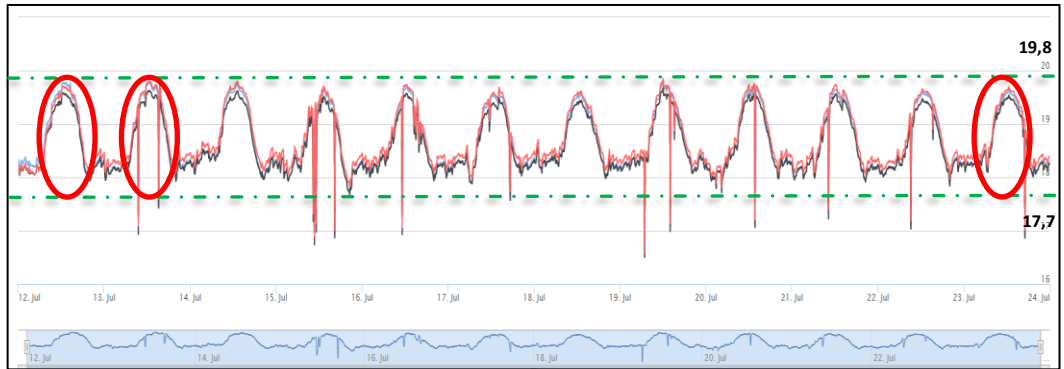
Şebekenin alt yapısını incelemek ve karşılaşılan sorunların çözümünü bulabilmek için güç kalitesi ölçüm cihazı Gaziantep'te bulunan gücü 500 kW, şebeke bağlantı gerilimi 31,5 kV olan GES'te 12.07.2018-24.07.2018 tarihleri arasında bağlanmıştır. Güç

kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır. TS EN 50160 standardı baz alınarak kayıt değerleri incelendiğinde enerji kalitesiyle ilgili olarak tespit edilen hususlar açıklanmıştır.

Cihazdan alınan kayıt değerinden tespit edilen, fazlardaki ortalama gerilim değerlerinden anlaşılacağı üzere Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’de belirtilen gerilim etkin değer değişimine ait faz-faz ve faz-nötr raporu incelendiğinde, gerilim genliğinin sınır değerler içerisinde olduğu görülmektedir.



Şekil 4.21. GES5 faz faz gerilim etkin değer değişimi analizi.



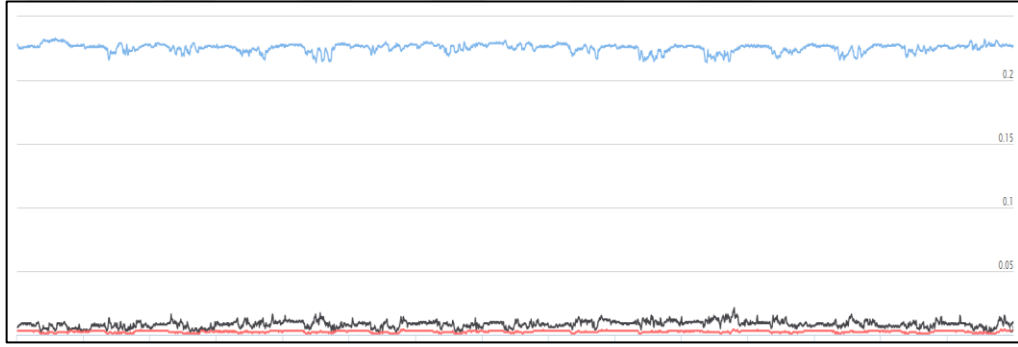
Şekil 4.22. GES5 faz nötr gerilim etkin değer değişimi analizi.

4.2.2. Gerilim Dengesizliği Analizi

Elektrik Dağıtım ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği' gereğince “Ölçüm periyodu süresince gerilimin negatif bileşeni etkin değerlerinin 10’ar dakikalık ortalamalarının en az %95’inin pozitif bileşenlere oranı en fazla %2 olmalıdır.” Gerilim dengesizliği değerlendirilmesinde negatif bileşenin pozitif

bileşene oranının %2'den az olması baz alınmıştır. Bölüm 3'te gerilim dengesizliği tanımına değinilmiştir.

Şebekenin alt yapısını incelemek ve karşılaşılan sorunların çözümünü bulabilmek için güç kalitesi ölçüm cihazı Gaziantep'te bulunan GES'te 12.07.2018-24.07.2018 tarihleri arasında bağlanmıştır. Güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır. Şekil 4.23'te belirtildiği gibi pozitif ve negatif bileşenlerin arasındaki değerler anlık olarak dikkate alındığında negatif bileşenin pozitif bileşene oranının %2'den az olduğu gözlenmiştir. Bu doğrultuda sistem tarafından yapılan ölçümdeki anlık bazı örneklemeler 17 Temmuz saat 00:00 için $0,003/0,23=0,013<0,02$, 25 Temmuz saat 00:00 için $0,004/0,23=0,017<0,02$ 'dir.



Şekil 4.23. GES5 pozitif, negatif ve sıfır bileşenler gerilim dengesizliği analizi.

4.2.3. Gerilimdeki Toplam Harmonik Bozulma (U-THD)

Elektrik Dağıtımı ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği gereğince gerilimdeki toplam harmonik bozulma, 40. harmoniğe kadar tüm değerler dâhil en fazla %8 olmalıdır. Şebekenin alt yapısını incelemek ve karşılaşılan sorunların çözümünü bulabilmek için güç kalitesi ölçüm cihazı Gaziantep'te bulunan GES'te 12.07.2018-24.07.2018 tarihleri arasında bağlanmıştır. Güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır. Çizelge 4.9'da belirtilen 25. harmoniğe kadar ölçülen veriler incelendiğinde Bölüm 3'te belirtilen sınır değerler içerisinde olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.9. GES5 gerilim harmonikleri değerlendirilmesi.

GERİLİM HARMONİKLERİ DEĞERLENDİRME														
12.07.2018 - 24.07.2018														
A FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870
KALAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SONUÇ	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
B FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870
KALAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SONUÇ	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
C FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870
KALAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SONUÇ	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G

4.2.4. Akım Harmonikleri için Sınır Değerler

Şebekenin alt yapısını incelemek ve karşılaşılan sorunların çözümünü bulabilmek için güç kalitesi ölçüm cihazı Gaziantep'te bulunan GES'te 12.07.2018-24.07.2018 tarihleri arasında bağlanmıştır.

Güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır. Bölüm 3'te belirtilen standartlardaki koşullar baz alınarak Çizelge 4.10'da belirtilen her bir faza ait değerlendirme tablosu incelendiğinde; A fazının, 2., 4., 5., 7., 10., 11., 13., 17., 19., 22., 23., 24., 25., 28., 29., 30., 31. harmonikten ve toplam akım harmoniklerinden, B fazının, 2., 4., 5., 6., 7., 9., 10., 11., 13., 17., 19., 22., 23., 24., 25., 26., 28., 29., 30., 31. harmonikten ve toplam akım harmoniklerinden, C fazının, 2., 4., 5., 7., 10., 11., 13., 17., 22., 23., 24., 25., 28., 29., 30., 31. harmonikten ve toplam akım harmoniklerinden kaldığı görülmüştür.

