

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

**GERÇEK ZAMANLI İZLEME SİSTEMLERİYLE BİR ELEKTRİK DAĞITIM
SİSTEMİNDE GÜÇ KALİTESİ PROBLEMLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Serhat BEĞDE
(143103005)**

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Mehmet Recep MİNAZ

**Aralık -2017
SİİRT**

TEZ KABUL ve ONAYI

Serhat BEĞDİL tarafından hazırlanan "Gerçek Zamanlı İzleme Sistemleriyle Bir Elektrik Dağıtım Sisteminde Güç Kalitesi Problemlerinin İncelenmesi" adlı tez çalışması 26/12/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Unvanı Adı SOYADI

İmza

Doç. Dr. Necmettin SIZGIN

Danışman

Unvanı Adı SOYADI

Doç. Dr. Tevzi HANŞU

Üye

Unvanı Adı SOYADI

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Recep MİNAZ

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Doç. Dr. Koray ÖZRENK
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖN SÖZ

Bu çalışmada, Siirt Üniversitesi, Kezer Kampüsü içerisinde yer alan örnek bir dağıtım sisteminin güç kalitesi parametreleri, gerçek zamanlı bir izleme sistemiyle ölçülerek kaydedilmiştir. Yöntem olarak, Siirt Üniversitesi Kezer Kampüsü'nde bulunan en yüklü dağıtım transformatörü baz alınmış, sistemde gerçekleşen önemli güç kalitesi problemleri kaydedilerek incelenmiş ve bazı standartlara göre gerekli sınıflandırılma işlemleri yapılmıştır. Yapılan değerlendirmeler ve yorumlamalar sonucunda, güç kalitesini etkileyen önemli problemler tespit edilerek bu problemlerin çözümüne yönelik bazı öneriler sunulmuştur.

Bu tez çalışmasının hazırlanması sırasında değerli katkılarını esirgemeyen, bilgi birikimini ve çalışmanın gerçekleştirilmesinde tecrübelerini cömertçe paylaşan eski danışman hocam Doç. Dr. Murat UYAR'a; danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Mehmet Recep MİNAZ'a; tez çalışmasına eleştirileriyle değer katan Doç. Dr. Fevzi HANSU'ya; Doç. Dr. Necmettin SEZGİN'e; eski sıra arkadaşlarım Abdulrezzak OĞUZ'a; Ramazan AKBULUT'a; Ferdi ERTEKİN'e; lisansüstü eğitimim sürecinde işyerinde yokluğumu hissettirmeyen değerli mesai arkadaşlarım olan TEDAŞ Uludağ Bölge Müdürlüğü personellerine teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Ayrıca çalışma hayatım boyunca, güler yüz ve pozitif enerjilerini daima yansıtarak bu süreci önemli ölçüde kolaylaştıran biricik eşim ve dünyalar tatlısı biricik kızım Fatmanur'a sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Serhat BEĞDE
SİİRT – 2017

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
KISALTMALAR VE SİMGELERLİSTESİ	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Genel Bilgiler.....	1
1.2. Literatür Özeti.....	5
1.3. Amaç	8
1.4. Çalışma Kapsamı	9
2. GÜÇ KALİTESİ OLAYLARI	11
2.1. Gerilim Çökmesi.....	11
2.1.1 Gerilim çökmesi olayının genel nedenleri ve etkileri	12
2.2. Gerilim Sıçraması	13
2.2.1. Gerilim sıçraması olayının genel nedenleri ve etkileri	15
2.3. Gerilim Kesintisi.....	16
2.3.1. Gerilim kesintisi olayının genel nedenleri ve etkileri	16
2.4. Gerilim Kırpışması	17
2.4.1. Gerilim kırpışması olayının genel nedenleri ve etkileri.....	18
2.5. Harmonikler	19
2.5.1. Harmonik olayının genel nedenleri ve etkileri	20
2.5.2. Harmonik standartları	22
3. GÜÇ KALİTESİ İZLEME SİSTEMİ	25
3.1. Kullanılan Güç Analizörü	28
4. ÖLÇÜMLER SONUCUNDA ELDE EDİLEN GÜÇ KALİTESİ OLAYLARI	31
4.1. Ölçüm Noktasındaki Gerilim Çökmesi Olaylarının İncelenmesi	31
4.2. Ölçüm Noktasındaki Gerilim Sıçraması Olaylarının İncelenmesi	34
4.3. Ölçüm Noktasındaki Gerilim Kesintisi Olaylarının İncelenmesi	35
4.4. Ölçüm Noktasındaki Gerilim Kırpışması Olaylarının İncelenmesi.....	37
4.5. Ölçüm Noktasındaki Harmonik Olaylarının İncelenmesi	38
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	45
6. KAYNAKLAR.....	49
ÖZGEÇMİŞ	53

TABLULAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. Gerilim çökmesi özet bilgiler	13
Tablo 2.2. Gerilim sıçraması kategorileri	14
Tablo 2.3. Gerilim sıçraması özet bilgiler.....	15
Tablo 2.4. Gerilim kesintisi özet bilgiler	17
Tablo 2.5. Gerilim kırışması özet bilgiler	18
Tablo 2.6. Uluslararası harmonik değerleri.....	23
Tablo 3.1. HIOKI PW3198 Analizörün teknik özellikleri	29
Tablo 4.1. 16.11.2015-17.11.2015 tarihler arası 24 saat THB değerleri.....	41
Tablo 4.2. 4.12.2015 Tarihli (cuma günü) saat 13:00-16:00 arası THB değerleri.....	42

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1.	Güç kalitesi bozulmaları.....	4
Şekil 2.1.	IEEE 1159 Standardının önerdiği genlik – süre düzleminde olayların sınıflandırılması	11
Şekil 2.2.	Gerilim çökmesi olayı	12
Şekil 2.3.	(A) Gerilim dalga şekli, (B) Gerilimin etkin değeri (Lee, 2003).	13
Şekil 2.4.	Gerilim sıçraması olayı	14
Şekil 2.5.	(A) Gerilimin dalga şekli (B) Gerilimin etkin değeri (Uyar, 2008).	15
Şekil 2.6.	Gerilim kesintisi olayı	16
Şekil 2.7.	Gerilim kırpışması olayı.....	17
Şekil 2.8.	Sinüzoidal gerilim ve harmonik içerikli akım dalga şekli örnekleri	21
Şekil 3.1.	Gerçek zamanlı bir izleme sisteminin genel yapısı	25
Şekil 3.2.	Güç kalitesi izleme sisteminin bağlantı noktası	26
Şekil 3.3.	Güç kalitesi izleme sisteminin blok şeması.....	27
Şekil 3.4.	Güç kalitesi izleme merkezi	27
Şekil 3.5.	Güç kalitesi izleme merkezinden ölçüm alınan transformatörün bilgileri ...	28
Şekil 4.1.	Üç faz-toprak arızası sonucu meydana gelen gerilim çökmesi-1	31
Şekil 4.2.	Üç faz-toprak arızası sonucu meydana gelen gerilim çökmesi-2.....	32
Şekil 4.3.	Tek faz toprak arızası sonucu meydana gelen gerilim çökmesi.....	33
Şekil 4.4.	İki faz toprak kısa devre arızası sonucu meydana gelen gerilim çökmesi ...	33
Şekil 4.5.	Şebekede oluşan iki fazlı gerilim sıçraması	34
Şekil 4.6.	Şebekede oluşan bir fazlı gerilim sıçraması	35
Şekil 4.7.	Şebekede oluşan yaklaşık 3 periyot süreli ani gerilim kesintisi.....	36
Şekil 4.8.	Şebekede oluşan geçici gerilim kesintisi.....	36
Şekil 4.9.	Şebekede oluşan geçici gerilim kesintisinin devamı	37
Şekil 4.10.	Şebekede oluşan iki fazlı gerilim kırpışması.....	37
Şekil 4.11.	Şebekede oluşan bir fazlı gerilim kırpışması	38
Şekil 4.12.	Şebekede oluşan iki fazlı harmonik.....	39
Şekil 4.13.	Şebekede oluşan üç fazlı harmonik -1	39
Şekil 4.14.	Şebekede oluşan üç fazlı harmonik -2.....	40
Şekil 4.15.	11.12.2015-18.12.2015 tarihler arası bir haftalık THB _v	42
Şekil 4.16.	11.12.2015-18.12.2015 tarihler arası bir haftalık THB ₁	43
Şekil 4.17.	20.12.2015-27.12.2015 tarihler arası bir haftalık THB _v	44
Şekil 4.18.	20.12.2015-27.12.2015 tarihler arası bir haftalık THB ₁	44

KISALTMALAR ve SİMGELER LİSTESİ

<u>Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
IEEE	: The Institute Electrical and Electronics Engineers (Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü)
IEC	: International Electrotechnical Commission (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu)
VDE	: Verband Deutscher Elektroingenieure (Alman Elektrik Mühendisleri Birliği)
THB	: Toplam Harmonik Bozulumu
THB_v	: Toplam Gerilim Harmonik Bozulumu
THB_i	: Toplam Akım Harmonik Bozulumu
RMS	: Root Mean Squared (Efektif Değer)
YG/AG	: Yüksek Gerilim/Alçak Gerilim
TFT	: Tek Faz Toprak
AA	: Alternatif Akım
DA	: Doğru Akım
EN	: European Norm (Avrupa Standartları)
TS	: Technical Standard (Teknik Standart)
YGAA	: Yüksek Gerilimli Alternatif Akım
AA	: Alternatif Akım
DA	: Doğru Akım
LC	: Bobin Kondansatör

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GERÇEK ZAMANLI İZLEME SİSTEMLERİYLE BİR ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMİNDE GÜÇ KALİTESİ PROBLEMLERİNİN İNCELENMESİ

Serhat BEĞDE

**Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Mehmet Recep MİNAZ

2017, 52 Sayfa

Bu tezde, gerçek zamanlı güç kalitesi izleme sistemiyle bir elektrik dağıtım sisteminde meydana gelen güç kalitesi olayları izlenmiş ve yorumlanmıştır. Yapılan izleme ve yorumlama işlemleri için, Siirt Üniversitesi Kezer Kampüsü'nde bulunan dağıtım şebekesindeki en yüklü transformatörünün çıkışına bir güç kalitesi analizörü sistemi kurulmuştur. Bu sistem kullanılarak, üç ay boyunca gerçek zamanlı güç kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Bu güç kalitesi analizörü ile sisteme ait akım, gerilim, güç, frekans gibi parametrelerin yanı sıra sistemde meydana gelen güç kalitesi olayları da kayıt altına alınmıştır. İlgili dağıtım sisteminde meydana gelen güç kalitesi verileri, bilgisayar ortamına aktarılmış ve daha sonra gerilim çökmesi, sıçraması, kesintisi, kırışması, harmonik gibi güç kalitesi olayları sınıflandırılarak yorumlanmıştır.

Güç kalitesi analizörü ile tespit edilen önemli güç kalitesi olayları, ulusal ve uluslararası standartlar çerçevesinde sınıflandırılmıştır. Tez çalışmasında ayrıca, bu güç kalitesi bozucu etmenlerin enterkonnekte şebekeye ve ölçüm noktasındaki tüketicilere olan etkilerini en aza indirmek için bazı öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Güç Dağıtım Sistemi, Güç Kalitesi, Gerçek Zamanlı İzleme Sistemi.

ABSTRACT

MSc. THESIS

INVESTIGATION OF POWER QUALITY PROBLEMS IN A POWER DISTRIBUTION SYSTEM BY USING REAL-TIME MONITORING SYSTEMS

Serhat BEĞDE

**The Graduate School of Natural and Applied Science of Siirt University
The Degree of Master of Science
in Electrical-Electronics Engineering**

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Mehmet Recep MİNAZ

2017, 52 Pages

In this thesis, power quality events occurring in a power distribution system were watched and discussed by using a real-time power quality monitoring system. A power quality analyzer system for monitoring and discussing was installed to the output of fully loaded transformer located at the distribution network at Kezer Campus, Siirt University. Real-time power quality measurements were done for a three months time period. The parameters such as current, voltage, power and frequency of the system as well as power quality events occurring in the system are recorded by this power quality analyzer system. The data of power quality events occurring in the related distribution system were transferred to the computer and then power quality events, such as voltage sag, voltage swell, voltage outage, flicker and harmonics were investigated and classified.

The underlying events recorded by the power quality analyzer were classified in accordance with national and international standards. Furthermore, in this thesis, some suggestions were presented to minimize the impact of these power quality distortions on interconnected network and to the consumers at the measurement points.

Keywords: Power Distribution Network, Power Quality, Real Time Monitoring System.

1. GİRİŞ

1.1. Genel Bilgiler

Elektrik enerjisini üreten, ileten ve dağıtan kuruluşlar; kesintisiz, ucuz ve kaliteli bir enerjiyi tüketicilerine sunmayı amaçlamaktadır. Kaliteli bir enerji; sabit şebeke frekansı, sabit genlik ve saf sinüs gerilimin sağlanmasıyla mümkündür. Ancak güç sistemleri sürekli olarak; yıldırım düşmesi, arıza ve anahtarlama gibi olayların etkisi altında kalmaktadır. Bu olaylar, akım ve gerilim büyüklüklerinde bozulmalar meydana getirmektedir. Bu bozulmalar, önemsiz işletme türleri ile güç kesintisi gibi önemli etkiler bırakan türler arasında değişir. Bozulmalar ve etkileri hakkında bilgi toplamak için, sistemin bazı bölümleri uygun bant genişliğine sahip ölçüm cihazları kullanılarak izlenmelidir (Dugan, 2002).

Modern güç sistemlerinin performansı, denetimi ve kontrolü üzerine artan çalışmalar, güç kalitesi izlemenin önemini de arttırmıştır. Bu nedenle günümüzde, güç kalitesi izleme cihazları ile yapılan ölçümlerin de arttığı gözlenmektedir. Bu cihazlardan; analiz, özellik belirleme, sınıflama ve sıkıştırma işlemlerini otomatik olarak gerçekleştirmesi beklenmektedir. Ayrıca oluşan bozulmanın sebebinin de ortaya çıkartılması istenilir. Örneğin; gerilim düşmesinin nedeninin, bir arıza olayı mı yoksa motor kalkışı veya transformatör enerjilenmesi gibi diğer bir sistem olayı mı olduğu belirlenmelidir. Güç sistemlerinde; arıza, motor kalkışı, transformatör enerjilenmesi, kapasitör anahtarlama, yük anahtarlama ve hat enerjilenmesi sıkça karşılaşılan olay türleridir.

Güç sistemlerinde meydana gelen arızalar; doğrusal olmayan yüklerin anahtarlama, transformatör deşarjları, sisteme bağlı doğrusal olmayan yükler ve doğa olayları (yıldırım etkisi vb.), gerilim çökmeleri, gerilim sıçramaları, gerilim kesintileri, kırpışmalar ve harmonikler gibi güç kalitesi bozulmalarının ortaya çıkmasına sebep olur.

Üretici ya da tüketiciden kaynaklanan ve güç kalitesini olumsuz yönde etkileyen faktörler ortadan kaldırılmaya çalışılmadan önce, standartlarda belirtilen değerler doğrultusunda sistemdeki bozulmalar hızlı ve verimli bir şekilde tespit edilmelidir. Daha sonra bu bozulmaların temel karakteristikleri belirlenerek hangi bozulmaların meydana geldiğine karar verilmelidir (Gaouda, 1999). Böyle bir çalışma yapıldığı

takdirde, sistem hakkında durum tespiti ve değerlendirme yapılarak bozulmaların kaynağı ve sebepleri araştırılabilir.

Belirli bir baradan beslenen mevcut tesisler veya belirli bir baradan beslenilmesi planlanan yapım veya tasarım halindeki tesisler, ölçümler sonucu elde edilen güç kalitesi verileri doğrultusunda bilinçli yer seçimi ve doğru ekipman seçimi yapma imkânına kavuşturulabilir. Son olarak, bu veriler doğrultusunda hangi bölgelere hangi özellikte bir güç kalitesi iyileştirme cihazının (aktif güç filtreleri, gerilim düzenleyiciler, kesintisiz güç kaynakları vb.) konulması gerektiğine karar verilebilir. Bu bilgiler ışığında önerilen çözümler sistemin sürekliliğini ve güvenilirliğini artırmanın yanında sistemin kontrolünü de kolaylaştırır. Bu amaç için, güç kalitesi izleme cihazları veya sayısal arıza kaydediciler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Demirci, 2006).

Geleneksel izleme cihazlarıyla yapılan ölçümlerde veriler, önce cihaz hafızasına kaydedilir ve bu bilgiler istenildiğinde bilgisayar ortamına aktarılır yada cihazdan yazıcı aracılığıyla çıktı alınır. Hem cihaz içerisinde, hem cihazdan veri çıktısı alınarak, hem de bilgisayar ortamında analiz işlemleri gerçekleştirilerek, bozulmalara ait bilgiler çıkarılabilir.

Güç kalitesi kavramı, güç sistemleri alanında yoğun olarak çalışılan bir başlıktır. Özellikle 1995 sonrası yapılan akademik çalışmalarda güç kalitesine olan ilgide büyük bir artış görülmüştür (Bollen, 2006). Bunun nedeni birkaç maddede şöyle özetlenebilir:

- Kullanılan aygıtlar, gerilim bozulmalarına karşı daha hassas bir hale gelmiştir.
- Güç elektroniği tabanlı cihazların yoğun kullanımıyla birlikte, enterkonnekte şebekeye daha fazla akım bozulmaları üretmeye başlamıştır.
- Elektrik endüstrisindeki özelleşme ve serbest alım hakkı, kalite göstergelerine olan ihtiyacın artmasına neden olmuştur. Bu sebeple tüketiciler kullandıkları gerilimin kalitesi hakkında daha fazla bilgi sahibi olmak istemektedirler.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarıyla elektrik üreten sistemlerin şebekeye dahil olmasıyla birlikte, yeni güç kalitesi problemleri de doğmaya başlamıştır. Gerilim dalgalanmaları, frekans dengesizlikleri bunlara örnek olarak gösterilebilir.
- Enerji verimliliğini arttırmak için kullanılan cihazlar da ayrı bir güç kalitesi bozulma kaynağıdır. Değişken hız sürücüler ve enerji tasarruflu ampuller,

gerilim dalgası bozulmaları oluşturan önemli kaynaklardır. Ayrıca alıcı olarak düşünüldüklerinde güç kalitesi bozulmalarına karşı da çok hassastırlar.

Tüm bunlar bir arada düşünüldüğünde güç kalitesi kavramının çevresel ve ekonomik olmak üzere çok geniş bir alanda etkili olduğu ortaya çıkmaktadır (Bollen, 2000).

Güç kalitesi tarif edilirken, birçok kaynak farklı ve hatta kafa karıştırıcı tanımları ileri sürmüşlerdir. Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE) sözlüğünde geçen güç kalitesi tanımı şöyledir (IEEE Std. 100-1996): “Bir hassas alıcının çalışma şekline uygun olarak, performansını olumsuz etkilemeyecek şekilde o alıcıya elektriksel güç sağlayarak, korumasını gerçekleştirmektir.”

Bu tanımdan, harmonik akım bozulmasının sadece hassas cihazlara zarar verdiği şartlarda güç kalitesi problemi sayılabileceği anlamı çıkarılabilir. Yani tanımın diğer bir kısıtlaması da, sonucu sadece cihaz performansı ile değerlendirmesidir.

Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) güç kalitesini, IEC 61000-430 standardında şu şekilde tanımlamaktadır (EMC, 2003): “Bir elektrik sisteminde, belirli bir noktadaki elektriksel karakteristiklerin, bir grup referans teknik parametreye göre değerlendirilmesidir.”

Bu tanım, güç kalitesini ölçmeye ve bir takım standartlara uymaya dayandırmaktadır.

Bu çalışmada güç kalitesi tanımı (Bollen, 2006)'deki şekliyle kullanılmıştır:

Güç kalitesi; gerilim kalitesi ve akım kalitesi kavramlarının bir kompozisyonu olarak tarif edilir. Gerilim kalitesi, gerçek gerilimin ideal gerilim şeklinden uzaklaşma yönünde oluşturduğu değişimlerdir. Akım kalitesi ise, bu tarfin akıma uyarlanmış halidir.