Çizelge 4.10. GES5 akım harmonikleri için sınır değerler.

AKIM HARMONİKLERİ DEĞERLENDİRME														
12.07.2018-24.07.2018														
A FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870
KALAN	357	8	952	900	0	546	455	0	244	174	0	884	859	981
SONUÇ	K	G	K	K	G	K	K	G	K	K	G	K	K	K

Çizelge 4.10. (devam ediyor).

B FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870
KALAN	367	75	942	975	0	488	416	0	685	693	0	848	578	983
SONUÇ	K	G	K	K	K	K	K	G	K	K	G	K	K	K
C FAZI DEĞERLENDİRME														
DEĞİŞKEN	H2	H3	H5	H7	H9	H11	H13	H15	H17	H19	H21	H23	H25	THD
ÖRNEK	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870
KALAN	220	11	946	959	0	798	259	0	657	82	0	846	814	976
SONUÇ	K	G	K	K	G	K	K	G	K	G	G	K	K	K

4.2.5. Fliker Şiddeti İçin Sınır Değerler

Şebekenin alt yapısını incelemek ve karşılaşılan sorunların çözümünü bulabilmek için güç kalitesi ölçüm cihazı Gaziantep'te bulunan GES'te 12.07.2018-24.07.2018 tarihleri arasında bağlanmıştır. Güç kalitesi ölçüm cihazı ile 7 gün kayıt değerleri alınmıştır. Kısa süreli fliker (PST) parametresinden her üç fazın sınır değerler içerisinde kaldığı görülmüştür. Uzun süreli fliker (PLT) parametresinden her üç fazda da sınır değerler dışında kaldığı görülmüştür. $P_{st} \leq 1.0$ ve $P_{lt} \leq 0.8$ sınır değerleri baz alınmıştır.

BÖLÜM 5

RÖLE KOORDİNASYON PROGRAMININ KULLANIMI

Kaynaktan en uçtaki tüketiciye kadar, fiderlerden oluşan bir sistemde, aynı arızayı farkedilen rölelerden kaynağa en uzak olanın önce çalışmasını sağlayan koordinasyon çalışmasına “röle koordinasyonu” denmektedir.

Aşırı akım koruma röleleri şebekede meydana gelen arızayı algılayarak bağlantılı olduğu kesiciye açma sinyali göndermektedir. Enerji dağıtım hatları uzunluğunun fazla olduğu ve hava şartlarına maruz kaldığından dolayı gelen arızaların tahmin edilebilmesi zordur. Şebekede hatları uzunluğu, olumsuz hava şartları, hatlara insan/hayvan müdahalesi gibi bir çok nedenle geçici ve kalıcı arızalar meydana gelmektedir. Bunlar faz-faz ve faz-toprak arızalarıdır. Faz-faz ve faz-toprak kısa devre arızası meydana geldiği durumda; şebekede arızaya en yakın rölenin arızayı algılayarak en yakın kesiciye açma sinyali göndermesi beklenmektedir. Hattın kararlı kalabilmesi, şebekedeki diğer röle ve kesicilerin arızadan etkilenmemesi için rölenin açma süresinin diğer röleler ile koordineli çalışması gerekmektedir. Röle koordinasyonunun doğru yapıldığı şebekede arızayı, arızaya en yakın aktif rölenin algılaması gerekmektedir. Şebekedeki koruma sistemlerinde yalnız arızalı bölümün devre dışı kalmasını sağlamak (seçicilik), tüm arızalara etkin biçimde ve kısa sürede müdahale etmek (güvenirlilik), en az donanım (basitlik) ve en düşük maliyet (ekonomi) parametreleri önem taşımaktadır [41-43].

Rölenin çalışma akımı, aşırı akım rölesi ile belirlenen, rölenin çalışmaya başladığı akımdır (I_c). Çalışma zamanı, bir aşırı akım rölesinin, çalışma akımının üzerinde bir akımla beslendiğinde, kontağı kapattığı zamana kadar geçen süre olarak tanımlanır (t_c). Kısa süreli dayanma akımı, aşırı akım rölesinin bir saniye süre ile taşıyabileceği maksimum akım değeridir. Güç, bir aşırı akım rölesinin beslendiği akım transformatörünün sekonderinden çektiği güç değeridir. VA ile belirtilir [41-43].

Anlık (I_{ani}) aşırı akım rölesi, şebekedeki akım değerinin röleye girilen arıza akımı değerinin üstüne çıktığında zaman gecikmesi verilmeden kesiciye sinyal göndererek açma meydana gelmesini sağlamaktadır.

Güç sistemlerinin korunmasında röle koordinasyonu büyük öneme sahiptir. Röle koordinasyonu sürecinde sistemdeki arıza akımı dikkate alınarak hatta meydana gelen bir arıza olması durumunda rölenin kesiciyi minimum sürede açtırabileceği ayarlar belirlenmektedir.

Aşırı akım rölelerinde faz ve toprak röle koordinasyon ayar değerleri yazılım üzerinden belirlenmektedir. Sisteme akım trafo oranı, röle markası, hat uzunluğu, hat tipi, kablo kesiti ve tipi, merkezin güç bilgisi, % uk vb. gerekli veriler girilerek kısa devre arıza akımları hesaplatılıp, faz ve toprak koordinasyon ayarları yapılmaktadır. Röle zaman eğrilerinin birbirleriyle olan ilişkileri kontrol edilerek, zaman farkının ortalama 200 ms olduğu durum elde edilmektedir.

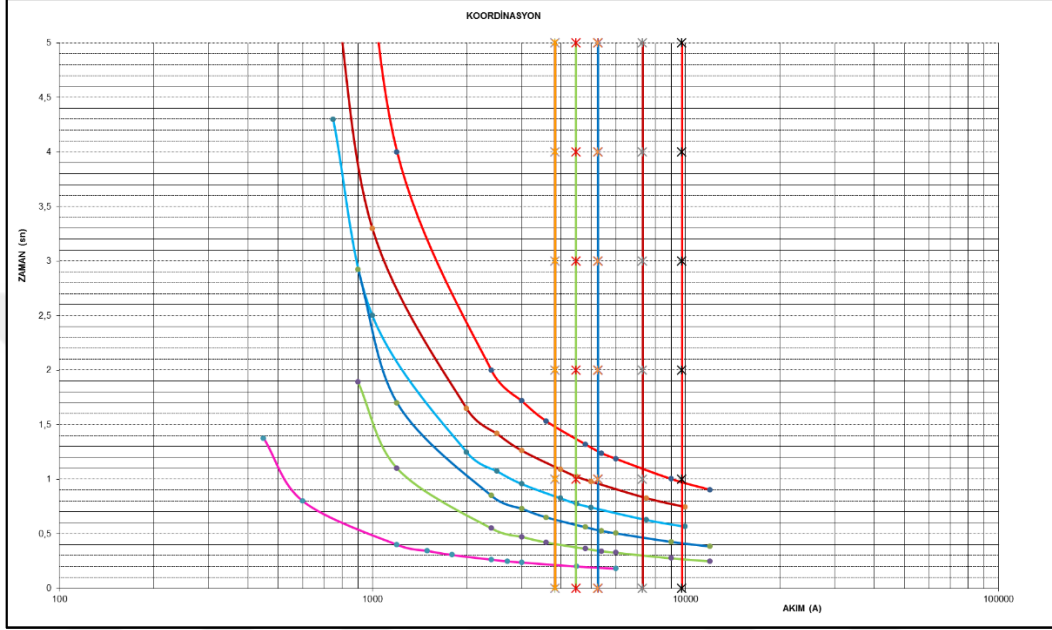
5.1. FAZ AŞIRI AKIM KORUMA UYGULAMASI

Faz-faz kısa devre hesabı yapılırken ilk olarak çalışma yapılan fiderin bağlı olduğu TEİAŞ merkezi seçilmektedir. Bununla birlikte dağıtım yapılan gerilim değeri, TEİAŞ trafosuna ait yüzde empedansı % uk verileri sisteme girilmektedir. Sistem üzerinden TEİAŞ barasında oluşan arıza akımı hesaplanmaktadır.

Faz-faz kısa devre hesabı yapılırken ayrıca merkezler arası hat uzunluğuna (km cinsinden) ve iletken cinsine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu veriler sisteme girildiğinde her barada oluşan arıza akımı hesaplanmaktadır.

Röle koordinasyonu sırasında her fiderdeki akım trafosuna ait akım trafosu oranı (ATO) verileri girilmektedir. Faz koordinasyonu yapıldığı için ters zaman eğrileri kullanılmaktadır. I_{ani} sütununda röleye verilecek olan ani değer akımı seçilir. I_{ani} akımı ayarlanan nominal akımın katı olarak seçilmelidir. Zaman eğrileri kullanılarak, oluşan ters zaman grafiği kontrol edilip röle ayarları belirlenmektedir.

Şekil 5.1'deki grafiğin yatay eksenini akımı (A) dikey eksenini zamanı (sn) belirtmektedir. Grafikte bulunan dikey renkli çizgiler arıza akımlarını, renkli eğriler ise ters zamanlı röle karakteristiğini göstermektedir. Eğriler kesiştikleri arıza akımları değerlerinde karşılaştırılır ve aralarında 200 ms zaman farkı olup olmadığı teyit edilmektedir.



Şekil 5.1. Faz aşırı akım koordinasyon grafiği.

5.2. TOPRAK AŞIRI AKIM KORUMA UYGULAMASI

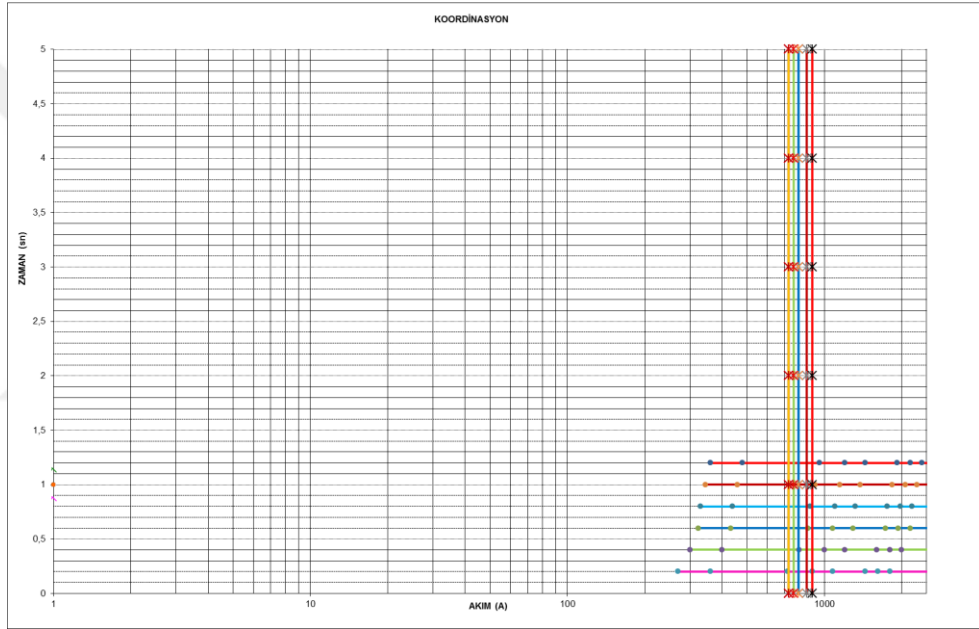
Faz-toprak kısa devre hesabı yapılırken ilk olarak çalışma yapılan fiderin bağlı olduğu TEİAŞ merkezi seçilmektedir. Bununla birlikte dağıtım yapılan gerilim değeri, TEİAŞ trafosunun nötr direnç değeri (Z_{nd}), TEİAŞ trafosuna ait yüzde empedansı % uk verileri sisteme girilmektedir. Sistem üzerinden TEİAŞ barasında oluşan arıza akımı hesaplanmaktadır.

Faz-toprak kısa devre hesabı yapılırken ayrıca merkezler arası hat uzunluğuna (km cinsinden) ve iletken cinsine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu veriler sisteme girildiğinde her barada oluşan arıza akımı hesaplanmaktadır.

Her fiderdeki akım trafosuna ait akım trafosu oranı (ATO) verileri girilerek, sabit zaman eğrileri kullanılmaktadır. Röleye verilecek olan ani değer akımı seçilir. Zaman

eğrileri kullanılarak, oluşan sabit zaman grafiği kontrol edilip, röle ayarları belirlenmektedir.

Şekil 5.2'deki grafikte yatay ekseni akımı (A) dikey ekseni zamanı (sn) belirtmektedir. Grafikte bulunan dikey renkli çizgiler arıza akımlarını, yatay renkli çizgiler ise sabit zamanlı röle karakteristiğini göstermektedir. Röle koordinasyonu sabit zamanlı röle karakteristikleri arası 200 ms olacak şekilde ayarlandığında uygun olacaktır. Ayarlanan nominal toprak akım değerlerinin de artarak gidecek şekilde seçilirse doğru bir toprak aşırı akım koordinasyonu yapılmış olacaktır.



Şekil 5.2. Toprak aşırı akım koordinasyon grafiği.

GES bağlı bulunan bir şebeke için örnek röle koordinasyon çalışması;

H çıkış fiderinde bağlantısı bulunan gücü 1000 kW, şebeke bağlantı gerilimi 34,5 kV olan GES için röle koordinasyonu analizi yapılmaktadır.

Faz-faz kısa devre hesabı için fiderin bağlı olduğu TEİAŞ merkezi seçilmiştir. 100 MVA, gerilim seviyesi 34.5 kV olan TEİAŞ merkezi (TM)'nde röle koordinasyon çalışması yapılmıştır. Seçilen merkezdeki TEİAŞ trafosuna ait % uk değeri, dağıtım yapılan gerilim değeri, hat uzunluğuna (km cinsinden) ve iletken cinsi Çizelge 5.1'de belirtildiği şekilde sisteme girilmiştir.