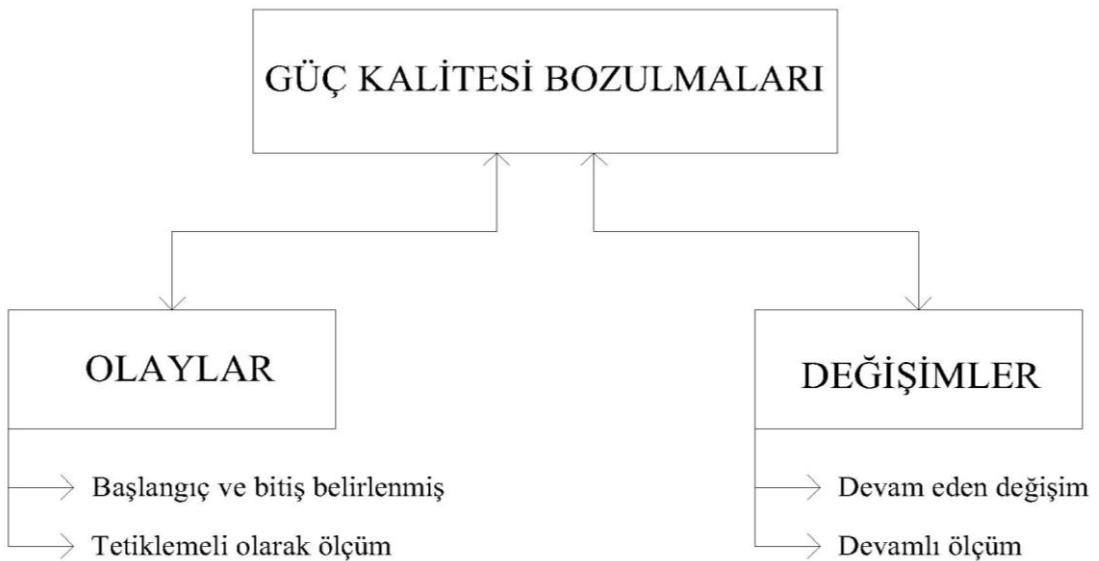
İdeal akım ve gerilim için en temel tarif: “Nominal değerlerinde, sabit genlik ve sabit frekansta salınım yapan sinüzoidal dalga şekline sahip olan akım ve gerilimlerdir” tanımıyla ortaya konulabilir (Bollen, 2006).

İdeal akım dalga şeklinden ayrıca gerilim ile aynı frekans ve fazda olması da beklenmektedir. Akım ve gerilimin ideal şekillerinden sapacak şekilde değişmesi “güç kalitesi bozulması” olarak tanımlanır. Güç kalitesi bozulması akım ya da gerilim etkisiyle oluşabilir. Bu ikisini net bir şekilde ayırmak mümkün değildir. Genel bir tanım

olarak; gerilim bozulmaları şebeke merkezli oluşur ve potansiyel olarak tüketicileri etkiler, akım bozulmaları ise tüketici merkezli oluşur ve potansiyel olarak şebekeyi etkiler. Bu sınıflandırmanın da hala eksik yönleri mevcuttur. Çünkü büyük güçlü bir indüksiyon motorunun kalkışı düşünülürse; bu durum şebekeden aşırı akım çekilmesine neden olur. Şebeke tarafından bakıldığında bu durum bir akım bozulması olarak görülür. Bununla birlikte oluşan gerilim çökmesi aynı baradan beslenen diğer bir tüketici için gerilim bozulması olarak görünür. Şebeke işletmecisi açısından bu durum bir akım bozulmasıdır ancak diğer tüketici için ise bir gerilim bozulmasını ifade etmektedir. Görüldüğü gibi yüksek güçlü bir motorun devreye alınması sonucu oluşan etki, konumlarına göre farklı tüketiciler için farklı bozulma çeşitlerini ortaya çıkarmaktadır. Bu kavram karmaşası nedeniyle literatürde, ayrı ayrı gerilim ve akım bozulması kavramları kullanmak yerine “güç kalitesi” terimi tercih edilmektedir (Bollen, 2006).

Güç kalitesi bozulmalarında bir diğer önemli ayırım da olaylar (events) ve değişimler (variations) arasındadır. Bu çalışmada güç kalitesi bozulma olaylarını ifade etmek için “olay (event)” kavramı kullanılacaktır. Olaylar, bir başlangıcı ve sonu bulunan ani bozulmalardır. Değişimler ise, sürekli durum ya da yarı sürekli durum bozulmalarıdır ve bu nedenle zamanın her anında ölçülebilirler.

Şekil.1.1’de olaylar ve değişimler arasında sınıflandırma gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Güç kalitesi bozulmaları

Güç kalitesi bozulma değişimine tipik bir örnek olarak sistem frekansındaki değişimler gösterilebilir. Ülkemizde şebekenin anma frekans değeri 50 Hz olup, bu değer daima ± 1 Hz'i bulabilen bir farkla değişim gösterir. Güç kalitesi bozulma olayına tipik bir örnek olarak "kesinti" verilebilir. Kesinti süresince tüketici tarafındaki gerilim sıfırdır. Kesintiyi ölçebilmek için bir kesinti olana dek beklenmelidir. Oysa değişimler zamanın her anında ölçülür.

1.2. Literatür Özeti

Elektrik dağıtım şirketleri uzun yıllardır sürekli kesinti endekslerini, dağıtım sistemleri yoluyla sundukları hizmetin güvenilirliğinin bir göstergesi olarak kullanmaktadır. Ne var ki, bugün pek çok elektrik tüketicisi gerilim kesintisi, harmonik bozulma, gerilim sıçraması, gerilim kırışması ve sık gerçekleşen gerilim çökmelerinden olumsuz bir şekilde etkilenmektedir. Son kullanıcı ekipmanında hassasiyetin artmasına cevap olarak, pek çok tesis hizmet kalitesi seviyesini değerlendirmek amacıyla daha kapsamlı güç kalitesi izleme sistemleri kullanmaktadır.

Güç kalitesini ölçmede yaygın olarak kullanılan birkaç yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler zamana ve sıklığa bağlı karmaşık dalga şekli olaylarını bir rakama dönüştürerek veri oluşturur. Güç kalitesi ölçümlerinden elde edilen verilere göre karşılaşılan sorunlar tartışılmakta ve bu sorunları çözmeye yönelik çeşitli öneriler de bulunmaktadır.

Güç kalitesi konusuna olan ilginin son zamanlarda arttığını, aşağıda yapılan çalışmalara bakarak söyleyebiliriz.

Erafşar (2017) yürütmüş olduğu çalışmada, Kahramanmaraş ili Onikişubat ilçesinde bulunan Torlar HES isimli 25 MW altı santralde, gerçek zamanlı güç analizörü ile 28 gün boyunca saatlik ölçümler yapmış ve ölçümlerde elde ettiği verilerle oluşturulan grafikleri inceleyerek yorumlar yapmıştır. Yaptığı incelemelerde sistemde var olan tekil harmoniklerin limit değerleri aşmadığı sınır değerlerin altında kaldığı, akıma ait THB'nin belli zamanda kısa süreliğine sınır değerleri aştığı ve gerilime ait THB'nin gün içindeki belli aralıklarda sınırı aştığı gözlemlenmiştir. Kırışma (Fliker) şiddetinin ise genel olarak sınır değerler içinde kaldığı limit değeri aşmadığını görmüştür.

Tanrıverdi (2015) yaptığı çalışmada, Hacettepe Teknokent'te bulunan Ar-Ge 1 (217kWe) ve Ar-Ge 2 (202kWe) on grid (şebekeye bağlı) fotovoltaik (GES) santrallerin şebeke bağlantıları noktasında güç kalitesi ölçüm çalışmaları yaparak, ölçüm sonucu çıkan verileri tartışmıştır. Ar-Ge 1 ve Ar-Ge 2 santrallerin şebeke bağlantı noktasında, yaklaşık 2 aylık periyotta 2 ayrı cihazla eş zamanlı yaptığı ölçümlerden elde ettiği olay kayıtlarını ele alarak, gerilim çökmeleri ve geçici rejim olaylarını incelemiştir. Yapmış olduğu ölçümler ile ana şebekenin, şebeke bağlantılı santrale olan etkilerini gözlemlemiştir. Ölçümler sonucunda çıkan verileri, IEEE 1547 standartları çerçevesinde karşılaştırarak değerlendirmiştir. Elde ettiği sonuçlarda ise, ana şebekede meydana gelen gerilim çökmelerinin azımsanmayacak oranda olduğunu gözlemlemiştir. Bu durumun, özellikle gelecek yıllarda fotovoltaik santrallerin yaygınlaşmasıyla şebekedeki güç kalitesi bozulmaların, santrallere ciddi sorunlar doğurabileceğini yorumlamıştır.

Abubakar (2015) yapmış olduğu çalışmada, demir çelik fabrikasındaki ark ocağı ve diğer fabrikaların ortak kuplaj noktasında meydana gelen harmonik ve voltaj dalgalanması problemlerinin incelenmesi için bu noktada ölçümler almış ve MATLAB Simulink programıyla analiz etmiştir. Elde etmiş olduğu verilere bakarak, sistemde harmoniklerin olduğunu ve etkilerini azaltmak için harmonik filtreye ihtiyaç duyulduğunu yorumlamıştır. Yapmış olduğu bu çalışmadan elde etmiş olduğu verilere bakarak, Butterworth, Chebyshev ve Cauer gibi değişik filtrelerin kullanılması durumunda şebekedeki harmonik bozulmaların azaldığını öne sürmüştür.

Uzan (2013) kendi çalışmasında, bir alçak gerilim dağıtım sisteminde harmonik ölçümü yapmış ve elde edilen ölçüm sonuçlarını değerlendirmiştir. Ölçüm aldığı dağıtım sisteminde analizörün tespit etmiş olduğu harmonikleri azaltmak için sisteme sabit ayarlı filtre ile C tipi yüksek geçiren filtre uygulaması yönteminin simülasyonunu Matlab R2010b ortamında yapmıştır.

Akyel (2011) yapmış olduğu çalışmada, güç kalitesi bozulmaların etkisiyle gerilim seviyesi, frekans, gerilim düşümü gibi değerlerin istenilen mertebelere getirmek için tesislerde doğrusal olmayan yüklerden oluşan harmoniklerin giderilmesi ve tesislerden çekilen reaktif gücün minimuma indirilmesi konusunda incelemelerde bulunmuştur. Harmonik filtresi, pasif harmonik filtreler, aktif harmonik filtreler ve

kompanzasyon bataryaları kullanarak güç kalitesi bozucuları ve çekilen reaktif gücü minemize etmiştir.

Özalp (2011) yapmış olduğu benzer çalışmada, Kahramanmaraş'ta PQA824 güç analizörünü kullanarak elde ettiği grafiklerin ve sayısal verilerin analizi ve yorumlanmasını EN 50160 standartları ve Elektrik Piyasasında Dağıtım Sisteminde Sunulan Elektrik Enerjisinin Tedarik Sürekliliği, Ticari ve Teknik Kalitesi Hakkında Yönetmeliğe göre yapmıştır. Yaptığı ölçümlerle, akım ve gerilim harmonikleri anlamında genel olarak THB_V değerinin %6 sınırlarında kaldığı ve kabul edilebilir olduğu, akım harmoniklerine bakıldığında genel olarak THB_I değerinin %25' ler seviyesinde olduğu ve teknik sınırları aştığı gözlemlenmiştir.

Gökozan (2011) yürütmüş olduğu çalışmada, Güç kalitesi izleme ve veri kaydı için LabVIEW tabanlı görsel bir kullanıcı ara yüzü tasarlamıştır. Tasarladığı program ile her bir faza ait akım ve gerilime ilişkin dalga form biçimleri, fazör diyagramları, toplam harmonik bozulma seviyesi ile güç parametrelerinin değişimleri gerçek zamanlı olarak görüntülenebildiğini açıklamıştır. Ayrıca harmonikler için yapay sinir ağı tabanlı akıllı bir izleme sistemi yaklaşımından da bahsetmektedir.

Altun (2010) çalışmasında, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgar santrallerinde güç kalitesinin en büyük bileşenlerinden biri olan gerilim değişimi ölçümü almış. rüzgar santrallerinin oluşturduğu gerilim dengesizlikleri, dalga şekli bozuklukları, harmonik ve fliker olayları ayrı ayrı incelemiş ve güç kalitesi problemlerinin günlük hayatta karşımıza ne şekilde çıkabileceği ile ilgili uygulama örnekleri vermiştir. Ayrıca rüzgar santrallerinde güç kalitesini artırmak için kullanılan ekipmanlara da yer vermiştir.

Eroğlu (2009) yapmış olduğu çalışmada, bir elektrik dağıtım şebekesinde yaptığı ölçümlerle güç kalitesi bozulmalarından biri olan harmoniğin, bu dağıtım şebekesi üzerindeki etkilerini yorumlamıştır.

Apay (2009) yürütmüş olduğu çalışmada, TÜBİTAK 105G129 nolu Güç Kalitesi Milli Projesi kapsamında TEİAŞ Ototransit Transformator Merkezi'nde yapılan güç kalitesi ölçümlerini incelemiş ve ölçüm sonuçları ilgili standartlara göre değerlendirmiştir. Ölçüm yapılan sistemi MATLAB Simulink programını kullanarak simülasyonunu gerçekleştirilmiştir.

1.3. Amaç

Bu çalışmada amaç, Güç sistemindeki mevcut tüketicinin bağlı bulunduğu enterkonnekte sistemdeki büyüklükler ve bu sistemde meydana gelen olaylara ait verilere bakılarak arızanın kaynağının tespit edilmesidir. Sisteme ait; akım, gerilim, frekans, güç türleri, güç katsayısı gibi büyüklüklerdeki değişimler, anlık olarak cihaz hafızasına kaydedilmektedir. Cihaz yazılımıyla akım ve gerilimde meydana gelen dalga şekli bozulmaları, güç kalitesi bozulması olayı (event) olarak tespit edilmektedir. Güç sisteminde oluşan ve oluşabilecek arızayı gidermek ya da önceden tespit etmek, enerji sürekliliğini sağlamak açısından çok önemlidir.

Güç kalitesi problemleri, endüstride fabrikaların çalışmasını olumsuz yönde etkilemekle beraber, güç sistemlerinde donanım tahribatı gibi birçok sorun oluşturmaktadır. Bu sorunlar, hem hat sonundaki kullanıcılara hem de güç sistemi elemanlarına ciddi boyutlarda maliyet ve işletim sorunları ortaya çıkarmaktadır (Dugan, 2002). Bu problemlerin oluşturduğu sorunların ortadan kaldırılabilmesi için özellikle elektrik dağıtım sistemlerindeki güç kalitesi parametrelerinin sürekli izlenmesi ve kontrolü büyük önem arz etmektedir. Elektrik dağıtım sisteminin belirli bölgelerine yerleştirilen güç kalitesi izleme sistemlerinin en önemli iki özelliği, güç kalitesi olaylarını belirlemesi ve analiz etmesidir (Jaramillo, 2000).

Güç kalitesi izleme sistemleri kullanılarak;

- Sistemin güç kalitesi performansının belirlenmesi,
- Güç kalitesi bozulma türünün, kaynağının ve sebeplerinin belirlenmesi,
- Sistemin nominal yük ile çalışması için gerekli işletim şartlarının belirlenmesi,
- Güç sisteminin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi için gerekli parametrelerin belirlenmesi,

gibi enerji tesislerinin işletilmesi ve korunması hakkında önemli bilgiler elde edilir (Dugan, 2002). Bu veriler doğrultusunda hangi bölgelere hangi özellikte bir güç kalitesi iyileştirme cihazının (aktif güç filtreleri, gerilim düzenleyiciler, kesintisiz güç kaynakları vb.) konulması gerektiğine karar verilebilir. Bu bilgiler ışığında önerilen çözümler sistemin sürekliliğini ve güvenilirliğini artırmanın yanında sistemin kontrolünü de kolaylaştırır. Bu amaç için, güç kalitesi izleme cihazları yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Melhorn, 1995).

Bu tezde, Siirt Üniversitesi Kezer Kampüsü içerisindeki, dağıtım sisteminin güç kalitesi parametrelerinin gerçek zamanlı izleme sistemleriyle belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu izleme sistemiyle aşağıdaki adımların gerçekleştirilmesi planlanmaktadır:

- Akım, gerilim, frekans ve güç parametrelerinin gerçek zamanlı izlenilmesi,
- Sistemde meydana gelen güç kalitesi olaylarının tespit edilmesi,
- İzleme sisteminden elde edilen akım ve gerilim büyüklüklerine ilişkin harmonik analizleri,
- Tespit edilen güç kalitesi olay türlerinin belirlenmesine ilişkin yorumlar,
- Dağıtım sistemi için güç kalitesi değerlendirmeleri (Erişti, 2011)

1.4. Çalışmanın Kapsamı

Bölüm 1’de temel bilgiler, amaç ve genel bir literatür taraması sunulmuştur. Diğer bölümlerin organizasyonu ise aşağıdaki gibidir:

Bölüm 2’de, IEEE-1159, IEC-61000, TS EN 50160 vb. standartlarında belirtilen güç kalitesi bozucularının türleri ve bozulmalara sebep olan olaylar gözden geçirilmiştir.

Bölüm 3’te gerçek zamanlı güç kalitesi cihaz ekipmanları tanıtılmış ve cihazın çalışma prensibinden bahsedilmiştir.

Bölüm 4’te, güç kalitesi ölçüm cihazı ile güç sistemi olaylarının izlenerek, gerçek güç sisteminde oluşan olaylar irdelenmiştir.

Bölüm 5’te, çalışmanın sonuçları irdelenmiş ve gerekli değerlendirmeler yapılmıştır.

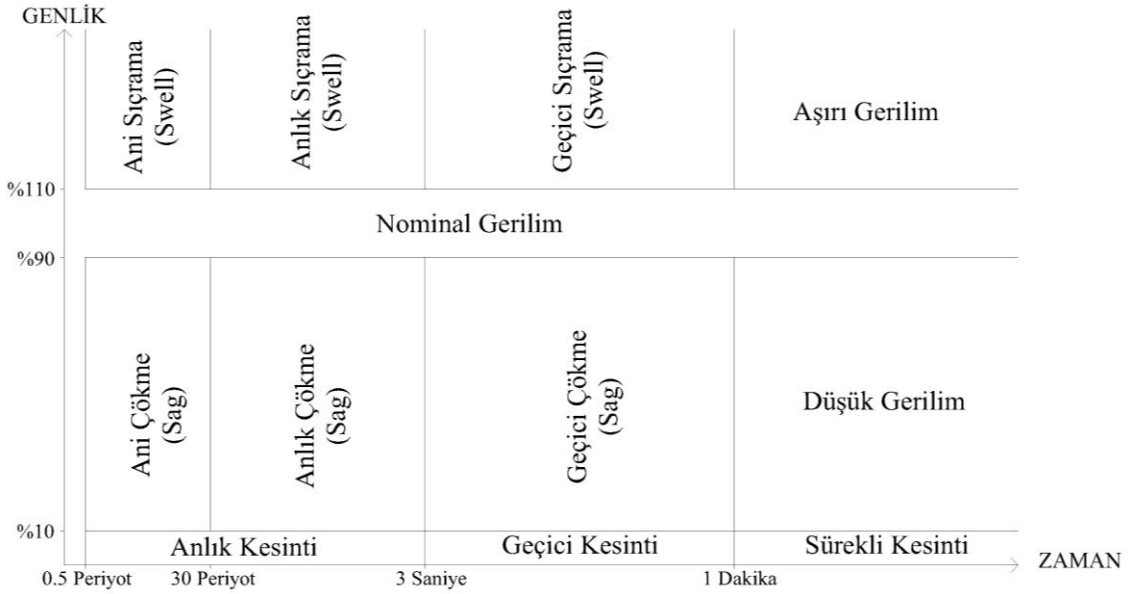


2. GÜÇ KALİTESİ OLAYLARI

Bu bölümde, çalışmamızda incelenecek olay türlerine ait temel bilgilere değinilmiştir. Çalışmada geçen beş olay türü olan; gerilim çökmesi, gerilim sıçraması, gerilim kesintisi, gerilim kırpışması ve harmonik bozulmaları, standartlarda belirtilen özellikleri ile birlikte sunulmuştur.