Çizelge 5.1. Faz aşırı akım koordinasyonu arıza akımının hesaplanması.

A TM					
Sbaz	100	MVA			
Vbaz	34,5				
Ibaz	1.675,46	A			
Zbaz	11,90	Ω		Iarıza1	5,85 pu
%Uk	0,1106			Iarıza1	9.806,60 A
Trafo Gücü	100	MVA		Iarıza2	3,79 pu
Hat2 Uzunluğu	3	km	34,5 kV - 1/0 AWG	Iarıza2	6.343,38 A
Hat3 Uzunluğu	4,7	km	34,5 kV - 477 MCM	Iarıza3	2,44 pu
Hat4 Uzunluğu	3,25	km	34,5 kV - 477 MCM	Iarıza3	4.083,88 A
Hat5 Uzunluğu	7	km	34,5 kV - 1/0 AWG	Iarıza4	1,69 pu
Hat6 Uzunluğu	1,5	km	34,5 kV - SWALLOW	Iarıza4	2.824,23 A
Hat7 Uzunluğu		km		Iarıza5	0,78 pu
Hat8 Uzunluğu		km		Iarıza5	1.313,47 A
Hat9 Uzunluğu		km		Iarıza6	0,73 pu
zk	0,060250	pü		Iarıza6	1.231,47 A

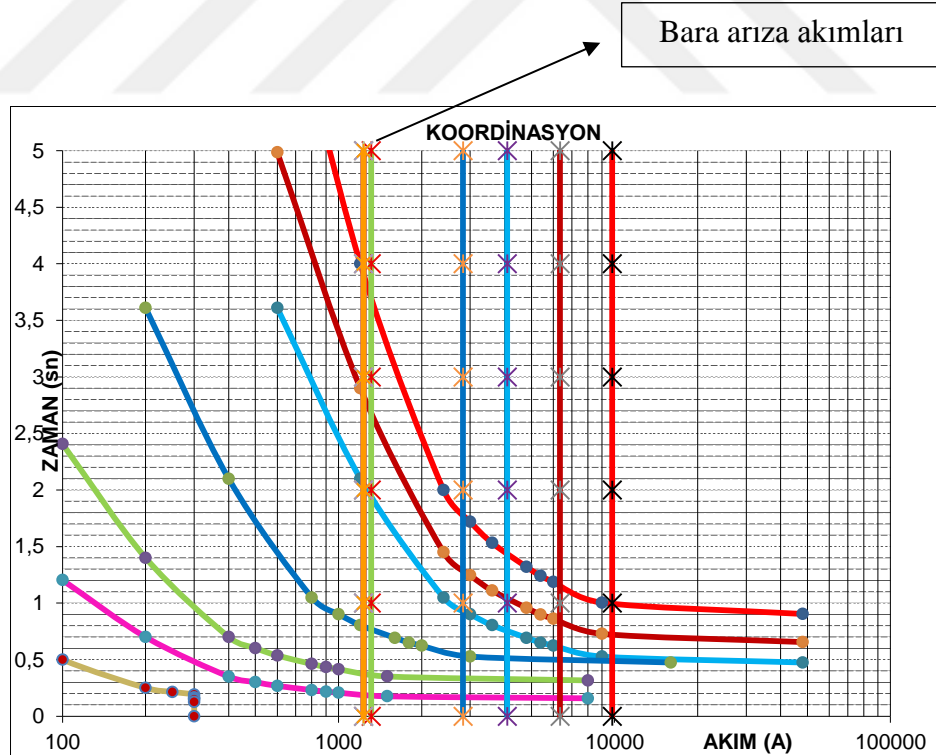
Sistem üzerinden TEİAŞ barasında ve diğer merkezlere ait baralarda oluşan arıza akımları hesaplanmıştır. Barada oluşan arıza akımları Şekil 5.32’te dikey çizgi olarak görülmektedir.

Bara arıza akımları kullanılarak ters zaman eğrileri arasındaki mesafe kontrol edilerek 200 ms olması sağlanmıştır. Fazla sayıdaki merkezlerde koruma yapılması istenmesi durumunda, tercihe bağlı olarak, en uzak merkezlerdeki korumalar için zaman aralığı 200 ms’den daha az seçilebilmektedir.

Çizelge 5.2. Koordinasyon ayarlarının belirlenmesi.

FAZ A.AKIM KOORD.	AŞIRI AKIM				
	ATO	RÖLE	Iani	Iç	tç
A TM - B FİDERİ	600	TERS Z.	1 İPT.	5	4
B FİDERİ- C DM GİRİŞİ	600	TERS Z.	1 İPT.	5	2,9
C DM-D ÇIKIŞI	600	TERS Z.	1 İPT.	5	2,1
D DM- E KÖK ÇIKIŞI	200	TERS Z.	1 İPT.	5	2,1
E KÖK - F TR 1 ÇIKIŞI	100	TERS Z.	1 İPT.	5	1,4
F TR 1-G TR7 ÇIKIŞI	100	TERS Z.	1 İPT.	5	0,7
G TR 7- H ÇIKIŞI	50	TERS Z.	6 İPT.	5	0,5

Çizelge 5.2’de belirtildiği gibi her fiderdeki akım trafosu oranı (ATO) verileri girilmiştir. Zaman eğrileri kullanılarak, oluşan ters zaman grafiği kontrol edilip röle ayarları belirlenmektedir. İç ve tç verilerine girilen değerlere bağlı olarak oluşan eğriler arasındaki zaman farkının uygunluğu kontrol edilmiştir. Şekil 5.3’de görüldüğü gibi arıza akımları değerlerinde birbirini takip eden merkezlerdeki rölelere ait eğriler arasında 200 ms zaman farkı olup olmadığı teyit edilmiştir.



Şekil 5.3. A TM faz aşırı akım koordinasyon grafiği.

Toprak aşırı akım korumasında ilk olarak fiderin bağlı olduğu TEİAŞ merkezi seçilmiştir. Bununla birlikte dağıtım yapılan gerilim değeri, TEİAŞ trafosunun nötr

direnç değeri (Z_{nd}), TEİAŞ trafosu % uk , hat uzunluğu ve iletken cinsi verileri Çizelge 5.3'te belirtildiği gibi sisteme girilmiştir.

Çizelge 5.3. Toprak aşırı akım koordinasyonu arıza akımının hesaplanması.

A TM

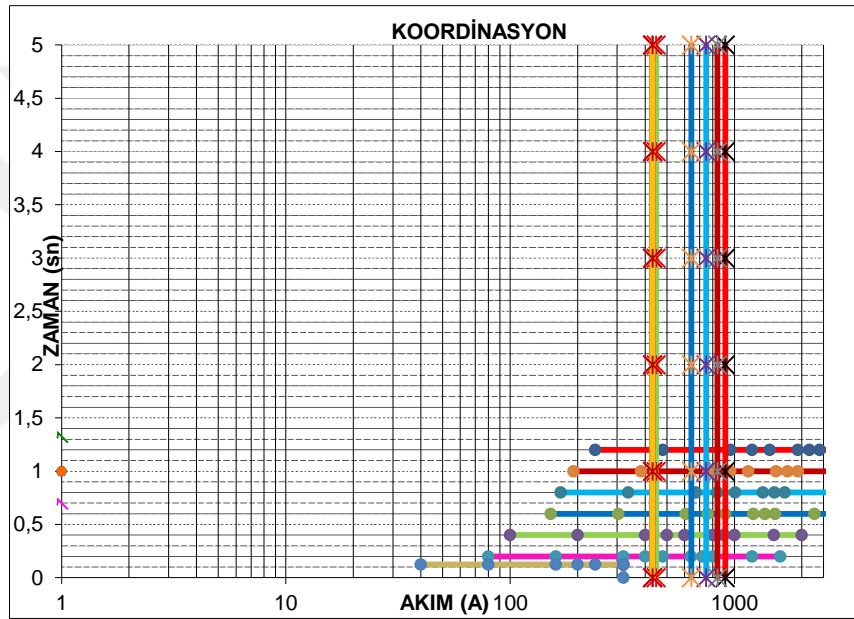
Sbaz	100	MVA			
Vbaz	34,5				
Ibaz	1.675,46	A			
Zbaz	11,90	Ω		Iarıza1	0,54 pu
% Uk	0,1106			Iarıza1	911,18 A
Trafo Gücü	100	MVA		Iarıza2	0,50 pu
Hat2 Uzunluğu	3	km	34,5 kV - 1/0 AWG	Iarıza2	840,16 A
Hat3 Uzunluğu	4,7	km	34,5 kV - 477 MCM	Iarıza3	0,45 pu
Hat4 Uzunluğu	3,25	km	34,5 kV - 477 MCM	Iarıza3	748,74 A
Hat5 Uzunluğu	7	km	34,5 kV - SWALLOW	Iarıza4	0,38 pu
Hat6 Uzunluğu	1,5	km	34,5 kV - 1/0 AWG	Iarıza4	642,84 A
Hat7 Uzunluğu		km		Iarıza5	0,27 pu
Hat8 Uzunluğu		km		Iarıza5	447,58 A
Hat9 Uzunluğu		km		Iarıza6	0,25 pu
Znd(Nötr Direnç)	20	Ω		Iarıza6	431,37 A
zo	0,073275	pu			
zd	0,035369	pu			
zt	0,034960	pu			

Sistem üzerinden TEİAŞ barasında ve diğer merkezlere ait baralarda oluşan arıza akımı hesaplanmaktadır.

Çizelge 5.4'te belirtildiği gibi her fiderdeki akım trafosu oranı (ATO) verileri girilerek, sabit zaman eğrileri kullanılmıştır. Zaman eğrileri kullanılarak, oluşan sabit zaman grafiği kontrol edilip röle ayarları belirlenmektedir. Şekil 5.3'te görüldüğü gibi röle ayarları belirlenirken eğriler arasında 200 ms zaman aralığı olması yeterlidir.

Çizelge 5.4. Toprak aşırı akım koordinasyon ayarlarının belirlenmesi.

TOPRAK A.A. KOORD.	AŞIRI AKIM				
	ATO	RÖLE	Iani	Iç	tç
A TM - B FİDERİ	600	SABİT Z.	1 İPT.	2	1,2
B FİDERİ- C DM GİRİŞİ	600	SABİT Z.	1 İPT.	1,6	1
C DM-D ÇIKIŞI	600	SABİT Z.	1 İPT.	1,4	0,8
D DM- E KÖK ÇIKIŞI	200	SABİT Z.	1 İPT.	3,8	0,6
E KÖK - F TR 1 ÇIKIŞI	100	SABİT Z.	1 İPT.	5	0,4
F TR 1-G TR7 ÇIKIŞI	100	SABİT Z.	1 İPT.	4	0,2
G TR 7- H ÇIKIŞI	50	SABİT Z.	8 İPT.	4	0,125



Şekil 5.4. A TM toprak aşırı akım koordinasyon grafiği.

GES'in bağlı olduğu fiderdeki akım trafo oranı değeri röle koordinasyonda önem taşımaktadır. H çıkışında bağlı olan akım trafosu yaptığımız koordinasyon sonucunda yük akımı için (hattın taşıma kapasitesi ve bağlı bulunan yükler dikkate alınarak) 50 A, toprak için ise şebeke yapısı ideal olmadığından dengesiz yük ve kapasitif etki durumları dikkate alınarak 40 A akım geçtiğinde rölenin tepki vereceği şekilde değerler verilmiştir.

Rölenin tepki vereceği akım değerlerinin belirlenmesinde koordinasyonu yapacak kişinin koordinasyon yapacağı şebeke ile ilgili genel olarak bilgi sahibi olması

gerekmektedir. Bu durumda en uygun arıza akım değeri öngörülebilir ve koordinasyonu bu akım değerine göre yapılabilir.

GES tarafından gelen akım değeri, 1000 kW ve şebeke gerilimi 34,5 olduğu durum için; çekebileceği maksimum akım 16,56 A'dır. H çıkışında sistemin taşıyabileceği akım (faz için 50 A, toprak için 40 A) > GES tarafından sisteme verilecek akım (16,56 A) olduğu tespit edilmiştir.

Elektrik dağıtım sistemlerinde besleme noktası ile arıza noktası arasında iki veya daha fazla koruma cihazı olduğunda arıza noktasına en yakın koruma cihazının çalışarak sadece arıza noktası devre dışı etmesi sağlanmaktadır. Röle koordinasyonu ile arıza giderme sürelerinin düşürülmesi, fider açma sayılarının azalması ve işletme kolaylığının artması sağlanmıştır. Böylece şebekedeki enerji kalitesi artırılmıştır.

Şebekeye bağlı olan röleler şebekeden gerilim bilgisi almaktadır ve bu durumda GES tarafından şebekeye enerji verme durumu devam eder. Gerilim bilgisinin alınmadığı durumlarda ise GES enerji vermeyi durdurmaktadır. Üretim santralleri geri dönüş kontrol çalışmaları ile şebekede enerji olmadığı durumda GES'in bağlı olduğu fiderde enerjinin olup/olmadığı tespit edilebilmektedir. Şebekede enerji olmadığı halde GES tarafından şebekeye enerji gelmesi durumu iş sağlığı ve güvenliği açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle düzenli olarak kontrollerin yapılması gerekmektedir.