Olaylarla ilgili bilgiler verilmeden önce, IEEE 1159 standardının önerdiği ve gerilim çökmesi, sıçraması ve kesintisi ile ilgili genlik-süre değerlerini gösteren bölütlemenin sunulmasının uygun olacağı düşünülmüştür. Şekil 2.1'den görüleceği üzere:

- “Ani” sınıflaması 0.5 – 30 periyot süresince,
 - “Anlık” sınıflaması 30 periyot – 3 s süresince,
 - “Geçici” sınıflaması 3 s – 1 dk. süresince,
 - “Sürekli” sınıflaması ise 1 dakikadan daha uzun süre boyunca,
- gerçekleşen olaylar için kullanılmaktadır.



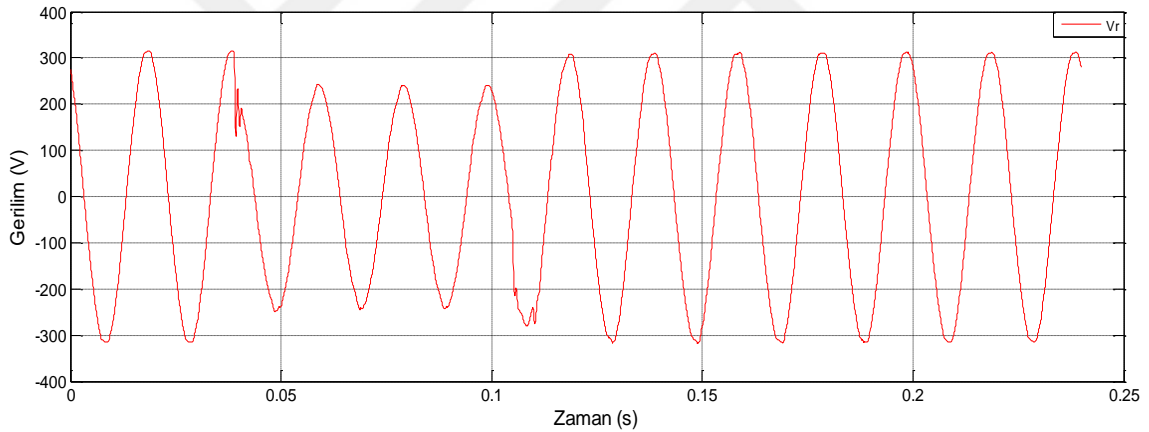
Şekil 2.1. IEEE 1159 Standardının önerdiği genlik – süre düzleminde olayların sınıflandırılması

2.1. Gerilim Çökmesi

Gerilim çökmesi, IEEE 1159 standardında; nominal gerilimin etkin değerinin %10 - %90'ı arası bir bantta olduğu durum olarak tanımlanmaktadır (IEEE, 1995).

Gerilim çökmesi olayı, Şekil 2.1’de gösterildiği gibi ani, anlık ve geçici olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır. Uluslararası teknik komitelerin önerdiği bu süreler, sahada kullanılan koruma cihazlarının işletme şartlarına da yansıtılmıştır. Bu olay, ticari ve endüstriyel tüketicileri geniş çapta etkileyen güç kalitesi problemlerinin en sık görüleni ve en önemlisi olarak kabul edilmektedir. Çoğu zaman aydınlatma şiddetindeki azalmalar dışında gözlemlenemeseler dahi, özellikle endüstriyel süreçleri duruşa geçirecek kadar güçlü sonuçlar doğurabilmektedir.

Gerilim çökmelerinin olası etkileri arasında; sistemi duruşa geçirmeleri, verimin azalması ve alıcıların özellikle de elektrik motorlarının çalışma ömürlerinin azalmasına neden olmaları sayılabilir. Bu nedenle bu tür bozulmalar endüstriyel süreçlerde ciddi bir maliyet kaybına neden olabilmektedir. Şekil 2.2’de gerilim çökmesine örnek bir dalga şekli gösterilmiştir. Gerilim genliği efektif değer olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Gerilim çökmesi olayı

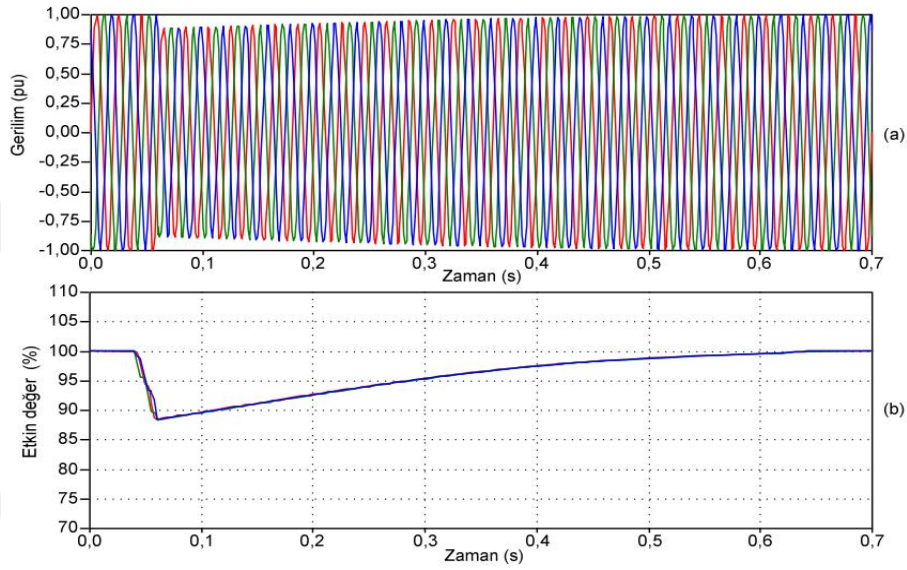
2.1.1. Gerilim çökmesi olayının genel nedenleri ve etkileri

Gerilim çökmesi olayları genellikle doğal olaylardan ve sistemde kullanılan donanımların hasar görmesinden kaynaklanır (Uyar, 2008). Bu tip problemler çoğu zaman iletim ya da dağıtım hattında arıza oluşmasına neden olurlar. Örnek olarak, paralel fider devresinde meydana gelen bir arıza şalt sahası baraları ve diğer fiderlerin tümünde gerilim düşmesi meydana getirebilir ve bu durum arıza düzeltilene kadar devam eder. Aynı durum, iletim hattının herhangi bir yerinde meydana gelen bir arıza için de söz konusu olacaktır. İletim ve dağıtım hatlarında oluşan arızaların çoğu Tek Faz Toprak (TFT) arızalarıdır ki gerilim çökmesi olayının önemli nedenlerinden birisidir.

Gerilim çökmeleri ayrıca büyük güçlü yüklerin anahtarlanması ve büyük ölçekli elektrik motorlarının kalkışı sırasında da meydana gelmektedir (Uyar, 2008).

Şekil 2.3'te, (Lee, 2003) çalışmasında yapılan benzetim modelden elde edilen ve asenkron motor kalkışı sırasında meydana gelen gerilim çökmesi olayı görülmektedir.

Tablo 2.1'de ise, gerilim çökmesi ile ilgili özet bilgiler sunulmuştur. Gerilim genliği (pu) olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.3. (A) Gerilim dalga şekli, (B) Gerilimin etkin değeri (Lee, 2003).

Tablo 2.1. Gerilim çökmesi özet bilgiler

Genlik	%10 - %90
Kaynak	Sistem arızaları ve son kullanıcılar tarafından büyük yüklerin devreye alınması
Süre	½ periyot - 1 dakika
Belirtiler	Arıza ya da duruşa geçme
Çözümler	Sabit gerilim transformatörleri, kesintisiz güç kaynakları, dinamik gerilim düzenleyiciler

2.2. Gerilim Sıçraması

Gerilim sıçraması, şebeke frekansında, 10 ms'den fazla (0.5 periyot) ve 1 dakikadan az olmak kaydıyla nominal gerilim etkin değerinin %110 - %180 arasında

artış göstermesi olarak tanımlanmaktadır (Lee, 2003). Temel olarak gerilim çökmesi olayının tam tersi özelliklerine sahiptir.

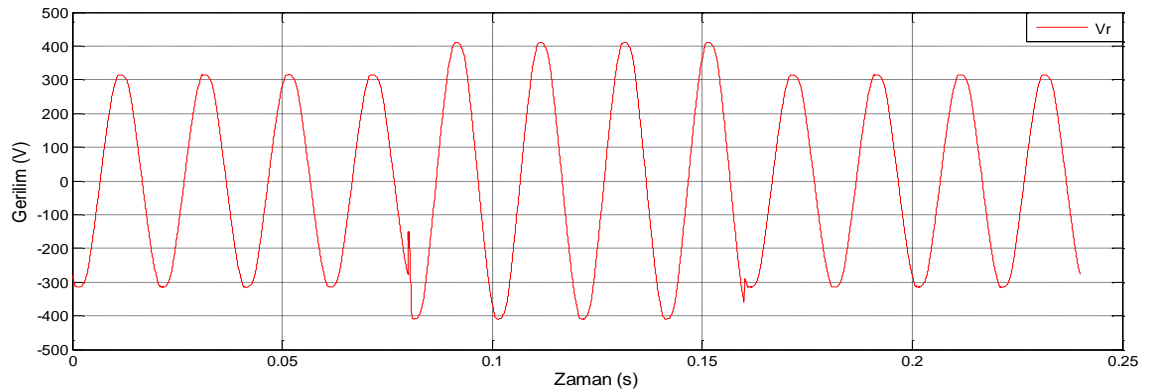
Gerilim sıçrama olayları, meydana geldikleri sürenin yanı sıra genliklerine göre de sınıflandırılırlar. Tablo 2.2’ de IEEE 1159 standardının önerdiği sınıflandırma gösterilmiştir.

Tablo 2.2. Gerilim sıçraması kategorileri

Gerilim Sıçraması	Genlik	Süre
Ani	% 110-%180	0.5 – 30 periyot
Anlık	% 110-%140	30 periyot - 3 s
Geçici	% 110-%120	3 s - 1 dk.

Arıza durumu boyunca güç kalitesi bozulmalarının önemli bileşenleri; sistem empedans fonksiyonu, arızanın oluşma yeri ve devre topraklama yapısıdır. Gerilim sıçramasının şiddeti de bu bileşenlere bağlı olarak değişir. Topraklanmamış bir sistemde TFT arızası süresince, arızasız hatların faz gerilimleri %190 değerine kadar ulaşabilmektedir. Diğer taraftan şalt sahası transformatörleri çoğunlukla üçgen-yıldız biçiminde bağlıdır ve bu bağlantı tipi arıza akımının izlediği sıfır dizi yolu boyunca düşük bir empedans oluşumunu sağlayacaktır. Böylece şalt sahasına yakın bir topraklı sistemde, arızasız fazlarda herhangi bir gerilim yükselmesi oluşmayacaktır (Dugan, 2004).

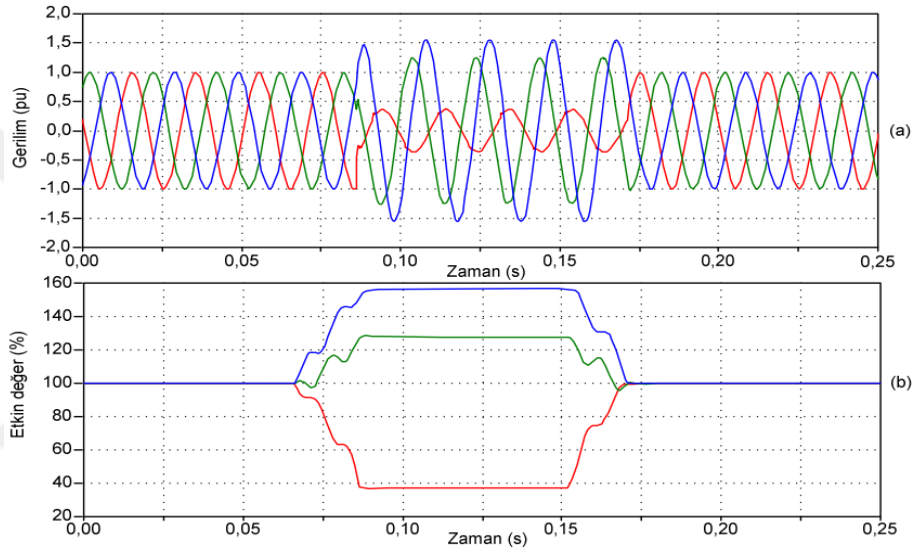
Şekil 2.4’te örnek bir gerilim sıçraması dalga şekli gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Gerilim sıçraması olayı

2.2.1. Gerilim sıçraması olayının genel nedenleri ve etkileri

Gerilim çökmesi olayına benzer şekilde, gerilim sıçramaları da sistem arızalarına bağlıdır. Özellikle büyük yükler devre dışı kalırken veya büyük kapasitör grupları devreye girerken gerilim sıçramaları meydana gelmektedir. Bununla beraber gerilim sıçramalarının görülme sıklığı gerilim çökmeleri kadar yoğun değildir (Lee, 2003). Şekil 2.5'te 34.5 kV orta gerilim seviyesinden ölçülmüş ve kısa devre arızası sonucu oluşan ani gerilim sıçraması gösterilmiştir (Uyar, 2008).



Şekil 2.5. (A) Gerilimin dalga şekli (B) Gerilimin etkin değeri (Uyar, 2008).

Gerilim sıçramasının belirtileri, çökme gibi kolay fark edilebilir olmasa da tesislere verdiği zarar ondan çok daha yıkıcıdır. Sebep olabildiği aşırı ısınma senaryoları işletmeler için tehdit edici bir unsurdur. Tablo 2.3'te, gerilim sıçraması ile ilgili özet bilgileri içeren bir tablo sunulmuştur.

Tablo 2.3. Gerilim sıçraması özet bilgiler

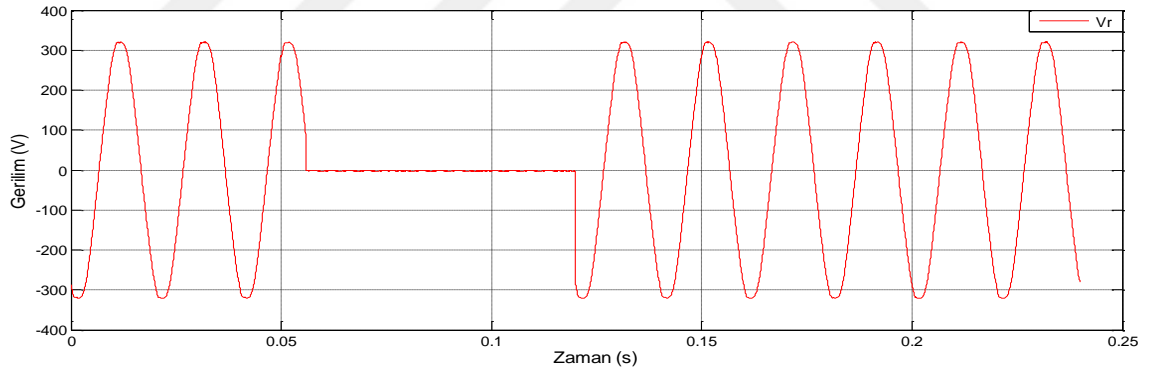
Genlik	%110-%180
Kaynak	Sistem arızaları ve son kullanıcılar tarafından büyük yüklerin devreden çıkarılması
Süre	½ periyot - 1 dakika
Belirtiler	Arıza ya da kapama
Çözümler	Sabit gerilim transformatörleri, dinamik gerilim düzenleyiciler

2.3. Gerilim Kesintisi

Kesintiler, IEEE 1159 standardında anlık ve uzun süreli olmak üzere, oluşum süresine göre sınıflandırılırlar. Bununla birlikte “kesinti” kavramı sıklıkla “anlık kesinti” kavramını ifade etmek için kullanılır. Uzun süreli kesinti ise “sürekli kesinti” olarak ifade edilir (Dash, 2003). Sürelerine göre sınıflandırılmalarının nedeni, kesinti süresince gerilim genliğinin nominal değerinin %10'unun altında kalmasıdır.

Gerilim kesintisi, tesisler üzerindeki hissedilir etkisi en fazla olan güç kalitesi olayıdır. Gerilim kesintileri bütün alıcıları enerjisiz bırakır ve özellikle endüstriyel tesislerde üretimin aksamasına neden olacağından, büyük maddi kayıplara neden olabilmektedir.

Kısa süreli kesintiler, 1 dakikaya kadar olan, nominal genlik değerini %10'nun altına düşüren bozulmalar olarak tanımlanmaktadır. Detaylı olarak 3 sınıfa ayrılabilirler: Ani (0.5 periyot – 30 periyot arası), Anlık (30 periyot – 3 s arası) ve Geçici (3 s – 1 dk.). Şekil 2.6'da gerilim kesintisi olayı için örnek bir dalga şekli gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Gerilim kesintisi olayı

2.3.1. Gerilim kesintisi olayının genel nedenleri ve etkileri

Kesintiler genellikle devre kesicilerin yeniden kapanmaları sonucunda veya kısa süreli arıza düzeltilmeden sonra sistemi yeniden devreye alırken meydana gelirler. Yani koruma cihazının ani tekrar kapaması, genellikle 30 periyottan az süren ve kalıcı olmayan bir arızanın sebep olduğu kesintiye sınırlayacaktır. Koruma cihazının gecikmeli tekrar kapaması ise, anlık ve geçici kesintiye sebep olabilmektedir (Uyar, 2008; Dash, 2003).

Kesintilerin olumsuz etkileri genel olarak aşağıdaki maddelerde özetlenebilir:

- Özellikle hassas elektronik devre/cihazların zarar görmesi,
- Koruma cihazlarının gereksiz olarak arıza göstererek açma rölesini devreye alması,
- Bilgi kaybı, işlem kaybı, çalışma kaybı vb. veri kayıpları
- Bilgi işleyen donanımların zarar görmesi gibi olumsuz sonuçlara neden olabilirler.

Tablo 2.4'te, gerilim kesintisi ile ilgili özet bilgiler verilmiştir.

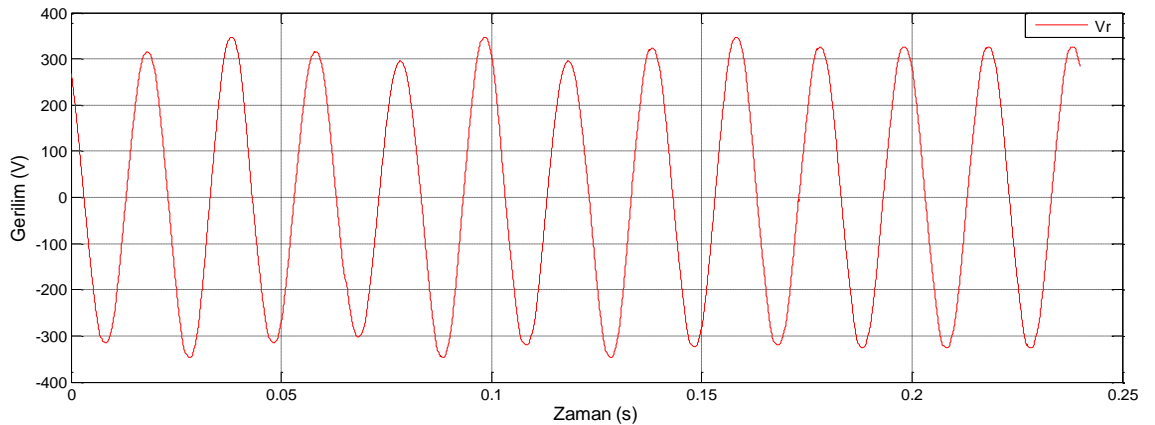
Tablo 2.4. Gerilim kesintisi özet bilgiler

Genlik	0-%10
Kaynak	Sistem arızaları, Arıza sonrası yeniden kapama
Süre	½ periyot - 1 dakika
Belirtiler	Tesisin devreden çıkması
Çözümler	Kesintisiz güç kaynakları, Lokal enerji üretimi, Enerji depolama.