BÖLÜM 6

SONUÇLAR

Elektrik üretim, iletim ve dağıtım şirketleri müşterilerine sunduğu enerjinin kalitesinden sorumludur. Bu nedenle teknik kaliteye ilişkin parametrelerin Elektrik Dağıtımı ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği'nde belirtilen değerlere uygun olması gerekmektedir. Bu çalışmada, Güneş enerji santrallerinin bağlı olduğu fiderlere güç kalitesi ölçüm cihazları takılarak belirli periyotlarda teknik kalite ölçümü yapılmıştır. Gün geçtikçe daha da önemli bir yere sahip olan GES'lerin şebeke üzerindeki etkilerinin neler olduğu belirleyebilmek için Çankırı'da, Ankara'da, Beypazarı'nda, Kırıkkale'de ve Gaziantep'te bulunan GES'lerde ölçüm noktalarına A sınıfı güç kalitesi analizör cihazları takılarak gerilim etkin değer değişimi, gerilim dengesizliği, toplam harmonik bozulma, akım harmonik bozulmaları ve fliker parametreleri ölçülmüştür. Ölçüm sonucu INAVITAS sistemi yardımıyla elde edilen veriler incelenmiştir. Güç kalitesi teknik parametreleri (gerilim etkin değer değişimi, gerilim dengesizliği, gerilimdeki toplam harmonik bozulma, akım harmonikleri ve fliker) için ayrı ayrı inceleme yapılmış, farklı bölgelerde elde edilen veriler Çizelge 6.1'de kıyaslanmıştır. Fotovoltaik (PV) sistemler ve bileşenleri ile ilgili değerlendirme yapılarak elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Çizelge 6.1. Ölçüm noktalarındaki güç kalitesi parametrelerinin kıyaslanması.

MERKEZ	GES	GERİLİM ETKİN DEĞER DEĞİŞİMİ	GERİLİM DENGESİZLİĞİ	TOPLAM HARMONİK BOZULMA	AKIM HARMONİK BOZULMASI	FLIKER
ÇANKIRI	GES1	×	•	×	•	×
ANKARA	GES2	•	•	•	×	•
BEYPAZARI	GES3	•	•	•	×	×
KIRIKKALE	GES4	•	•	×	×	×
GAZİANTEP	GES5	•	•	•	×	×

- Sınır değerleri içerisindedir.
- × Sınır değerleri içerisinde değildir.

Analiz sonucuna göre ölçüm yapılan noktalara ilişkin gerilim etkin değer değişimi, gerilim dengesizliği, toplam harmonik bozulma, akım harmonik bozulmaları ve fliker parametrelerinin nedenleri ve çözüm önerileri üzerinde değerlendirme yapılmış ve röle koordinasyon çalışması ile süreçte iyileşme olduğu belirtilmiştir. GES'lerin şebekeye etkilerinin ve çözüm önerilerinin araştırıldığı bu çalışma sonucunda;

- Gerilim etkin değer değişimine ait veriler değerlendirilirken 10'ar dakikalık ölçüm değerlerinin en az %99'unun nominal faz faz geriliminin + %10, -%10 aralığında olması dikkate alınmıştır. Faz nötr geriliminin değerlendirilmesinde ise yine + %10, -%10 aralığı dikkate alınmıştır. Nominal faz faz gerilimi 34,5kV olan bir şebekede sınır değerleri 31,05 kV-37,95 kV olarak belirtilmiştir. Nominal faz nötr gerilimi 19,8 kV olan şebekede sınır değerleri 21,78 kV -17.82 kV olarak belirtilmiştir. Nominal faz faz gerilimi 31,5kV olan bir şebekede sınır değerleri 28,35 kV-34,65 kV olarak belirtilmiştir. Nominal faz nötr gerilimi 18,2 kV olan şebekede sınır değerleri 16.38 kV - 20,02 kV olarak belirtilmiştir. Ayrıca yapılan ölçümlerde hiçbir ölçüm değerinin (faz faz gerilimi ve faz nötr gerilimi) nominal gerilimin +%15, -%15'ini aşmaması gerekmektedir. Bu doğrultuda gerilim etkin değer değişimine ait faz-faz ve faz-nötr değerleri kapsamında, incelenmiş olunan 5 adet GES'ten sadece Çankırı'da bulunan GES'in sınır değerleri aştığı tespit edilmiştir. Yapılan araştırma neticesinde yüksek akım seviyesinde yüklerin devreye girmesi, şebekenin yetersiz kalması, kısa devre arızaları ve üretim santrallerinin bağlantı noktasında çalışma rejiminin (uyartım akımlarının endüktif ve kapasitif değişkenlik göstermesi) gerilim etkin değer değişimine neden olduğu görülmüştür. Ayrıca GES'in güç akış yönündeki üretim ile tüketimin dengesizlik olduğu durumlarda da gerilimde bozulma meydana gelmektedir. GES'in güç akış yönündeki üretim ile tüketimindeki dengesizlik gerilim yükselmesine ya da düşümüne neden olmaktadır. Örneğin 5MW güç üreten bir GES'in bağlı olduğu merkezde talebin 3MW olması durumunda, diğer bir deyişle GES'ten besleme sırasında, yükün GES'in ürettiğinden az olması sonucu şebekede gerilim yükselmesi meydana gelmektedir. Problemin çözümü olarak trafo merkezi gerilim kademe ayarlarının düzenlenmesi, gerilim regülatörü kullanılması, kompanzasyon merkezi yatırımı

yapılması, kablo/iletken kesitlerinin arttırılması veya yük aktarımı yapılması önerilmektedir.

- Gerilim dengesizliği değerlendirilmesinde negatif bileşenin pozitif bileşene oranının %2'den az olması baz alınmıştır. Gerilim dengesizliği değerlerine göre incelenen 5 GES'in sınırlar içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak bakıldığında fazlardaki yük dağılımının orantılı olmaması bu probleme neden olmaktadır. Bu sorunla karşılaşıldığında ilk olarak yük dağılımları kontrol edilmeli ve dengeleme yapılmalıdır.
- Gerilimdeki toplam harmonik bozulma (U-THD) parametresine ilişkin değerler incelediğinde 5 adet GES'ten 2 adet GES'in sınır değerlerin dışında kaldığı tespit edilmiştir. Çizelge 3.1'de belirtilen harmonik sırası ve sınır değerler belirtilmiştir. Çizelgeye göre sistemdeki harmonik verileri değerlendirilmiştir. Şebekede simetrik bileşenlerin varlığından dolayı çift harmoniklere pek rastlanmamaktadır. Harmonik probleminin çözümünde aktif ve pasif filtre olmak üzere harmonik filtre kullanılmaktadır. Aktif filtre sistemdeki harmonikle aynı genlikte ters fazda akımı sisteme dahil eder ve sistemdeki harmoniğin etkisini azaltır. Pasif filtre ise temel frekans haricindeki bileşenleri süzer. Aktif filtre ile pasif filtre kıyaslandığında aktif filtre aşırı yüklenme riskinin olmaması, tüm harmoniklere ya da tercih edilen harmoniğe etki etmesi, nonlineer yüklerin artması halinde büyütülebilmesi, yüke göre uyumluluk açısından daha üstündür. Pasif filtre fiyat olarak daha uygun olduğu için tercih edilmektedir.
- Akım Harmonikleri için sınır değerler incelendiğinde, 5 GES'ten Ankara, Beypazarı, Kırıkkale ve Gaziantep olmak üzere 4 adet GES'in sınırlar içerisinde olmadığı tespit edilmiştir. GES'lerde üretilen doğru akımın alternatif akıma dönüştürülmesi için kullanılan invertör akım harmoniğine neden olmaktadır. Yarı iletken elemanlar, çalışma karakteristiğinin nonlineerliğinden kaynaklanan harmonik üretirler. Akım harmonikleri abonenin yük karakteristiği ile alakalı bir parametre olup, gerilim kalitesini bozucu bir etki olduğu bilinmektedir. Akım harmoniği sebebiyle abonenin bağlantı noktasındaki baradaki gerilim harmoniğini etkilediği bilinmektedir. Bu harmonikler gerilim düşümüne ve yükselmesine

sebeptir. Harmonik akımların kontrolü için pasif filtre ve aktif filtre tercih edilmelidir. Aktif filtre kullanılarak aynı anda birçok harmonik akımın kontrolü yapılabilir. Pasif filtre kullanıldığında her harmonik frekansı için bir filtre gereklidir.