2.4. Gerilim Kırışması

Gerilim salınımları, genliği nominal gerilimin %90 - %110. değerleri arasında olan hızlı sistematik gerilim değişiklikleridir. Ark fırınları, kaynak makineleri gibi süreklilik gösteren cihazlar, yük akımında hızlı değişiklikler yaparak kırışma (flicker) etkisi olarak da isimlendirilen gerilim salınımlarına sebep olurlar (IEEE, 1995).

Şekil 2.7'de bu olaya ait örnek bir dalga şekli sunulmuştur.



Şekil 2.7. Gerilim kırışması olayı

Gerilim salınımlarının oluşturduğu kırpışma, akkor flamanlı veya flüoresan lambaların hızlıca yanıp sönmesine sebep olmaktadır. Kırpışma, 6-8 Hz civarında ise, ışığın şiddetindeki değişim gözle görülebilir. Kırpışma, insanları hem bedensel hem de ruhsal olarak olumsuz bir şekilde etkileyebilmektedir. Ayrıca hassas cihazların çalışmasını da etkileyebilir.

2.4.1. Gerilim kırpışması olayının genel nedenleri ve etkileri

Ark fırınları, kaynak makineleri gibi yük akımında ve reaktif bileşende ani ve hızlı değişiklikler meydana getiren cihazlar “flicker” olarak da adlandırılan gerilim salınımlarına neden olurlar (Uyar, 2008). Aşağıda listelenen yüklerin de kırpışma oluşturmaya etkisi vardır:

- Güç elektroniği dönüştürücüleri,
- Döner fırın sürücüleri,
- Sarıcı düzenekler,
- Büyük güçlü motorlar.

Bu güç kalitesi bozulma olayının ortaya çıkarabileceği olası etkiler aşağıda sıralanmıştır:

- Elektrik ve elektronik donanımların zarar görmesine neden olarak büyük maliyetli sorunlara yol açabilmektedir,
- Röle ve kontaktörlerin yanlış çalışması sonucunda gereksiz arıza açmalarına neden olabilmektedir,
- Kesintisiz güç kaynaklarını istenmeyen yönde tetikleyerek bataryadan besleme haline geçirebilmektedir, tıbbi laboratuvarlarda kullanılan ve sabit gerilime ihtiyaç duyan hassas elektronik cihazların problemlili çalışmasına neden olabilmektedir.

Tablo 2.5’te, gerilim kırpışması ile ilgili özet bilgiler verilmiştir.

Tablo 2.5. Gerilim kırpışması özet bilgiler

Genlik	%90 - %110
Kaynak	Hızlı akım değişimi gösteren yükler, reaktif bileşenin hızlı değişmesi
Süre	Aralıklı
Belirtiler	Işık kırpışması ve elektrikli cihazların zarar görmesi
Çözümler	Seri kapasitörler, Statik Var kompanzatörler

2.5. Harmonikler

Elektrik güç sistemlerinde bulunan doğrusal olmayan yükler, iletim ve dağıtım sistemlerinde önemli harmonik kirliliklere neden olmakta ve tüketiciye sunulan enerji kalitesini olumsuz etkilemektedir (Arrillaga, 2003).

1893 yılında Hartford'da bir motordaki ısınma sorununa yoğunlaşan mühendisler, sorunun asıl kaynağının motoru besleyen güç sistemindeki rezonans olduğunu gözlemlediler. Sistemdeki bu rezonansa harmoniklerin neden olduğunu tespit ettiler. Bu tarihten önce Portland'da elektrikçiler, hat frekans harmoniklerinin oluşturduğu farklı bir iletim hattı sorunu ile uğraşmışlardı. Bu olaylar, kayıtlı ilk güç sistemi harmonik analizleridir. Avrupa'da bulunan elektrik üreticileri o dönemlerde yüksek frekans kullanmadıklarından dolayı bu sorunlardan etkilenmediler. Gelişen teknoloji ile birlikte harmonik problemi dünya çapında bir sorun haline gelmeye başlamıştır. Sonraki dönemlerde, harmonikli dalgaların tespit edilmesi ve engellenmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir (Efe, 2006; Owen, 1998).

Elektrik tesislerinde, akım ve gerilimin dalga şekilleri sinüzoidal ve temel frekanslı bir değişime sahip olmalıdır. Bunun sağlanması için şebekeye bağlı yüklerin sinüzoidal bir kaynaktan beslenmesi ve doğrusal yapıda olması gerekmektedir. Doğrusal yüklerde akım ve gerilimin dalga şekli birbirleriyle uyumlu olmasına rağmen doğrusal olmayan yüklerde şebekeden çekilen akım ve gerilimin dalga şekli sinüzoidal yapıdan uzaklaşır (Efe, 2006; Kocatepe, 2003).

Harmonikler, bozulmuş temel dalga formunu oluşturan toplam yüksek frekans dalga biçimlerini ifade ederler. Elektriksel anlamda harmonik, çarpık gerilim veya akım dalga formunun yüksek frekans bileşenleridir.

Güç sistemi harmonikleri, günümüzde büyük ilgi gören bir alandır. Bu öncelikle, anahtarlamalı güç kaynakları, aydınlatma, elektronik ateşleme düzenleri, LED sürücüler, kesintisiz güç kaynakları ve tek fazlı gerilim denetleyicileri gibi doğrusal olmayan tek fazlı yüklerin hızlı bir şekilde artmasından kaynaklanmaktadır. Bunun yanında yarı-iletken kontrollü üç fazlı güç kaynakları, değişken hız kontrol cihazları ve büyük kesintisiz güç kaynağı üniteleri gibi faz-faz yükleridir. Belirtilen ürünler, üretimi hızlandırmak ve enerji verimliliğini artırmak için ihtiyaç duyulan tipik bir endüstriyel tesisdeki toplam yükün giderek artan harmonik bozulmanın bir bölümünü oluşturmaktadır.

Şebekede harmonik bozulma genellikle kötü haberdır ve bir takım beklenmedik maliyetler doğurmaktadır. Şebekedeki harmoniği azaltmak veya düşürmek, kullanılan cihazların ömrünü uzatmayı, arızaları azaltmayı ve enerji tasarrufu açısından verimliliği artırabileceği için önemlidir. Şebekedeki harmoniği azaltma, sorunların ortaya çıkmasını önlemek için yapılır. Ayrıca şebekedeki harmonikleri azaltma, transformatör yüklemesini artırarak cihazların ömrünü uzatır, sistem verimliliğini artırır, elektronik cihaz arızalarını azaltır ve üretim de maliyet kaybı yaratan arızalı donanım dolayısı ile plansız duruşların daha az yaşanmasını sağlar.

Televizyonlar, bilgisayarlar, video oynatıcıları, aydınlatma dimmer anahtarı ve flüoresan aydınlatması gibi cihazlar evlerde harmoniklere neden olabilir. Bunların hepsi de yardımcı cihaz sarf malzemeleri üzerindeki genel harmonik bozulmaya etki ederek harmonik bozulmayı artırır. Çok sayıda bilgisayar, yazıcı, UPS sistemi, YGAA ve diğer uygulamalar için değişken hızlı sürücüler kullanan bankalar, ofis kompleksleri, alışveriş merkezleri vb. gibi ticari alanlar da harmonikler üretmektedirler.

Harmonikler, AA ve DA değişken hız sürücülerinin çok çeşitli amaçlarla kullanıldığı imalat sanayisinde de görülebilir. Diğer doğrusal olmayan yükler, proses doğrultucuları, akü şarj aletleri, UPS sistemleri ve flüoresan aydınlatma gibi endüstriyel güç dönüştürme tesislerini de içerir. Harmonik bozulmanın en yaygın etkileri artan güç çekme ve güç kalitesinin bozulmasıdır, her ikisi de her işletme için teknik ve finansal etkiye sahiptir.

Dolayısıyla, harmonik bozulmalar sistem ve cihazlar için istenmeyen sonuçları oluştururlar ve gereksiz maliyetlere yol açarlar. Bu yüzden harmoniğin azaltılması, kesintilerin azaltılması, tasarruf ve verimlilik açısından önemlidir.

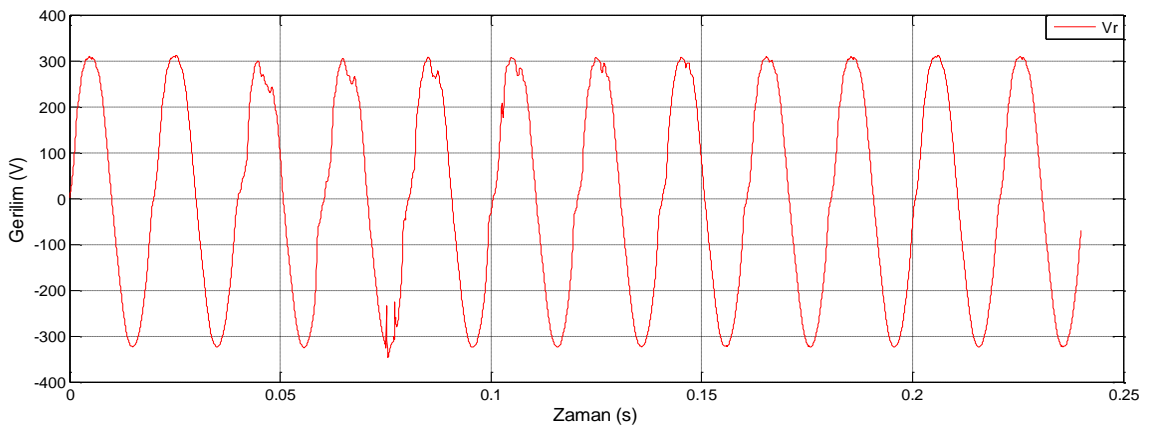
2.5.1. Harmonik olayının genel nedenleri ve etkileri

Endüstride yaygın olarak kullanılan harmonik oluşturan doğrusal olmayan yükler ve diğer harmonik kaynakları aşağıda listelenmiştir:

- Doğrultucular, eviriciler, kaynak makineleri, ark fırınları, pota ocakları, gerilim regülâtörleri ve frekans çeviriciler,
- Motor hız denetim cihazları,
- Doğru akım ile enerji iletimi,
- Kesintisiz güç kaynakları,

- Elektrikli taşıtların yaygınlaşma olasılığıyla, bu cihazların akü şarj devrelerinin etkileri,
- Enerji tasarrufu amacıyla kullanılan çeşitli yöntemler,
- Özel uygulamalarda kullanılan ve doğrudan frekans çeviricilerle beslenen momenti büyük, düşük hızlı motorlar,
- Gaz deşarjlı aydınlatma elemanları,
- Statik VAR generatörleri,
- Elektronik balastlar,
- Fotovoltaik sistemler (Anwar, 2009; Caner, 2006)

Alternatif akım şebekesindeki sinüzoidal akım ve gerilim dalgaları periyodik dalga şekillerine birer örnek teşkil etmektedir. Tüm periyodik dalgalar kendi frekanslarının katlarındaki sinüs dalgalarının toplamına eşittir. Periyodik dalgayı oluşturan bu parçaların her birine harmonik denilmektedir. Temel bileşen olarak adlandırılan birinci harmonik, ana dalgayla aynı frekanstadır. İkinci harmonik ana dalga frekansının iki katı değerinde bir frekansa sahiptir. Özet olarak n . harmoniğin frekans değeri ana frekansın n katı değere sahiptir. Ülkemizde temel frekans 50 Hz değerinde olduğu için bu frekans değerinde harmonikler 50 Hz değerinin tam katlarında oluşmaktadır. Şekil 2.8’de sinüzoidal yapılı bir gerilim dalgası ve doğrusal olmayan yükün şebekeden çektiği harmonik içerikli yük akımı örneği gösterilmektedir.



Şekil 2.8. Sinüzoidal gerilim ve harmonik içerikli akım dalga şekli örnekleri

2.5.2. Harmonik standartları

Şebekenin ve sistemdeki diğer yüklerin, harmoniklerin olumsuz etkilerinden mümkün olduğu kadar az zarar görmesini sağlamak ve tüketiciye daha kaliteli enerji verebilmek için harmoniklerin belirli bir seviyenin altında tutulması gerekmektedir. Bu amaçla bazı ülkeler, doğrusal olmayan yüklerin meydana getirdiği harmonik bileşenleri bir yaptırım olarak sınırlandırılmış ve harmonik standartlarını oluşturmuşlardır.

Harmonik standartları, harmonikler için sınırlama getirmektedir. IEEE tarafından 1992 yılında getirilen IEEE 519-1992 nolu standart ve IEC tarafından 1995 yılında IEC 1000-3-2 gibi standartlar, elektrik şirketleri için şebeke bara gerilim bozulumu ve müşteriler için doğrusal olmayan yükler tarafından üretilen harmonik akımları ile ilgili sınırlamaları vurgulamaktadırlar.

IEEE-519 ve VDE-0839'da endüstriyel kullanıcılarla birlikte elektrik üretim ve dağıtımıyla ilgili harmonik standartlar içermektedir. Bu standartlarda, şebeke gücünün bir fonksiyonu olarak akım ve gerilim harmonik bileşenlerinin, temel bileşene oranları verilmiştir. Çeşitli ülkeler tarafından farklı gerilimler için harmoniklerin sınırlanmış değerleri, toplam harmonik bozulumu (THB) olarak verilmiştir.

Tablo 2.6'da, uluslararası ülkelerde izin verilen gerilim harmonik değerlerini içeren veriler sunulmuştur.

Tablo 2.6. Uluslararası harmonik değerleri

Ülke	Gerilim (kV)	THBv (%)
	Genel	
	2,4-69	5
A.B.D.	115≤	1,5
	Özel	
	2,4-69	8
	115≤	1,5
	Tüm Gerilimler (15. harmoniğe kadar)	10
	Dağıtım	
	≤33	5
	İletim	
Avustralya	33,66	3
	110	1,5
	1	5
Finlandiya	3-20	4
	30-45	3
	110	1,5
Fransa	Tüm Gerilimler	1,6
	0.415	5
İngiltere	6,6-11	4
	33-66	3
	132	1,5
	0,43/0,25	4
İsveç	3,3-24	3
	84≥	1

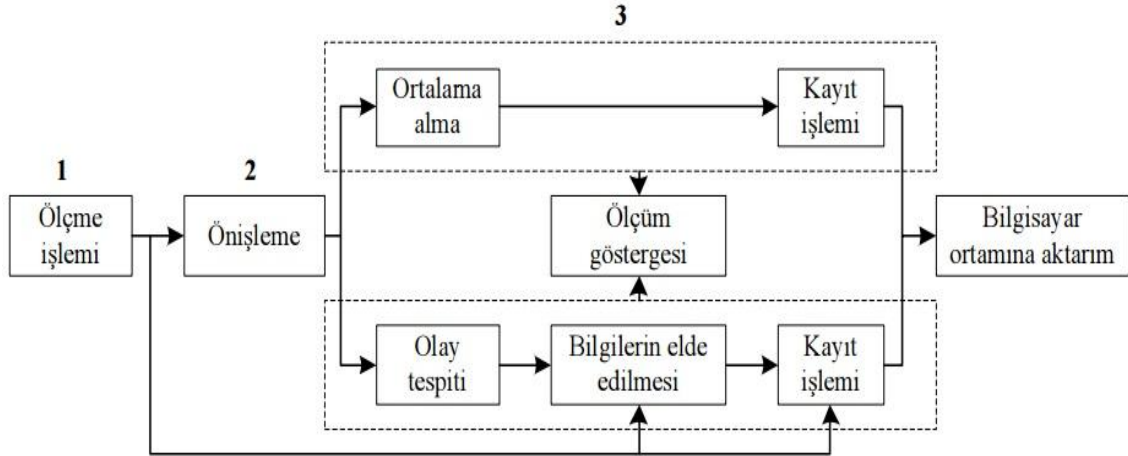
Uluslararası standartlara göre (IEC 61000 -2), gerilim harmonik değeri % 3, akım harmonik değeri % 5 değerinin altında olmalıdır (Gümüşsu, 2007).

Ülkemizde ise TS EN 50160 standartlarına göre 154 kV altı gerilim seviyesinde THB değeri %8'in altında olması gerektiği bilinmektedir.



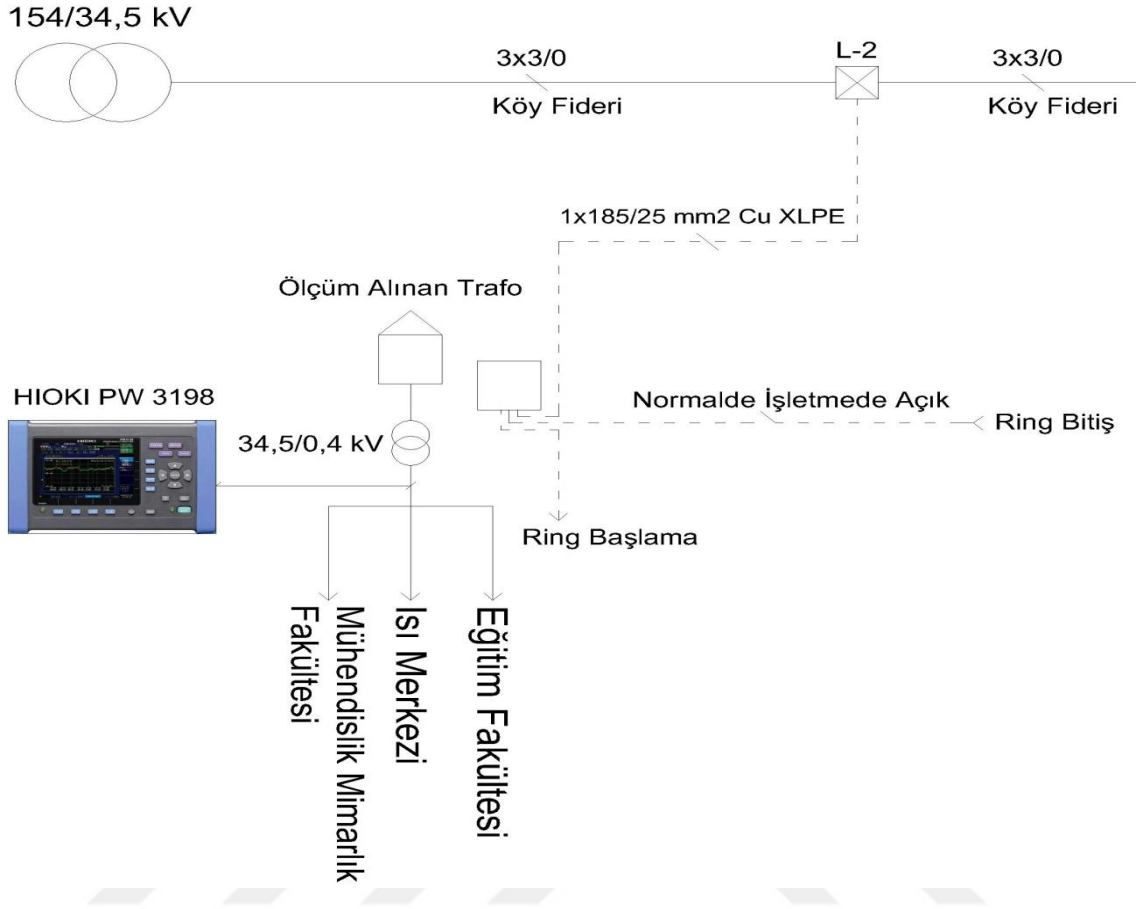
3. GÜÇ KALİTESİ İZLEME SİSTEMİ

Bir güç kalitesi izleme sisteminde, sürekli olarak akım ve gerilim dalga şekilleri ile sistemde meydana gelen güç kalitesi bozulmaları kayıt altına alınmaktadır. Bu işlemleri gerçekleştiren ölçüm cihazına, güç analizörü adı verilmektedir (Radil, 2008). Genel olarak güç kalitesi analizörleri, sistem geriliminin etkin değerindeki değişime göre olayları tespit etmekte ve Fourier dönüşüm yöntemi ile harmonik analizleri yapabilmektedir. Güç kalitesi ölçümlerine ait genel bir yapı, Şekil 3.1'deki gibi gösterilebilir. Bu ölçüm sisteminin yapısında ilk olarak, akım ve gerilim ölçümleri gerçekleştirilir. İkinci aşamada, bu ölçüm verileri sürekli durumdan ayrık duruma getirilerek belirli bir örnekleme frekansında örneklendirilir. Son aşamada ise, bu ayrık akım ve gerilim verilerinde meydana gelen değişimlerin belirli zaman aralıklarına ait ortalama değerleri kayıt altına alınır. Ayrıca, sistemde meydana gelen dalga şekli bozulmaları için gerekli hesaplama ve kayıt işlemleri de gerçekleştirilir. Ölçüm sistemleri, sistem hafızasına kayıt edilen verilerin, bilgisayar ortamına aktarılması özelliğine de sahiptirler. Böylece, bu ölçüm verileri bir merkezde biriktirilir ve gerekli analiz işlemleri, bilgisayar ortamında da gerçekleştirilebilir.



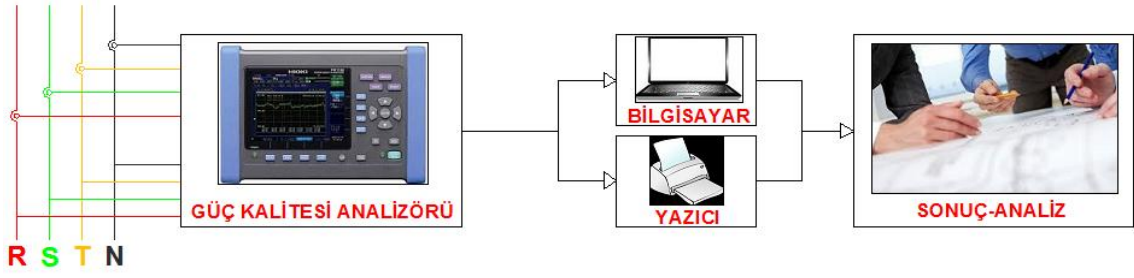
Şekil 3.1. Gerçek zamanlı bir izleme sisteminin genel yapısı (Erişti, 2011)

Çalışma için gerçekleştirilen gerçek zamanlı güç kalitesi izleme sisteminin bağlantı noktası Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Bu izleme sistemindeki güç kalitesi analizörü, Siirt Üniversitesi Kezer Kampüsü'nde bulunan ring dağıtım şebekesindeki transformatörün alçak gerilim çıkışına bağlanmış ve güç sistemi olayları izlenmiştir.



Şekil 3.2. Güç kalitesi izleme sisteminin bağlantı noktası

Şekil 3.3'te ise güç kalitesi izleme sisteminin blok şeması gösterilmektedir. Gerçekleştirilen izleme sisteminin ilk aşamasında, akım ve gerilim verileri öncelikle cihaz hafızasına kaydedilmiştir. Daha sonra ikinci aşamada bu veriler, periyodik olarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Üçüncü aşamada ise bilgisayar ortamında yapılan analizler sonucunda ya da cihaza doğrudan yazıcı ile bağlandığında dağıtım sistemine ait istenilen güç kalitesi olay (event) bilgileri çıkartılarak karar ve öneriler geliştirilmiştir. Yeni nesil analizörler ile güç kalitesi olay (event) bilgileri, istenildiğinde analizör yazıcı bağlantısı ile doğrudan sonuç alınabilmektedir. Ayrıca, ölçüm yapılacak noktada güç kalitesi izleme sistemine ethernet kablosunun bağlı olması durumunda analizörün IP adresi girilerek oluşturduğunuz kontrol merkezinden (ev, işyeri vb.) analizördeki veriler alınabildiği gibi, analizörü durdurma / müdahale etme / tekrar başlatma vb. özellikleri kullanarak uzaktan kontrol etmek mümkündür.

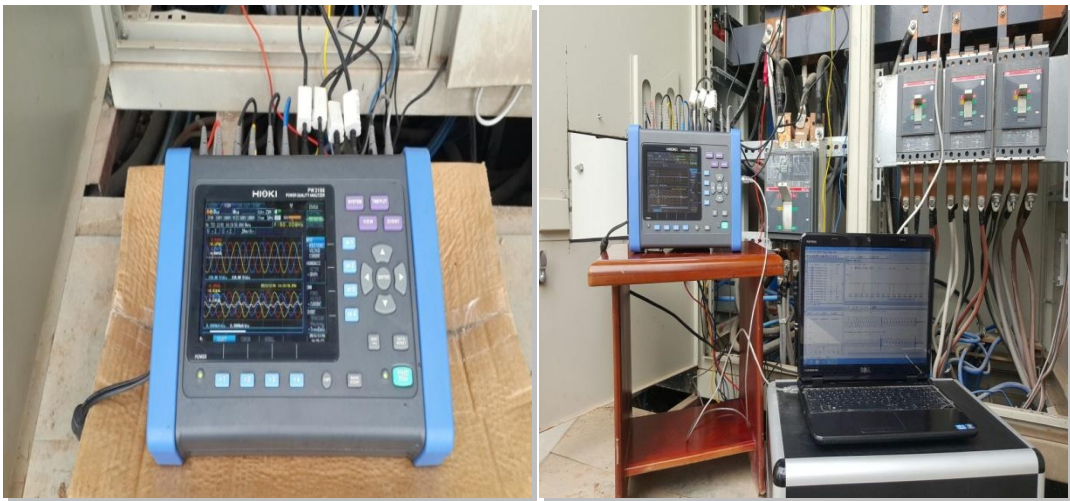


Şekil 3.3. Güç kalitesi izleme sisteminin blok şeması

Yapılan ölçüm işlemiyle sistem büyüklükleri ve sistemde meydana gelen olaylara ait veriler 20 kHz örnekleme frekansı ile kaydedilmiştir. Sisteme ait akım, gerilim, frekans, güç türleri, güç katsayısı gibi büyüklüklerdeki değişimler 10'ar dakikalık süre içerisindeki aldıkları maksimum, minimum ve ortalama değerleri cihazın içindeki 2 GB büyüklükteki hafıza kartına kaydedilmiştir. Cihazın yazılımında akım ve gerilimde meydana gelen dalga şeklindeki bozulmalar, güç sistemi olayı olarak tespit edilmiştir.

Şekil 3.4'te, ölçüm yeri ve sistemi görülmektedir. Ölçüm noktasını belirlerken, Siirt Üniversitesi Kezer yerleşkesinin enerji aldığı noktaya en yakın ve en yüklü trafo merkezi seçilmiştir. Trafo merkezi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Eğitim Fakültesi ve Isı Merkezini beslemektedir.

Güç analizörü kullanılarak, Kasım 2015 ile Ocak 2016 tarihleri arasında sürekli olarak kayıt yapılmış ve güç kalitesi verileri elde edilmiştir.



Şekil 3.4. Güç kalitesi izleme merkezi

Şekil 3.5'te ölçüm noktasının bağlandığı 1600 kVA gücünde transformatörün bilgileri yer almaktadır.



Transformatörün Etiket Değerleri

Marka	: Transtek (ASTOR)
Seri No	: 110666
İmal Yılı	: 2011
Gerilim	: 34,5 / 0,4 kV
Güç	: 1600 kVA
Tipi	: Hermetik (Dâhili)
Empedans (%U _k)	: 5,6
Bağlantı Grubu	: DYN-11
P _{BOŞTA}	: 2,3 kW
P _{YÜKTE}	: 16,8 kW
Isınma	: 60-65 °C

Şekil 3.5. Güç kalitesi izleme merkezinden ölçüm alınan transformatörün bilgileri

3.1. Kullanılan Güç Analizörü

Şekil 3.2'de, bağlantı noktası gösterilen güç kalitesi izleme sisteminde kullanılan analizör 'HIOKI PW3198' Güç Kalite ve Harmonik Analizörü olarak adlandırılmaktadır. Bu analizör ile 8000'e yakın elektriksel güç parametresini ölçüp bu parametrelere limit seviyeler atayarak hızlı ve kolay analiz yapabilmektedir. Ayrıca harmonikleri yönlü olarak ölçebilme özelliği ile ölçülen her bir harmonik bileşenin ayrı ayrı şebekeden yüke doğru veya yükten şebekeye doğru olduğunu teşhis edebilmektedir. AC ve DC ölçüm yapabilme özelliğine sahip olan bu analizör, AC ve DC akım klapları kullanılarak güneş enerjisi sistemlerinde de ölçümler alınabilmektedir. Sahada yüksek harmoniklerin olduğu veya güç faktörünün çok düşük olduğu yerlerde dahi tüm parametreleri hassas ve doğru ölçüm yapma özelliğine sahiptir.

HIOKI PW3198 Güç kalite ve harmonik analizörünün teknik özellikleri, Tablo 3.1.'de gösterilmektedir (Testone, 2013).

Tablo 3.1. HIOKI PW3198 Analizörün teknik özellikleri

Şebeke yapısı	1 faz 2 telli, 1 faz 3 telli, 3 faz 3 telli veya 3 faz 4 telli + 1 ekstra kanal
Gerilim Kademeleri	Gerilim ölçümü: 600 V rms Transient ölçümü: 6.000 V rms
Akım kademeleri	500 mA den 5.000 A e kadar (kullanılan akım klambına bağlı olarak)
Temel Doğruluk	Gerilim: $\pm 0.1\%$ Akım: $\pm 0.2\%$ rdg ± 01 f.s + akım sensörü doğruluğu Aktif güç: $\pm 0.2\%$ $\pm 0.1\%$ f.s + akım sensörü doğruluğu
Ölçüm parametreleri	<ol style="list-style-type: none">1. Transient gerilim : 2 MHz örnekleme2. Frekans dögüsü: 1 dögü olarak hesaplanır, 40-70 Hz3. Voltaj (1/2) RMS: Her yarım periyotta bir dögü hesaplama. Akım (1/2) RMS: Yarım periyot hesaplama.4. Gerilim yükselmesi, Gerilim düşmesi, Gerilim Kesintisi5. Inrush akımı (Demeraj-Kalkış Akımı)6. Gerilim dalgaformu karşılaştırması7. Anlık flicker(kıpraşma) değeri: IEC61000-4-15 e göre8. Frekans: 10 veya 12 periyot olarak hesaplanır, 40 tan 70Hz e9. 10-sn frekans: tanımlanan 10 sn lik periyot boyunca tüm dögü hesabı, 40 tan 70Hz e10. Gerilim dalgaform peak, Akım dalgaform peak11. Gerilim, Akım, Aktif güç, Görünür güç, Reaktif güç, Aktif enerji, Reaktif enerji, Güç faktörü, Displacement güç faktörü(cos fi), Gerilim dengesizlik faktörü, Akım dengesizlik faktörü (negatif-faz, sıfır-faz)12. Yüksek-numaralı harmonik bileşenler(gerilim/ akım): 2kHz- 80kHz13. Harmonik/ Harmonik faz açısı (gerilim/ akım), Harmonik güç: 0 dan 50. Bileşene kadar14. Harmonik gerilim-akım faz açısı: 1. den 50. Bileşene kadar15. Toplam harmonik bozulumu (gerilim/ akım)16. Inter harmonik (gerilim/ akım): 0.5Hz den 49.5Hz e kadar17. K Factor (Çarpım faktörü)18. IEC Flicker, $\Delta V10$ Flicker



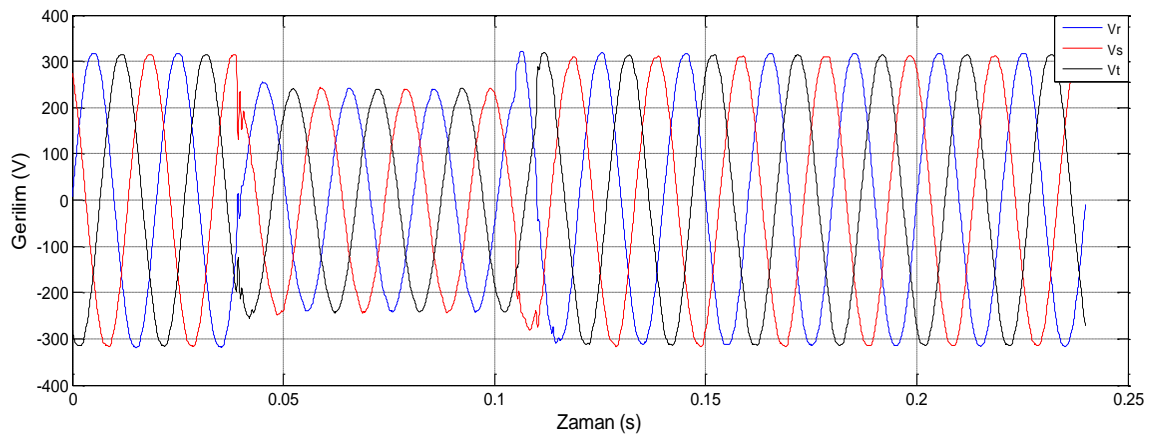
4. ÖLÇÜMLER SONUCUNDA ELDE EDİLEN GÜÇ KALİTESİ OLAYLARI

Bölüm 3'te ifade edilen ekipmanlarla yapılan ölçümler sonucunda farklı zaman ve periyotlarda gerilim çökmesi, sıçraması, kesinti, harmonik ve gerilim kırışması olaylarına rastlanmıştır. Bunların karakteristik özellikleri aşağıdaki alt bölümlerde ayrıntılı olarak incelenmiş ve örnek dalga şekilleri sunulmuştur.

4.1. Ölçüm Noktasındaki Gerilim Çökmesi Olaylarının İncelenmesi

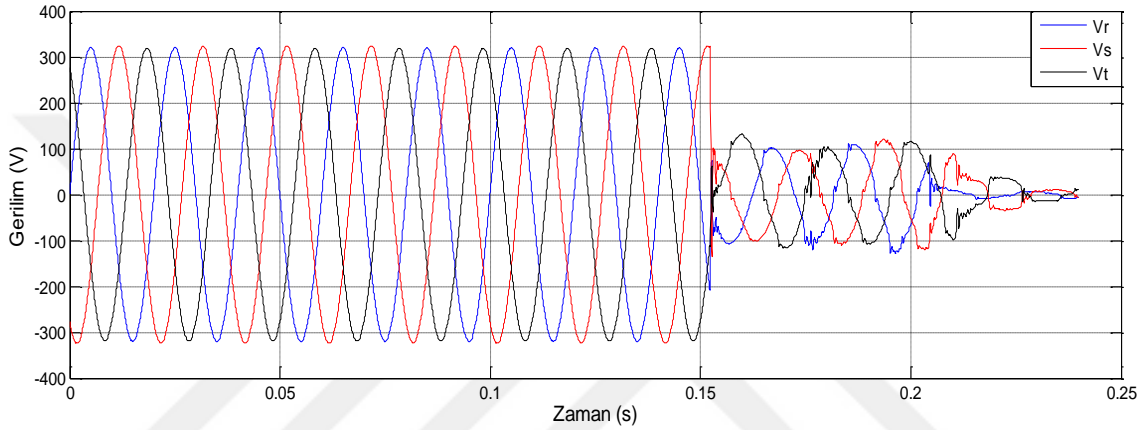
Siirt Üniversitesi Kezer Kampüsü'nde bulunan ölçüm noktasında güç kalitesi olaylarının belirlenmesine ilişkin yapılan ölçümlerde, gerçek zamanlı ölçüm işlemiyle meydana gelen gerilim çökmeleri tespit edilmiştir. Bu ölçümlerde karşılaşılan gerilim çökmelerinden bazı örnek olaylar aşağıda verilmiştir.

Şekil 4.1'de, dalga şekilleri incelendiğinde çökmenin dengeli (simetrik) olduğu görülmektedir. Bu değişim, ölçüm noktasına yakın bir noktada üç faz toprak arızası sonucu meydana gelen gerilim çökmesi olayı olduğu anlaşılmaktadır. Arızanın yaklaşık olarak 60-80 ms devam ettiği anlaşılmaktadır. Arıza noktasında bulunan açma rölesi devreye girip arıza temizleme işlemi tamamlandıktan sonra, ölçüm noktasındaki gerilimin nominal değerine geri döndüğü gözlemlenmektedir. Şekilden de anlaşıldığı gibi üç faz toprak arızasının tipik özelliği, arıza anında gerilimin genliği bakımından tüm fazların yaklaşık olarak aynı çökme karakteristiğini göstermesidir. Bu tür arızalar gerilim çökmesi olaylarından en sık rastladığımız problemlerden biridir.



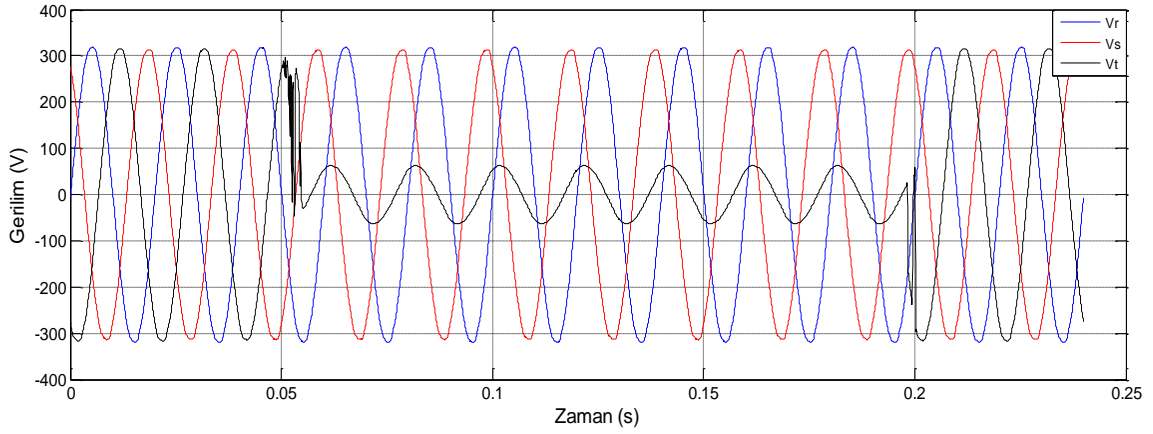
Şekil 4.1. Üç faz-toprak arızası sonucu meydana gelen gerilim çökmesi-1

Şekil 4.2’de, ölçüm noktasında karşılaşılan gerilim çökmesi olaylarının üç faz dalga şekli görülmektedir. Dalga şekilleri incelendiğinde çökmenin dengeli (simetrik) olduğu, Şekil 4.1’den farklı olarak ölçüm noktasının olduğu barada üç faz toprak arızası meydana geldiği gözlemlenmektedir. Arıza yaklaşık olarak 50-60 ms devam ettikten sonra arıza temizleme işlemine geçmeye çalıştığı, ancak arızanın devam etmesi sonucu ölçüm noktasından önce bulunan en yakın açma rölesi devreye girerek gerilim kesintisine neden olmaktadır.