- Fliker değerleri incelendiğinde 5 GES'ten Çankırı, Beypazarı, Kırıkkale ve Gaziantep'te olmak üzere 4 GES'in sınırlar içerisinde olmadığı tespit edilmiştir. P_{st} ve P_{lt} değerlerinin hizmet kalitesi yönetmeliğinde belirtilen değerlere uygunluğu kontrol edilmiştir. Problemin kaynaktan mı yoksa yükten mi kaynaklandığı bilinmediğinden flikeri tamamen engelleyecek çözüm olmamakla birlikte etkisini azaltmak amacı ile STATCOM (Static Synchronous Compensator), aktif filtre, SVC (Static VAR Compansation) yatırımları yapılabilir. STATCOM gerilim değişimi olduğunda şebekedeki kararlılığı korumak için kontrollü olarak şebekeye değişken reaktif güç sağlamaktadır. STATCOM SVC'ye göre daha hızlıdır. Ayrıca fliker parametresinin günümüz Türkiye'si teknolojisinde ve enerji verimliliğinin Avrupa Birliği statüsüne getirilmeye çalışılması sebebiyle akkor flamanlı lamba kullanımının sonlandırılması ile bundan sonraki süreçlerde insan sağlığına herhangi bir sorun oluşturmayacağı görülmektedir.

PV sistemlerin şebeke üzerine etkilerinin incelenmesi bölümünde grafiklerde görülen veri kesintilerinin nedeni ise gerilim etkin değer değişimi için incelendiğinde anlık arıza, darbeli yük ve kesinti olabilmektedir. Bu durumlara ek olarak grafiklerde sıfıra düşmesinin nedeni ölçüm GES'in çıkış noktasına ait olduğu için GES'in devreden çıkması olarak yorumlanabilmektedir. Sisteme ileve edilen ya da sistemden çıkarılan yük olması durumunda gerilimde değişimler meydana gelmektedir.

Ölçüm çalışmaları sonucunda en yaygın olarak fliker ve akım harmoniği güç kalitesi parametrelerinin sınır değerler içerisinde olmadığı görülmüştür. Sistemde çeşitli nedenlerle problem olması durumunda sistemdeki akım değeri normal değerinden çok daha fazla olmaktadır. Bu yüksek akım değeri, sistemi ve müşteriye olumsuz etkilemektedir. Sistemde oluşan arızaları önlemek ve meydana gelen arızaya en kısa sürede müdahale etmek amacıyla şebekede koruma elemanı kullanılmaktadır. Bu

elemanlardan biri de kesicidir. Kesicilerle birlikte kullanılan ve kesiciye açma-kapama sinyalini gönderen aşırı akım koruma röleleri şebekede iyileşmeye neden olmaktadır.

Şebekede meydana gelebilecek arıza akımı baz alınarak uygulanan röle koordinasyonu sonrası arıza akımını gören rölede açma meydana gelmektedir. Arızaya en yakın kesici açarak arızanın etki alanını kısıtlamaktadır. Sahadaki röleye ait kayıtlar incelenerek arızanın nedeni tespit edilerek arızaya çözüm bulunmaktadır.

Röle koordinasyonu çalışması ile arıza noktasına en yakın koruma elemanının devreye girmesi ile arızanın etkisi, şebekeye zarar vermeden, minimum alanda giderilmektedir. Bu çalışmalar neticesinde elektrik altyapısı koruma röleleri ile daha güvenilir hale getirilmekte, ani değişikliklere sebep olan kısa devre arızaları önlenmekte ve sistemde çeşitli nedenlerle oluşan arızaların şebekeyi ve elektrikli donanımları etkilemesi engellenmektedir.

KAYNAKLAR

1. Kalay, A., “Muğla üniversitesi yerleşkesinde bulunan 15 kwp kurulu güce sahip fotovoltaik sistemin güç kalitesinin incelenmesi ve şebeke karakteristikleri ile karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Muğla, 4-6 (2008).
2. İnternet: EPDK Sitesi, “Elektrik Dağıtım ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği”, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-0-49/yonetmelikler> (2018).
3. Akpınar, K.N., “Dağıtım sistemlerinde güç kalitesi sorunları üzerine melez bir yaklaşım”, Yüksek Lisans Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Samsun, 13-24 (2018).
4. Ünlüsoy, B., “Enerji kalitesi, TS EN 50160 standardı ve ülkemizdeki uygulamaları”, *EMO*, 1-7 (2011).
5. Küçük, D., “Güç kalitesi çalışmalarında bilgisayar mühendisliğinin rolü”, *EMO Bilimsel Dergi*, 1 (2): 83-88 (2011).
6. Şahin, M., Oğuz, Y., ve Tuğcu, H.Z., “Güç sistemlerinde enerji kalitesini etkileyen harmoniklerin incelenmesi”, *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7 (2): 199-200 (2014).
7. Çelik, Ç., “Dağıtım sistemlerinde enerji kalitesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, ANKARA, 10-18, 67-79 (2008).
8. Vural, B., “Elektrik enerji kalitesi ölçümleri için bir analizör prototipi geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldızteknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 2-4 (2007).
9. Keçecioğlu, Ö.F., Tekin, M., Gani, A., Açıkgöz, A., Gemci, A., ve Şekkeli, M., “Bir güneş enerji santralının elektrik şebekesindeki güç kalitesi parametrelerine etkisinin incelenmesi”, *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18 (2): 17-23 (2015).
10. Tabak, B., ve Yalçın, M.A., “Elektrik güç sistemlerinde enerji kalitesi”, *SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8 (1): 52-54 (2004).
11. Tur, M.R., “Solution methods and recommendations for power quality analysis in power systems”, *Dergi Park*, 3-5 (2007).