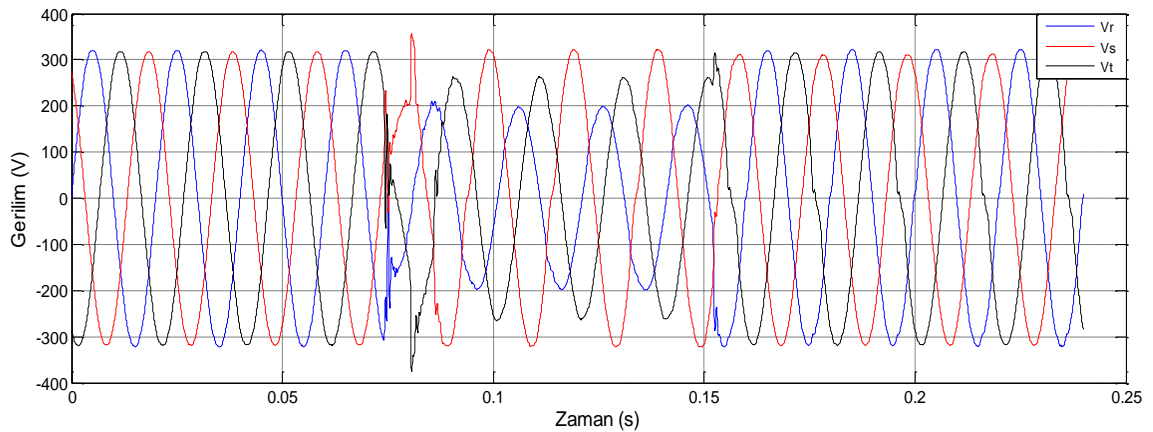
Şekil 4.2. Üç faz-toprak arızası sonucu meydana gelen gerilim çökmesi-2

Simetrik arızaların yanı sıra, tek faz-toprak, iki faz veya iki faz-toprak arızaları gibi asimetrik arızalar da güç sistemlerinde yaygın bir şekilde görülmektedir. Şekil 4.3’te, ölçüm noktasında karşılaşılan gerilim çökmesi olaylarının üç faz dalga şekli görülmektedir. Fazlardan sadece birinin gerilim çökmesine maruz kalması, şebekede ani olarak tek faz-toprak kısa devre arızasının meydana geldiğini göstermektedir. Arızanın meydana geldiği anda yüksek frekanslı salınımlar meydana getirdiği gözlemlenmektedir. Arızanın yaklaşık olarak 140-150 ms devam ettiği anlaşılmaktadır. Arıza noktasında arızaya neden olan olayın sona ermesinde sonra, ölçüm noktasındaki gerilimin nominal değerine geri döndüğü gözlemlenmektedir. Bu tür arızalar sonucunda arızanın olduğu yere (arıza empedansına) bağlı olarak çökmenin şiddeti artmaktadır. Şekilden de görüldüğü üzere, arızalı fazın gerilimi nominal gerilim değerinin yaklaşık %80'sine kadar düştüğü söylenebilir. Bir diğer deyişle, arızanın ölçüm noktasına çok yakın bir yerde olduğu sonucuna varılabilir.



Şekil 4.3. Tek faz toprak arızası sonucu meydana gelen gerilim çökmesi

Şekil 4.4'te ölçüm noktasında karşılaşılan gerilim çökmesi olaylarının üç faz dalga şekli görülmektedir. Dalga şekilleri incelendiğinde, şebekede ani olarak iki faz-toprak kısa devre arızasının meydana geldiği anlaşılmaktadır. Diğer kısa devre arızalarında olduğu gibi, arızanın meydana geldiği anda tüm fazlarda bir kaç ms boyunca yüksek frekanslı salınımlar meydana getirdiği gözlemlenmektedir. Arızanın yaklaşık olarak 70-80 ms devam ettiği anlaşılmaktadır. Arıza noktasında arızaya neden olan olayın sona ermesinde sonra, ölçüm noktasındaki gerilimin nominal değerine geri döndüğü gözlemlenmektedir. Ayrıca gerilim çökmesinin başlangıcında ve bitişinde oluşan faz gerilimindeki genlik artışları, tümüyle bu besleme hattına bağlı endüktif yüklerin etkisiyle oluştuğu anlaşılmaktadır.

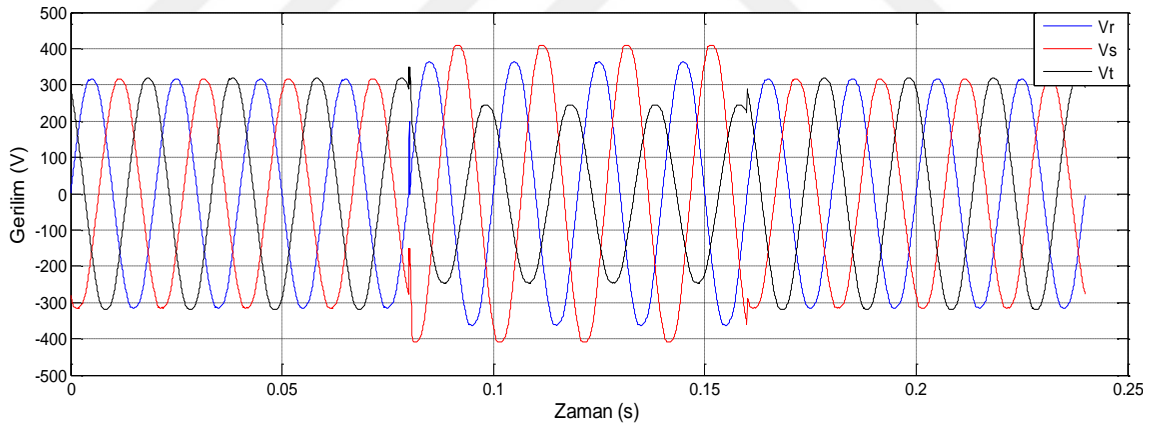


Şekil 4.4. İki faz toprak kısa devre arızası sonucu meydana gelen gerilim çökmesi

4.2. Ölçüm Noktasındaki Gerilim Sıçraması Olaylarının İncelenmesi

Siirt Üniversitesi Kezer Kampüsü'nde bulunan ölçüm noktasında güç kalitesi olaylarının belirlenmesine ilişkin yapılan ölçümlerde, gerçek zamanlı ölçüm işlemiyle seyrek olarak meydana gelen gerilim sıçramaları tespit edilmiştir. Bu ölçümlerde karşılaşılan gerilim sıçramalarından bazı örnek olaylar aşağıda verilmiştir.

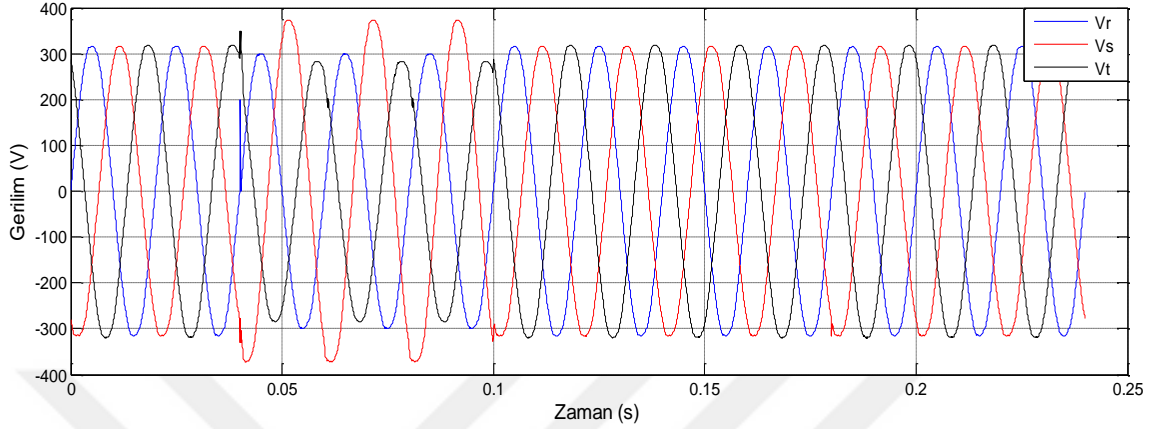
Şekil 4.5'te ölçüm noktasında karşılaşılan gerilim sıçraması olaylarının üç faz dalga şekli görülmektedir. Dalga şekilleri incelendiğinde iki fazda gerilim sıçramaları olduğu, diğer fazda gerilim çökmesi oluşturabildiği gözlemlenmektedir. Arızanın meydana geldiği anda tüm fazlarda bir kaç ms boyunca yüksek frekanslı salınımlar meydana getirdiği gözlemlenmektedir. Arızanın yaklaşık olarak 80-90 ms devam ettiği anlaşılmaktadır. Arızanın ölçüm noktasına yakın bir yerde meydana geldiği, arıza noktasında bulunan açma rölesi devreye girip arıza temizleme işlemi tamamlandıktan sonra, ölçüm noktasındaki gerilimin nominal değerine geri döndüğü gözlemlenmektedir.



Şekil 4.5. Şebekede oluşan iki fazlı gerilim sıçraması

Şekil 4.6'da, ölçüm noktasında karşılaşılan gerilim sıçraması olaylarının üç faz dalga şekli görülmektedir. Dalga şekilleri incelendiğinde bir fazda gerilim sıçramaları olduğu, diğer fazda gerilim çökmesi oluşturabildiği gözlemlenmektedir. Şekil 4.5'teki gibi, arıza anında tüm fazlarda bir kaç ms anlık sinüs dalgasının bozulduğu gözlemlenmektedir. Arızanın yaklaşık olarak 60-70 ms devam ettiği anlaşılmaktadır. Arızanın ölçüm noktasına yakın bir yerde meydana geldiği, arıza noktasında bulunan

açma rölesi devreye girip arıza temizleme işlemi tamamlandıktan sonra, ölçüm noktasındaki gerilimin nominal değerine geri döndüğü gözlemlenmektedir.

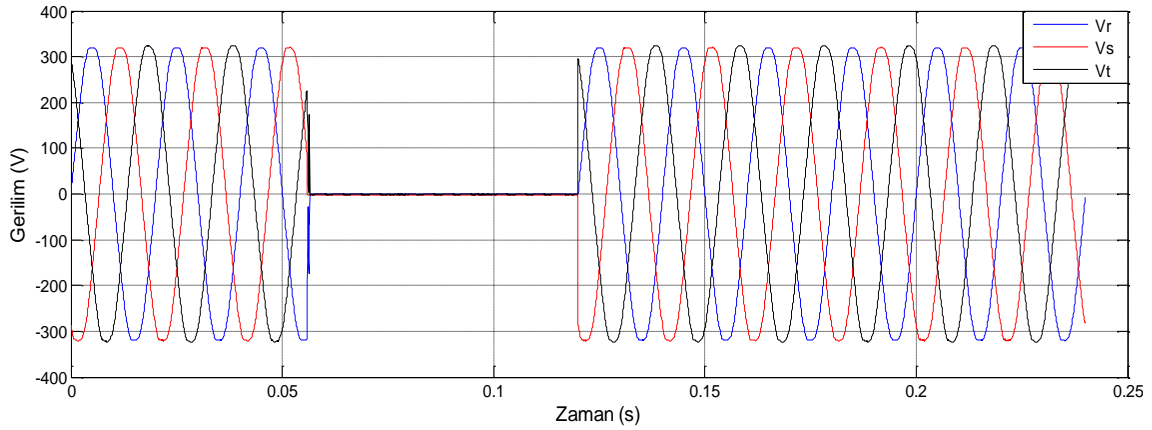


Şekil 4.6. Şebekede oluşan bir fazlı gerilim sıçraması

4.3. Ölçüm Noktasındaki Gerilim Kesintisi Olaylarının İncelenmesi

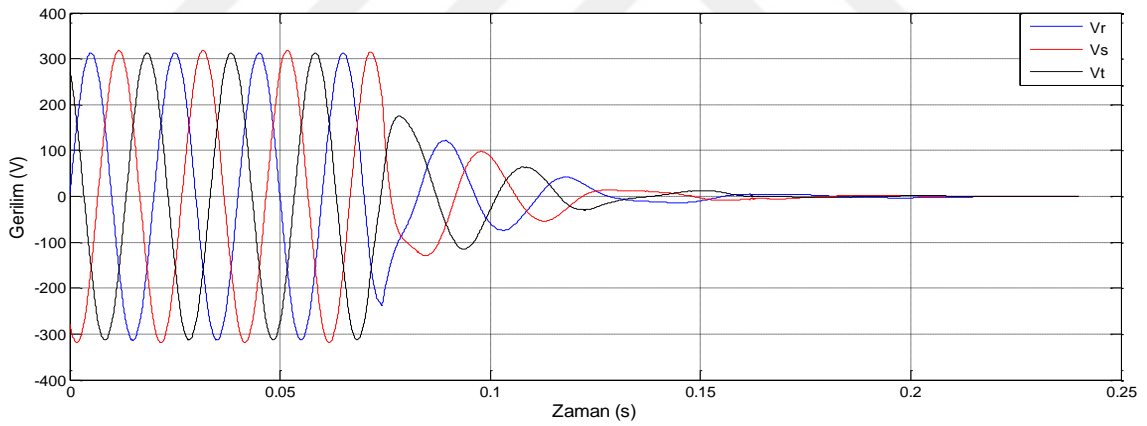
Siirt Üniversitesi Kezer Kampüsü'nde bulunan ölçüm noktasında güç kalitesi olaylarının belirlenmesine ilişkin yapılan ölçümlerde, gerçek zamanlı ölçüm işlemiyle meydana gelen gerilim kesintileri tespit edilmiştir. Bu ölçümlerde karşılaşılan gerilim kesintilerinden bazı örnek olaylar aşağıda verilmiştir.

Şekil 4.7'de, ölçüm noktasında karşılaşılan gerilim kesintisi olaylarının üç faz dalga şekli görülmektedir. Dalga şekilleri incelendiğinde ölçüm noktasına yakın bir yerde şebekeye üç fazlı darbe geldiği, gelen darbe sonucu ölçüm noktasında 60-70 ms ani gerilim kesintisi meydana getirdiği görülmektedir. Darbe sonucu oluşan ani gerilim kesintisi, arıza noktasında bulunan açma rölesi devreye girip arıza temizleme işlemi tamamlandıktan sonra, ölçüm noktasındaki gerilimin nominal değerine geri döndüğü gözlemlenmektedir. Ölçüm noktasında en sık görülen gerilim çökmesi olaylarından biridir. Enterkonnekte sistemde meydana gelen bu olay, diğer tüketicileri de olumsuz etkileyebilmektedir.



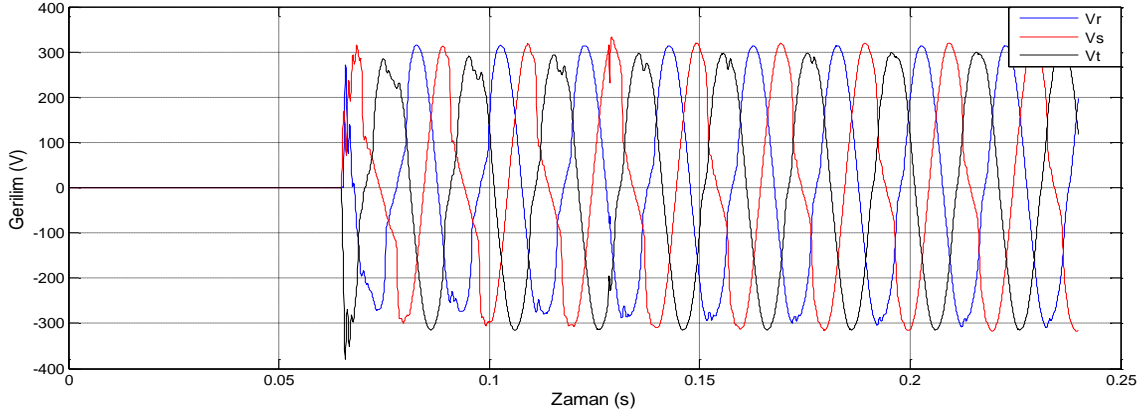
Şekil 4.7. Şebekede oluşan yaklaşık 3 periyot süreli ani gerilim kesintisi

Şekil 4.8'de, ölçüm noktasında karşılaşılan gerilim kesintisi olaylarının üç faz dalga şekli görülmektedir. Dalga şekilleri incelendiğinde ölçüm noktasında, üç fazlı bir yükte meydana gelen arıza sonucu, arıza temizleme işlemi yapılamadığından yaklaşık olarak 5 sn süreli geçici gerilim kesintisi oluştuğu görülmektedir.



Şekil 4.8. Şebekede oluşan geçici gerilim kesintisi

Şekil 4.9'da ise, 5 sn süren geçici gerilim kesintisi sonrasında kapama arıza temizleme işlemi bittikten sonra kapama rölesinin devreye girmesiyle elde edilen üç faz dalga şekli görülmektedir. Dalga şekilleri incelendiğinde arıza noktasında kesintiye sebep olan yükün, harmonik kaynaklı olduğu, enerjilendikten sonra ilk yaklaşık 4 periyot süresince R ve T fazlarında gerilim çökmesi meydana getirdiği ve yaklaşık 1 sn sonra üç faz dalga şeklinin saf sinüzoidal haline döndüğü gözlemlenmektedir.

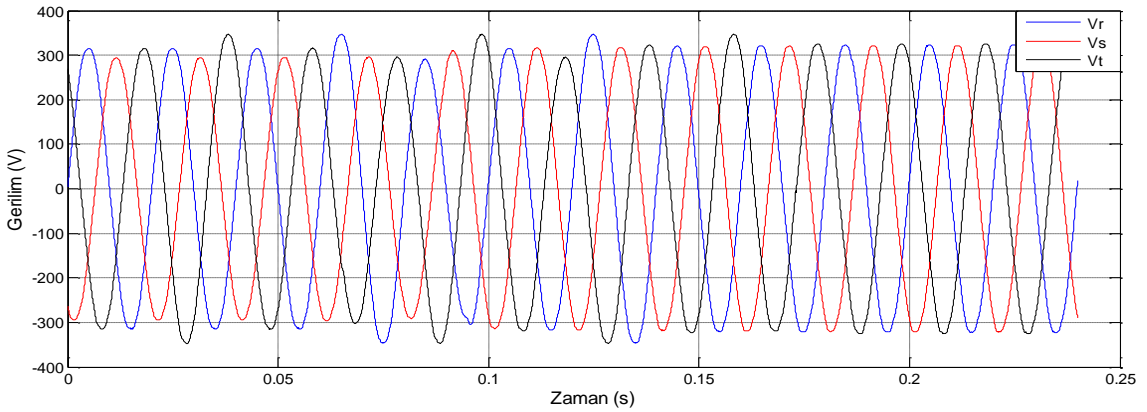


Şekil 4.9. Şebekede oluşan geçici gerilim kesintisinin devamı

4.4. Ölçüm Noktasındaki Gerilim Kırışması Olaylarının İncelenmesi

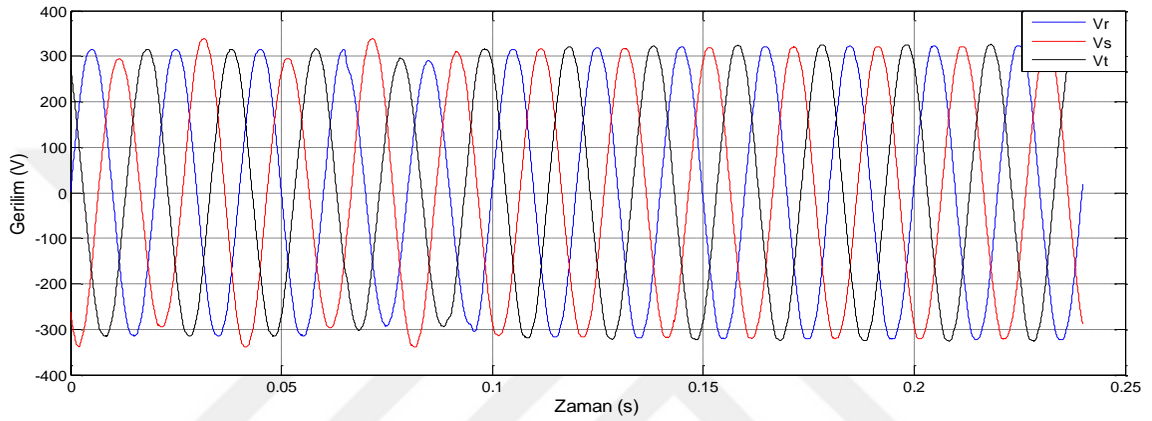
Siirt Üniversitesi Kezer Kampüsü'nde bulunan ölçüm noktasında güç kalitesi olaylarının belirlenmesine ilişkin yapılan ölçümlerde, gerçek zamanlı ölçüm işlemiyle meydana gelen gerilim kırışmaları (flicker) tespit edilmiştir. Bu ölçüm noktasında yapılan ölçümler incelendiğinde, gerilim kırışmaları çok nadir rastlanan güç kalitesi olayı olarak karşımıza çıkmaktadır. Karşılaşılan gerilim kırışmaları olaylarından bazıları aşağıda verilmiştir.

Şekil 4.10'da, ölçüm noktasında karşılaşılan gerilim kırışması olaylarının üç faz dalga şekli görülmektedir. Dalga şekilleri incelendiğinde ölçüm noktasında, yük akımında hızlı değişiklik sonucu iki fazda farklı periyotlarda gerilim kırışması meydana gelmektedir. Yaklaşık olarak 140-150 ms süren gerilim kırışması, yük akımının normale dönmesiyle gerilim de normale dönmektedir.



Şekil 4.10. Şebekede oluşan iki fazlı gerilim kırışması

Şekil 4.11'da, ölçüm noktasında karşılaşılan gerilim kırışması olaylarının üç faz dalga şekli görülmektedir. Dalga şekilleri incelendiğinde ölçüm noktasında, V_s fazın yük akımındaki hızlı değişiklik sonucu gerilim kırışması meydana gelmektedir. Ayrıca V_r ve V_t fazları 4. periyotta gerilim kırışmasından etkilenerek, gerilimin genliği düşmektedir. Yaklaşık olarak 110-120 ms süren gerilim kırışması, yük akımının normale dönmesiyle gerilim de normale dönmektedir.

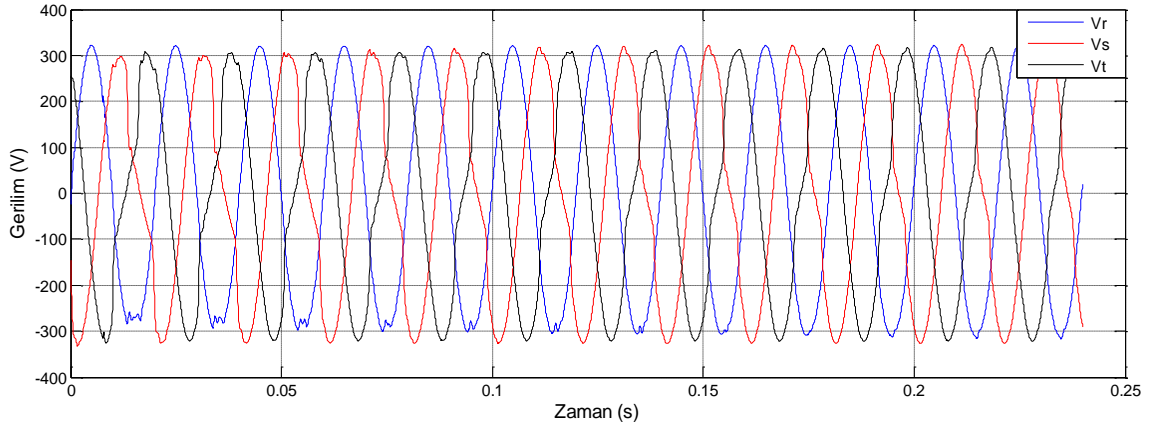


Şekil 4.11. Şebekede oluşan bir fazlı gerilim kırışması

4.5. Ölçüm Noktasındaki Harmonik Olaylarının İncelenmesi

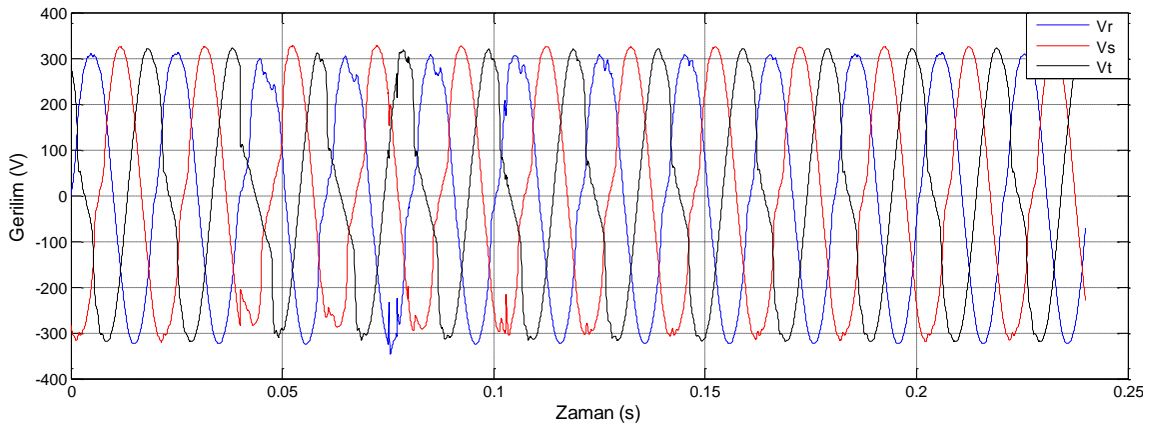
Siirt Üniversitesi Kezer Kampüsü'nde bulunan ölçüm noktasında güç kalitesi olaylarının belirlenmesine ilişkin yapılan ölçümlerde, gerçek zamanlı ölçüm işlemiyle meydana gelen harmonikler tespit edilmiştir. Bu ölçümlerde karşılaşılan harmoniklerden bazı örnek olaylar aşağıda verilmiştir.

Şekil 4.12'de ölçüm noktasında karşılaşılan harmonik olaylarının üç faz dalga şekli görülmektedir. Dalga şekilleri incelendiğinde V_s ve V_t fazı, ölçüm noktasına yakın bir noktada çekilen doğrusal olmayan yüklerden dolayı yük akımında oluşan değişiklik sonucu harmonik meydana gelmektedir. V_s ve V_t fazında oluşan harmonik sonucu gerilim genliğinde bozulmalar meydana geldiği, V_r fazında düşük frekanslı salınım meydana getirdiği gözlemlenmektedir. Yaklaşık olarak 140-150 ms süren harmonik, yük akımının normale dönmesiyle gerilim de normale dönmektedir.



Şekil 4.12. Şebekede oluşan iki fazlı harmonik

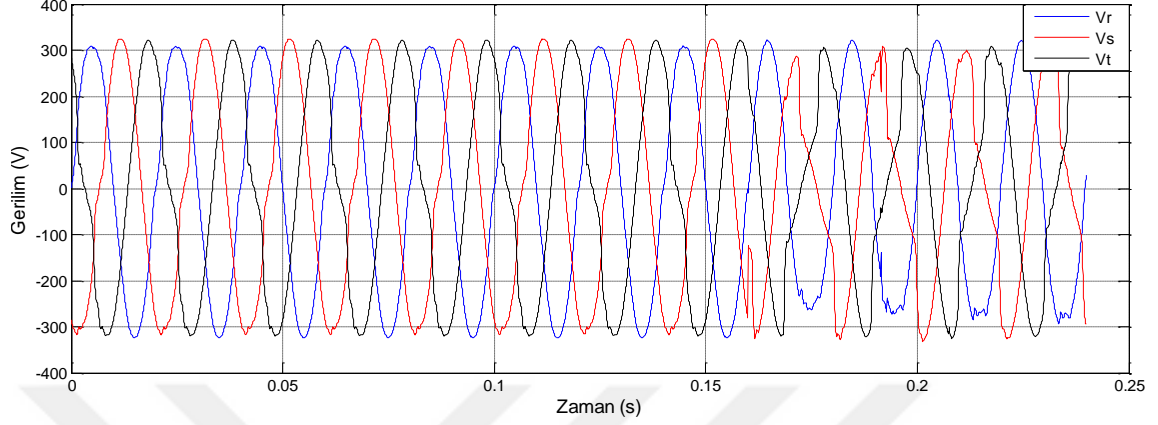
Şekil 4.13'te ölçüm noktasında karşılaşılan harmonik olaylarının üç faz dalga şekli görülmektedir. Dalga şekilleri incelendiğinde 3 fazın, ölçüm noktasına yakın bir noktada çekilen doğrusal olmayan yüklerden dolayı harmonik meydana gelmektedir. 2.-5. Periyotlar arasında harmonik etkinin, gerilim genliklerinde düşük frekanslı salınımlar meydana getirdiği gözlemlenmektedir. Yaklaşık olarak 0,5 s süren harmonik, yük akımının normale dönmesiyle gerilim de normale dönmektedir.



Şekil 4.13. Şebekede oluşan üç fazlı harmonik -1

Şekil 4.14'te ölçüm noktasında karşılaşılan harmonik olaylarının üç faz dalga şekli görülmektedir. Dalga şekilleri incelendiğinde, ölçüm noktasına yakın bir noktada çekilen doğrusal olmayan yüklerden dolayı yük akımında sonucu harmonik meydana gelmektedir. 8.-12. Periyotlar arasında harmonik etkinin, gerilim genliklerinde düşük frekanslı salınımlar meydana getirdiği gözlemlenmektedir. Ayrıca üç fazda oluşan harmonikler, Vs ve Vt fazlarının kesiştikleri noktada Vr fazında gerilim çökmesine

neden olmaktadır. Yaklaşık olarak 1,5-2 s süren harmonik, yük akımının normale dönmesiyle gerilim de normale dönmektedir.



Şekil 4.14. Şebekede oluşan üç fazlı harmonik -2

Ölçüm noktasında akım ve gerilimin THB değerleri kayıt altına alınırken on dakikalık süreler baz alınmaktadır. Tablo 4.1’de ise, 16 Kasım-17 Kasım 2015 tarihleri arasında ölçüm noktasında akım ve gerilimin ortalama toplam harmonik bozulumu 24 saat zaman aralığı için her saat başı incelenmektedir. Gerilimin THB değerinin, TS EN 50160 ve IEC 61000 standartlarında müsaade edilen değerde olduğu tespit edilmektedir. Fakat çekilen akımların her bir faz için THB değerlerine bakıldığında, IEC 61000 standartlarının üzerinde olduğu görülmektedir. Bu tespitlerden de anlaşıldığı gibi, sonbahar aylarında olduğundan dolayı ısı merkezinin devreye girmediği ve transformatorün tam yükte çalışmadığından, ölçüm noktası üzerinde bulunan doğrusal olmayan yüklerin harmonik etkilerinin, akım ve gerilim harmonikleri oluşturduğu düşünülebilir. Oluşan akım harmonikleri ise akım genliklerinde özellikle T fazında düşük frekanslı salınımlar meydana getirdiği gözlemlenmektedir.

Tablo 4.1. 16.11.2015-17.11.2015 tarihler arası 24 saat THB değerleri

Tarih	Saat	Ort U thd R	Ort U thd S	Ort U thd T	Ort I thd R	Ort I thd S	Ort I thd T
16.11.2015	17:00	0,75	0,73	0,92	12,26	9,14	21,92
16.11.2015	18:00	0,78	0,73	0,92	12,72	9,61	21,48
16.11.2015	19:00	1,27	1,31	1,49	12,70	10,50	21,96
16.11.2015	20:00	1,78	1,80	1,94	14,01	12,25	21,82
16.11.2015	21:00	1,74	1,68	1,82	11,78	20,55	23,20
16.11.2015	22:00	1,68	1,62	1,72	7,60	17,88	20,74
16.11.2015	23:00	1,42	1,15	1,41	10,98	13,00	16,01
17.11.2015	00:00	1,43	1,15	1,41	11,60	13,12	16,87
17.11.2015	01:00	1,14	1,02	1,20	10,64	15,77	14,88
17.11.2015	02:00	1,15	1,00	1,20	10,86	15,50	16,65
17.11.2015	03:00	0,77	0,65	0,92	15,10	11,93	22,96
17.11.2015	04:00	0,79	0,67	0,92	15,59	11,57	22,85
17.11.2015	05:00	1,33	1,14	1,41	15,74	12,41	22,84
17.11.2015	06:00	1,68	1,54	2,09	21,30	15,91	32,20
17.11.2015	07:00	1,46	1,19	1,49	19,59	23,26	32,86
17.11.2015	08:00	1,39	1,29	1,41	14,90	15,32	24,17
17.11.2015	09:00	1,27	1,16	1,20	11,94	11,96	12,93
17.11.2015	10:00	1,77	1,70	2,17	17,49	13,42	20,36
17.11.2015	11:00	1,87	1,81	2,39	19,64	11,84	23,47
17.11.2015	12:00	1,86	1,88	2,40	19,28	15,32	22,37
17.11.2015	13:00	1,85	1,85	2,39	17,44	14,44	23,79
17.11.2015	14:00	1,87	1,85	2,42	17,92	14,98	26,11
17.11.2015	15:00	1,87	1,84	2,43	19,78	15,06	28,56
17.11.2015	16:00	1,90	1,82	2,26	14,76	12,37	19,67

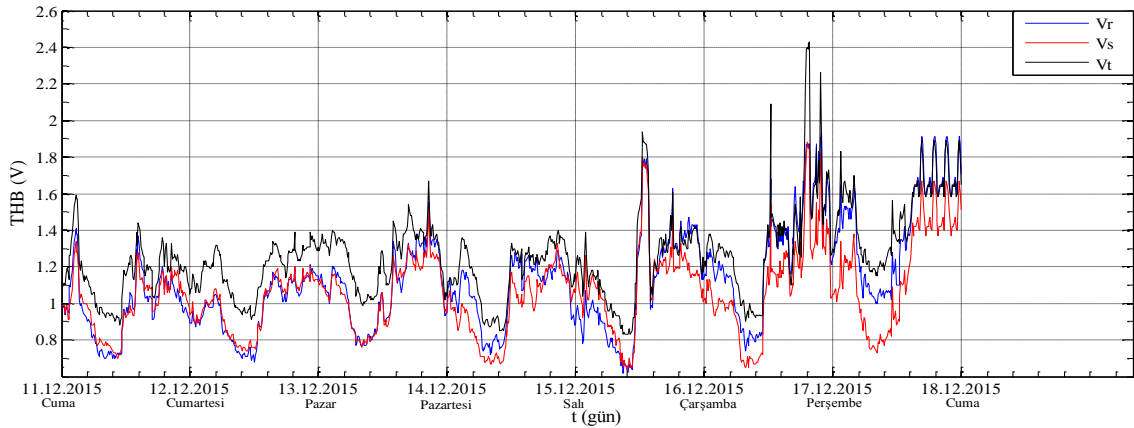
Tablo 4.2’de ise, 4 Aralık 2015 tarihinde ölçüm noktasında akım ve gerilimin ortalama toplam harmonik bozulumu 13:00-16:00 saat zaman aralığı için on dakikalık süreler incelenmektedir. TS EN 50160 standartlarına göre R fazının Gerilim THB değeri, saat 15:40’ta müsaade edilen değer üzerinde olduğu tespit edilmektedir. IEC 61000 standartlarına göre, saat 15:40,15:50 zaman aralığında R,S,T fazları ve saat 15:30,16:00 zaman aralığında R,T fazları müsaade edilen değer üzerinde olduğu tespit edilmektedir. Çekilen akımların her bir faz için THB değerlerine bakıldığında, IEC 61000 standartlarının üzerinde olduğu görülmektedir.

Bu tespitlerden de anlaşıldığı gibi kış aylarının başlarında olduğundan, dolayı ısı merkezinin devreye girdiği ve transformatörün tam yükte çalıştığı düşünülebilir. Ölçüm noktası üzerinde bulunan doğrusal olmayan yüklerin hafta mesaisinin son günü olması hasebiyle harmonik etkilerinin akım ve gerilim harmonikleri oluşturduğu, oluşan akım ve gerilim harmonikleri ise genliklerinde düşük frekanslı salınımlar meydana getirdiği gözlemlenmektedir.

Tablo 4.2. 4.12.2015 Tarihli (cuma günü) saat 13:00-16:00 arası THB değerleri

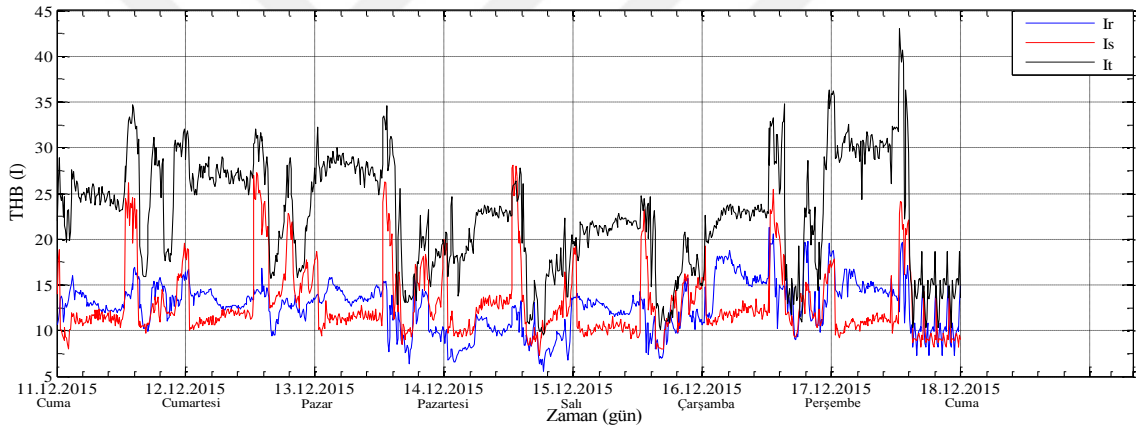
Tarih	Saat	Ort U thd R	Ort U thd S	Ort U thd T	Ort I thd R	Ort I thd S	Ort I thd T
4.12.2015	13:50:00	1,69	1,35	1,63	14,21	14,75	22,25
4.12.2015	14:00:00	1,75	1,47	1,81	13,66	15,44	23,05
4.12.2015	14:10:00	1,82	1,40	1,74	14,89	14,60	22,28
4.12.2015	14:20:00	2,18	1,79	2,07	13,51	14,26	22,86
4.12.2015	14:30:00	2,18	1,75	1,99	17,28	15,86	30,17
4.12.2015	14:40:00	1,76	1,39	1,70	17,69	15,51	21,71
4.12.2015	14:50:00	1,83	1,48	1,78	14,05	13,36	21,38
4.12.2015	15:00:00	2,02	1,74	1,93	14,34	13,90	21,57
4.12.2015	15:10:00	2,41	2,35	2,23	12,96	13,77	20,10
4.12.2015	15:20:00	2,67	2,41	2,47	13,21	13,02	21,53
4.12.2015	15:30:00	3,98	2,63	3,62	13,69	12,69	23,86
4.12.2015	15:40:00	10,78	6,42	7,70	43,92	16,88	41,50
4.12.2015	15:50:00	7,83	6,64	6,35	27,94	21,30	28,52
4.12.2015	16:00:00	3,35	2,31	3,18	14,12	14,03	24,45

Şekil 4.15'te, 11.12.2015-18.12.2015 tarihleri arasında ölçüm noktasında gerilim değerinin ortalama toplam harmonik bozulumu bir haftalık zaman aralığı için gösterilmektedir. Gerilimin harmonik değer değişiklikleri incelendiğinde, üç fazın gerilim harmonik değer değişimleri, benzerlik göstermektedir. Bu durumun üç fazlı doğrusal olmayan yüklerin çektiği akımın, harmonik oluşturmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. 11.12.2015 tarihli cuma günü gece yarısı başlayan ölçüm değeri ile 18.12.2015 tarihli perşembe günü gece yarısı biten ölçüm değerlerinin aynı olmadığı gözlemlenmektedir. 11.12.2015-15.12.2015 tarihleri arasında, THB_V değişimleri günün belirli saatlerinde yaklaşık olarak aynı tepkiyi gösterdiği, Salı-Cuma günleri arasında THB_V değeri gerilim genliklerinde düşük frekanslı salınımları meydana getirdiği gözlemlenmektedir.