12. Haydaroğlu, C., “Dicle üniversitesi, güneş enerji santralleri performans analizi”, Yüksek Lisans Tezi, **İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Malatya, 6-11, 34-42 (2017).
13. Kesenek, M., “Güneş enerji santralının ulusal şebekeye entegrasyon etkilerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kahramanmaraş, 42-45, 6-11 (2018).
14. Koç, E., ve Şenel, M. C. “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme,” **Mühendis ve Makina**, Cilt 54, Sayı 639, 32-44 (2013).
15. Han, E., “Fotovoltaik hücre performansı üzerine çalışma koşullarının etkisinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kayseri, 7-15, 24-26 (2018).
16. Karadeniz, A., ve Balcı, M.E., “Fotovoltaik dağıtık üretim birimleri (FV-DÜB): güç kalitesine etkileri, uluslararası güç kalitesi standartları ve FV-DÜB barındıran dağıtım sistemleri için güç kalitesi iyileştirme yöntemleri”, **BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi**, 21(2), 887-888, 896-899 (2019).
17. Sayın, S. ve Koç, İ., “Güneş enerjisinden aktif olarak yararlanmada kullanılan fotovoltaik (PV) sistemler ve yapılarda kullanım biçimleri”, **S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Dergisi**, 1-18 (2011).
18. Harmanlı, U., “Fotovoltaik panel beslemeli alternatif akım (AA) pompa motoru için sürücü devre tasarımı ve simülasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, **Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Şanlıurfa, 4-21 (2016).
19. Ünlü, M., Çamur, S., ve Arifoğlu, B., “Devre temelli fotovoltaik hücre modeli”, **Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü**, 1-4 (2014).
20. Deniz, E., “Güneş enerjisi santrallerinde kayıplar”, **EMO**, 3-5 (2013).
21. Özüpak, Y., “Güneş Santrallerinde Verim Arttırma Teknikleri”, Yüksek Lisans Tezi, **İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Malatya, 12-14, 31 (2016).
22. Ünlü, M., Çamur, S., Beşer, E. ve Arifoğlu, B., “Fotovoltaik sistemlerde meydana gelen parçalı gölgelenme durumu analizi,” **Elektrik Enerji, Elektrik, Aydınlatma, Elektronik ve Otomasyon Mühendisliği Dergisi**, 238-242 (2015).
23. Tanış, Z., “Elazığ ilinde yer alan şebekeye bağlı fotovoltaik güneş enerji santralının performans analizi”, Yüksek Lisans Tezi, **Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 16, 22-24 (2019).
24. M. E. Bilgili and M. Dağtekin, “Fotovoltaik piller ile elektrik üretiminde uygun eğim açısının ve yıllık oluşan enerji farkının belirlenmesi,” **Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Bilimsel Araştırma Dergisi**, 156–167, (2017).

25. Çelik, Z., “Fotovoltaik kaynakların DA/AA eviriciler ile mikroşebekeye entegrasyonundaki problemlerin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kahramanmaraş, 8-19 (2015).
26. Ceylan, O., “Fotovoltaik programlarının simülasyon sonuçlarının doğruluğunun incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Isparta, 7-22, 29-30 (2017).
27. Atasal, M., “Güç kalitesi ve fliker”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 3-28 (2000).
28. APAY, F.T., “Güç kalitesi parametrelerinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 1-29 (2008).
29. Yılmaz, A., “Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemlerin mevcut elektrik şebekesi ile entegrasyonu ve güç sistemine etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, **Bursa Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Bursa, 13-25 (2018).
30. Eroğlu, H., “Bir dağıtım şebekesinin güç kalitesi ve harmonikler yönünden incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 35-61, 74, 92, 121-134 (2009).
31. Kocatepe, C., Kekezoğlu, B., Bozkurt, A., Yumurtacı, R., İnan, A., Arıkan, O., Baysal, M., ve Akkaya, Y., “Survey of power quality in turkish national transmission network”, **TÜBİTAK**, 1883-1890 (2013).
32. Vural, G.C., ve Ozgobek, H.R., “2nd world conference on technology, innovation and entrepreneurship”, **PressAcademia Procedia**, 411-417 (2017).
33. Kürker, F., ve Taşaltın, R., “Elektrik tesislerinde harmoniklerin meydana getirdiği kayıpların analizi”, **Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 21-26 (2016).
34. Nedimoğlu, E., ve Gümüş, B., “Şebekeye bağlı güneş enerjisi santrallerinin harmoniklerine etki eden parametrelerin araştırılması”, **DÜMF Mühendislik Dergisi**, 919-922 (2019).
35. Güler, F. “Güneş santrallerinin dağıtım şebekelerine etkileri ve volt/var/demand kontrolü ile gerilim regülasyonunun sağlanması”, Yüksek Lisans Tezi, **Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Antalya, 38-42, 85-92 (2019).
36. Rüstemli, S., Cengiz, S. M., ve Dinçer, F., “Elektrik tesislerinde harmoniklerin aktif filtre kullanılarak yok edilmesi ve simülasyonu”, **BEÜ Fen Bilimleri Dergisi**, 30-38 (2013).
37. Barutçu, İ.Ç., “Fotovoltaik tabanlı dağıtılmış enerji üretim sistemlerinin elektrik şebekeleri üzerindeki harmonik kaynaklı etkilerinin incelenmesi ve

- optimizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 1-14, 36 (2008).
38. Önal, Y., “Bir güç kalitesi problem olan kırpışmanın hilbert-huang dönüşümü kullanılarak belirlenmesi ve kısa dönem şiddetinin hesaplanması”, Doktora Tezi, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir, 28-37 (2011).
 39. İnan, A., ve Ermiş, N., “Ara harmoniklerden kaynaklanan gerilim kırpışmasının aydınlatma üzerindeki etkileri”, *IEEE*, 1-4.
 40. Yarar, N., “Bir güneş santralının elektrik şebekesine entegrasyonunda güç kalitesine etkilerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 19-33 (2019).
 41. Akkan, R., “Röle koordinasyonu ve kesici seçimi ihsaniye örneği”, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, 26-39 (2019).
 42. Gürsanlı, Ö., “Enerji iletim hatlarındaki yapısal değişikliklerin röle koordinasyonu üzerindeki etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 5-15 (2017).
 43. Demiray, İ., “Feeding electricity ring grids with minimum interruption using relay coordination scenarios under interruption conditions”, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 5-8 (2019).

ÖZGEÇMİŞ

Kübra TEPECİK ESEN 1991 yılında Karabük'te doğdu; ilk, orta ve lise öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Vakıfbank Zübeyde Hanım Anadolu Lisesi'nden 2009 yılında mezun oldu. 2010 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde öğrenime başlayıp 2015 yılında iyi derece ile mezun oldu. 2015 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans'a başladı. Senkron Elektrik İnşaat Taahhüt Otomasyon Sanayi Ve Ticaret Limited Şirketi ile Kardemir AŞ. Çubuk Kangal Haddehanesinin kurulumu projesinde görev aldı. 2017 yılında Başkent Elektrik Dağıtım A.Ş.'de SCADA ve Yük Dağıtım Mühendisi olarak göreve başladı. 2018 yılında Haziran ayı itibari ile Şebeke Yönetimi Müdürlüğü Sekonder Sistemler Mühendisi olarak göreve devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Gayret Mahallesi
İstiklal Caddesi
Toki Park Çiftlik Konutları
Yenimahalle/ANKARA
E-posta : kubra.tepecik@gmail.com