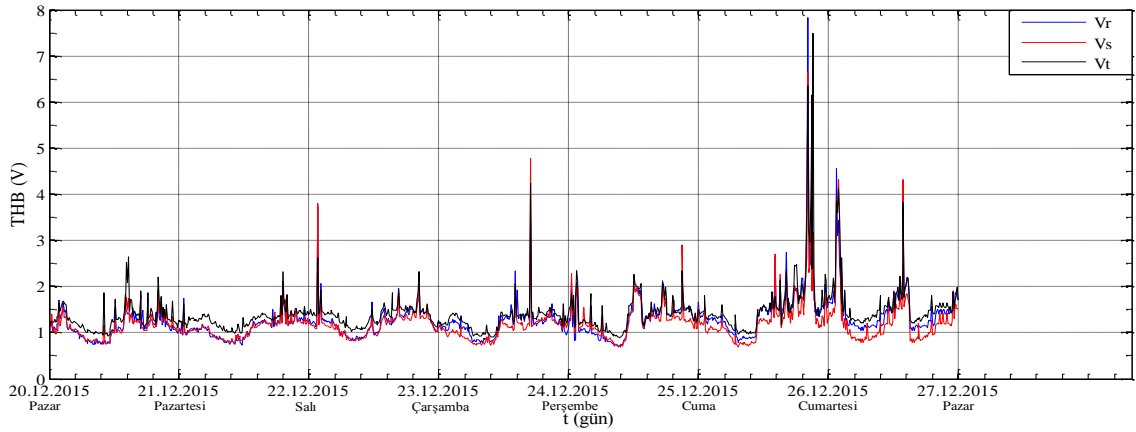
Şekil 4.15. 11.12.2015-18.12.2015 tarihler arası bir haftalık THB_V

Şekil 4.16'da, 11.12.2015-18.12.2015 tarihleri arasında ölçüm noktasında akım değerinin ortalama toplam harmonik bozulumu bir haftalık zaman aralığı için incelenmiştir. Akımın harmonik değer değişiklikleri incelendiğinde, T fazından çekilen akımın harmonik değeri, diğer fazların çektiği akımın harmonik değerlerinden çok daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun bilgisayar, yazıcı, flüoresan lamba, güç kaynağı gibi tek fazlı doğrusal olmayan yüklerin çektiği akımın harmonik oluşturmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Günlük değişimler incelendiğinde ise, aynı saatlerde farklı değerlerde olmasına rağmen benzer değişimler gösterebilmektedir. Haftanın en yüksek harmonik akımlarının çektiği gün ise, çarşamba akşam başlayan ve perşembe mesai bitimine kadar devam ettiği, perşembe günü mesai bitiminden sonra harmonik akımın çektiği değerlerinin düştüğü gözlemlenmiştir.



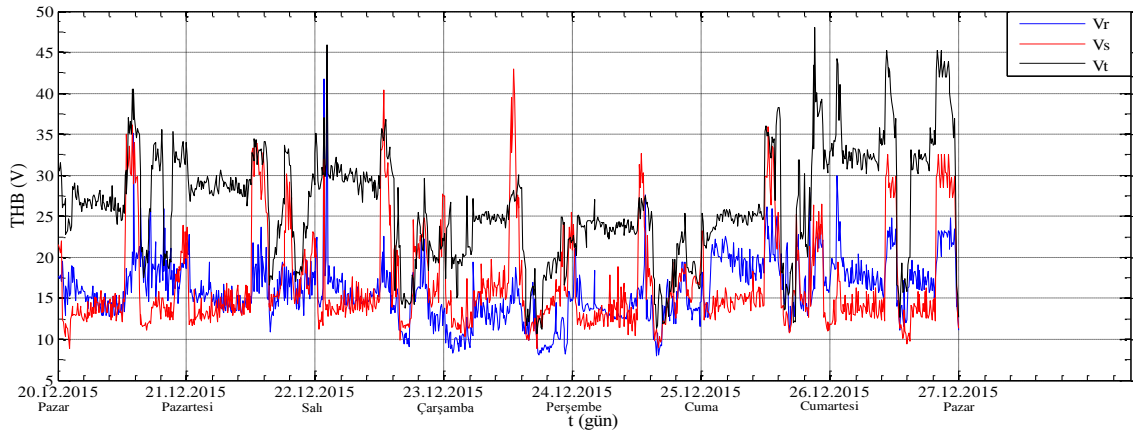
Şekil 4.16. 11.12.2015-18.12.2015 tarihleri arası bir haftalık THB_I

Şekil 4.17'de, 20.12.2015-27.12.2015 tarihleri arasında ölçüm noktasında gerilim değerinin ortalama toplam harmonik bozulumu bir haftalık zaman aralığı için incelenmiştir. Gerilimin harmonik değer değişiklikleri incelendiğinde, Şekil 4.15'ten farklı olarak Pazar günü gece başlayan ölçüm değeri ile Cumartesi günü gece biten ölçüm değerlerinin yaklaşık olarak birbirlerine yakın olduğu gözlemlenmiştir. 20.12.2015-25.12.2015 tarihleri arasında THB_V değer değişimlerinin yaklaşık olarak aynı saatlerde olduğu gözlemlenmiştir. Cuma günü mesai saatinden sonra başlayan arasında harmonik bozulumun yükseldiği, THB_V değerinin %8'e çok yaklaştığı, oluşan gerilim genliklerinde düşük frekanslı salınımlar meydana getirdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 4.17. 20.12.2015-27.12.2015 tarihler arası bir haftalık THB_V

Şekil 4.18'de, 20.12.2015-27.12.2015 tarihleri arasında ölçüm noktasında akım değerinin ortalama toplam harmonik bozulumu bir haftalık zaman aralığı için incelenmiştir. Akımın harmonik değer değişiklikleri incelendiğinde, Şekil 4.16'daki gibi, T fazından çekilen akımın harmonik değeri, diğer fazların çektiği akımın harmonik değerlerinden çok daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun bilgisayar, yazıcı, flüoresan lamba, güç kaynağı gibi tek fazlı doğrusal olmayan yüklerin çektiği akımın harmonik oluşturmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Günlük değişimler incelendiğinde ise, aynı saatlerde farklı değerlerde olmasına rağmen benzer değişimler gösterebilmiştir. Yılın son haftası ve sınav haftası olduğu düşünüldüğünde, tüm fazlarda akım harmoniklerin etkisi gözlemlenmiştir. Haftanın en yüksek çekilen harmonik akımları ise, çarşamba akşam başlayan ve perşembe mesai bitimine kadar devam etmiştir.



Şekil 4.18. 20.12.2015-27.12.2015 tarihler arası bir haftalık THB_I

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, gerçek zamanlı bir ölçüm sistemi kullanılarak bir dağıtım güç sistemlerindeki güç kalitesi olayları izlenmiş ve yorumlanmıştır. Yapılan izleme ve yorumlama işlemleri için Siirt Üniversitesi Kezer Kampüsü'nde bulunan ring dağıtım şebekesindeki transformatörün çıkışına bir güç kalitesi analizörü kurulmuştur. Bu güç kalitesi analizörü ile dağıtım merkezine ait akım, gerilim, güç ve frekans büyüklüklerine ilişkin ölçümler gerçekleştirilerek, izleme merkezinde meydana gelen güç sistemi olaylarından gerilim çökmesi, gerilim sıçraması, gerilim kesintisi, gerilim kırışması ve harmonik olayları tespit edilmiş ve yapılan incelemelerle meydana gelen bu olayların sebepleri üzerine çeşitli araştırmalar yapılmıştır.

Elde edilen ölçümler sonucunda, günde yaklaşık olarak 50 güç sistemi olayı meydana geldiği ve bu olayların içinde günde yaklaşık olarak; 13 gerilim çökmesi, 1 gerilim sıçraması, 7 gerilim kesintisi, 1 gerilim kırışması ve 28 harmonik olaylarının olduğu gözlemlenmiştir. Bir ay gibi kısa sürede bu kadar sık olay olmasının temel sebebi, ölçümlerin kış mevsiminin başlangıcında yapılmasındandır. Dağıtım hatlarında bu denli fazla arızaların meydana gelmesi, muhtemelen bu ayda havanın bulut iyonizasyonunun fazla olması ve yıldırım düşmelerinin sık yaşanmasındandır. Özellikle kış aylarında, havai hatların, rüzgâr, kar ve buz yükü gibi doğal olaylara maruz kalmaları nedeniyle yer altı şebekelerine göre daha fazla arıza meydana gelmektedir.

Meydana gelen gerilim çökmeleri; Ölçümler sonucunda elde edilen verilere göre, 0.4 kV' luk barada meydana gelen gerilim çökmeleri, 34.5 kV veya 154 kV' luk iletim hattında oluşan bir arıza ya da ani olarak çok yüksek güçlü bir yükün devreye girmesi nedeniyle olduğu anlaşılmaktadır. Bu tür yansımaların kaynağı, dağıtım şirketinde kullanılan rölelerin çoğunun elektronik röle olmaması ve rölelerin farklı firma ürünü röleler olmasıdır. Bunun sonucunda röle koordinasyonu istenilen şekilde yapılamamakta ve bu nedenle arızalar kısa sürede temizlenemeyip diğer dağıtım bölgelerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu tür manevralar sonucunda meydana gelen gerilim çökmelerini azaltmak için, 154 kV dışında dağıtım sisteminde meydana gelebilecek aşırı akımların akmasına ve gerilim çökmelerine neden olabilecek arızaların, hassas elektronik koruma röleleri kullanılarak ve ileri derecede röle koordinasyonları yapılmalıdır. Doğal sebeplerin dışında, güç sisteminde gerçekleşen manevralar da gerilim çökmelerinin temel sebepleri arasındadır.

Ölçüm noktasında oluşan gerilim çökmelerini azaltmak için, mümkün olduğu ölçüde havai hat yerine yer altı şebekesi tesis edilmeli ve güç kalitesini bozan cihazların sayısı azaltılmalıdır.

Meydana gelen gerilim sıçramaları incelendiğinde, çoğunlukla yükün azaldığı sabah saatlerinde yük azlığı nedeniyle meydana geldiği görülmüştür. Bu aşırı gerilim, yüklerin, işyerlerinin açılması ve mesainin başlaması ile birlikte devreye girmesiyle son bulmaktadır. Meydana gelen bu uzun süreli aşırı gerilimler, aşırı ısınmadan dolayı cihaz arızalarına sebep olmaktadır. Bu tür arızaları gidermek için, bir dağıtım şebekesinde iletkenlerin hava hattı yerine yeraltına alınması, kullanılan cihazlar için koruyucu donanımların kurulması vb. önlemler alınabilir.

Meydana gelen gerilim kesintileri incelendiğinde, yapılan ölçümlerin sonbahar ve kış aylarında olmasından kaynaklı yağmur ve kar yağışının yoğun olması dolayısı ile buz yükü ve benzeri sebeplerle dağıtım hatlarında arızaların meydana gelmesi ile arızalar oluşmaktadır. Bir dağıtım şebekesi gerçek zamanlı izleme sistemiyle incelendiğinde, gerilim kesintilerinin yüklerde oluşan harmonikler, gerilim çökmeleri, gerilim sıçramaları, gerilim kırışması vb. güç kalitesi bozucuları tarafından oluştuğu anlaşılmaktadır. Bu sebeple güç kalitesi problemlerinin ortadan kaldırılmasıyla gerilim kesintilerinin de büyük oranda ortadan kalkacağı düşünülebilir.

Meydana gelen gerilim kırışmaları incelendiğinde, ölçüm yapılan noktada gerilim kırışmasına nadir rastlandığı görülmektedir. Tespit edilen kırışmalara ilişkin örneklerden de anlaşıldığı üzere, en fazla 10 periyot süre boyunca devam eden gerilim kırışmaları, şebekedeki ani değişim bittikten sonra normale dönmektedir. Aydınlatma cihazlarıyla bile fark edilen gerilim kırışmalarını önlemek için kullanılan gerilim kırışması üretmeyen cihazların kullanılması, gerilim kırışması üreten cihazlara koruyucu donanımların kurulması vb. önlemler alınabilir.

Meydana gelen harmonikler; Tespitler sonucunda dağıtım sisteminde ölçüm noktasına yakın bir noktada çekilen doğrusal olmayan yüklerden dolayı harmonikler gözlemlenmiştir. Tek fazda harmonik sonucu gerilim genliklerinde bozulmalar meydana geldiğinde, diğer fazları da etkileyebildiği görülmüştür. Ayrıca iki fazda harmonik sonucu gerilim genliklerinde bozulmalar meydana geldiğinde, diğer fazda düşük frekanslı salınım meydana getirdiği gözlemlenmiştir. Ölçüm noktasında oluşan harmonik üreten, bilgisayar, UPS cihazları, şarj cihazları, aydınlatma balastları, motor

hız sürücüleri vb. doğrusal olmayan yüklerin olduğu düşünüldüğünde, gerilim harmoniklerinin genliklerinin genel olarak TS EN 61000 standartlarının altında olması normal karşılanmaktadır. Fakat, akım ve gerilim harmonik genliklerinin genel olarak IEC 61000 standartlarının altında olduğu görülmüştür.

IEC 61000 Standartlarına ulaşabilmek için;

- Kaynak odaklı temel harmonik filtre tasarımı yapılabilir
- Siirt Üniversitesi Kezer yerleşkesi, 3x3/0 Pigeon iletkenli hava hatlı köy fiderinden beslendiğinden dolayı, hava hattında oluşabilecek muhtemel bir güç kalitesi bozulmasından etkilenmemesi için Siirt il merkezinde bulunan indirici trafo merkezinden (154/34,5kV) bir yeraltı fider hattı çekilebilir.
- Ölçüm noktasındaki R,S,T fazların THB_I ve THB_V değerleri yüksek çıktığından dolayı, üç faz için ayrı ayrı harmonik filtre tasarlanabilir.

Yukarıda sıralanmış olan önerilerin gerçekleştirilmesiyle IEC standartlarında kaliteli bir enerji temin etmek mümkün olabilir.



6. KAYNAKLAR

- Abubakar, S., 2015. Demir çelik endüstrisinde güç kalitesi ve harmonik analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Yaşar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı*, İzmir.
- Akyel, A., 2011. Elektrik enerji sistemlerinde güç kalitesinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul.
- Altun, M., 2010. Yenilenebilir enerji üretiminde güç kalitesinin analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı*, İstanbul.
- Anonim, 2005. TS EN 61000-2-2 , TSE, Ankara.
- Anonim, 2006. Elektrik Piyasasında Dağıtım Sisteminde Sunulan Elektrik Enerjisinin Tedarik Sürekliliği, Ticari ve Teknik Kalitesi Hakkında Yönetmelik, 26287.
- Anwar, H. K., 2009. Gerilim beslemeli ve akım beslemeli üç fazlı şönt aktif güç filtresinin karşılaştırması ve simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Anonymous, IEEE Std. 1159, 1995, IEEE Recommend Practice for Monitoring Electric Power Quality.
- Anonymous, The IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronics Terms, 1996, 6. Baskı, IEEE Press, IEEE Std. 100.
- Apay, F., 2009. Güç kalitesi parametrelerinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul.
- Arrillaga, J., Watson, N. R., 2003. Power System Harmonics Second Edition, *Wiley Press*, West Sussex, England.
- Bollen, M. H. J., 2000. Understanding Power Quality Problems, *IEEE Press /Wiley Interscience*, Hoboken, USA.
- Bollen, M. H. J., 2006. Signal Processing Of Power Quality Disturbances, *IEEE Press /Wiley Interscience*, Hoboken, USA.
- Caner, F., 2006. Güç sistemlerinde harmonikler ve filtrelemelerin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırıkkale. 47,
- Dash, P.K., Panigrahi B.K., Sahoo, D.K., Panda, G., 2003. Power quality disturbance data compression, detection, and classification using integrated spline wavelet and S-Transform, *IEEE Trans. Power Deliv.*, 18 (2), 595–600.
- Demirci, T., 2006, Milli Güç Kalitesi Projesi, *TUBİTAK*, <http://www.guckalitesi.gen.tr>, [Ziyaret Tarihi: 5 Kasım 2017].
- Dugan, R.C., Mcgranaghan, M.F., Santoso, S. ve Beaty, H.W., 2002, *Electrical Power Systems Quality*, McGraw-Hill, New York.
- Efe, S. B., 2006. Güç sistemlerinde harmonikler ve harmoniklerin analizi, Yüksek Lisans Tezi, *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Malatya.

- Electromagnetic Compatibility (EMC), Bölüm 4-30, Power Quality Measurement, *IEC 61000-4-30*, Switzerland, 2003.
- Erafşar, Ö., 2017. Enterkonnekte sisteme bağlı küçük ölçekli hidroelektrik santrallerin güç kalitesine etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı*, Kahramanmaraş.
- Erişti, H., Demir, Y., 2011. Gerçek zamanlı güç kalitesi izleme sistemleri ile elektrik dağıtım sistemlerindeki güç kalitesinin incelenmesi, IV. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, *EMO*, Kocaeli.
- Eroğlu, H., 2009. Bir dağıtım şebekesinin güç kalitesi ve harmonikler yönünden incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı*, Konya.
- Gaouda, A.M., Salama, M.M.A., Sultan, M.R., Chikhani, A.Y., 1999, Power quality detection and classification using wavelet-multiresolution signal decomposition, *IEEE Trans. on Power Delivery*, 14 (4), 1469-1476.
- Gökozan, H., 2011. Endüstriyel tesislerde güç kalitesinin izlenmesi, analizi ve uygun harmonik filtre seçimi, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı*, Sakarya.
- Gümüştü, B., 2007. Alçak gerilim üç fazlı elektrik dağıtım sistemlerinde harmonikler ve filtreleme çözümleri, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 12.Ulusal Kongresi Fuarı Bildirileri, *EMO*, İstanbul
- Jaramillo, S.H., Heydt, G.T. ve Carrillo, E.O., 2000, Power Quality Indices For Aperiodic Voltages and Currents, *IEEE Trans. on Power Delivery*, 15 (2), 784-790.
- Kocatepe, C., Uzunoğlu, M., Yumurtacı, R., Karakaş, A. ve Arıkan, O., 2003. Elektrik Tesislerinde Harmonikler, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, Türkiye.
- Lee, I.W.C., Dash, P.K., 2003, S-transform-based intelligent system for classification of power quality disturbance, *IEEE Trans. on Signals Indust. Electronics*, 50 (4) 800–805.
- Melhorn, C.J., Mcgranaghan, M.F., 1995, Interpretation and Analysis of Power Quality Measurements, *IEEE Trans. on Industry Applications*, 31 (6), 1363-1370.
- Owen, E. L., 1998. A History of Harmonics in Power Systems, *IEEE Industry Applications Magazine*, January/February.
- Özalp, A., 2011. Kahramanmaraş Göksu EDAŞ kök hücresinde güç kalitesinin gerçek zamanda izlenmesi ve analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı*, Kahramanmaraş.
- Radil, T., Ramos, P.M., Janeiro, F.M. and Serra, A.C. (2008). PQ monitoring system for real-time detection and classification of disturbances in a single-phase power system, *IEEE T Instrum Meas*, 57 (8), 1725–1733.

- Tanrıverdi, Ö., 2015. Fotovoltaik güç santrali bağlı bir şebekede güç kalitesi ölçümleri, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Temiz Tükenmez Enerjiler Anabilim Dalı*, Ankara.
- Testone, 2013. *Katalog*, <http://www.testone.com.tr/katalog>, [Ziyaret Tarihi: 5 Kasım 2017].
- Uyar, M., 2008. Güç kalitesindeki bozulma türlerinin akıllı örüntü tanıma yaklaşımları ile belirlenmesi, Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.
- Uzan, O., 2013. Alçak gerilim dağıtım sistemlerinde güç kalitesi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı*, Ankara.





ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı Serhat BEĞDE
Doğum Yeri ve Tarihi Batman-02.01.1988
Telefon (554)-646-8272
E-posta uludagserhat72@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Yahya Kemal Beyatlı Lisesi, BATMAN	2004
Üniversite	: Yıldız Teknik Üniversitesi, İSTANBUL	2011
Yüksek Lisans	:	
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2011	Depac Enerji Proje Taah.	Elektrik Mühendisi
2012	Datek Grup Müh.	Elektrik Mühendisi
2012	Tedaş-Dicle Edaş Batman İl Müd.	Elektrik Mühendisi
2014	Batman İl Kültür ve Turizm Müd.	Sözleşmeli Personel
2016	Tedaş Uludağ Bölge Müd.	Elektrik Mühendisi

UZMANLIK ALANI

- Elektrik Tesisleri

YABANCI DİLLER

- İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

- Teknolojiyi Takip Etmek, Seyahat Etmek, Kitap Okumak, Satranç Oynamak, Masa Tenisi Oynamak, Yüzmek, Yürüyüşe çıkmak.