

# Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Merkez Kampüsünde Güç Kalitesi Analizi ve Değerlendirilmesi

<sup>1</sup>Şahabettin HASAR \*<sup>2</sup>Yasemin ÖNAL \*<sup>3</sup>Metin KESLER

<sup>1</sup>Elektrik Bölümü, Osmaneli MYO, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Türkiye

\*<sup>2</sup>Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Türkiye

\*<sup>3</sup>Bilgisayar Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Türkiye

## Özet:

Bu çalışmada, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Merkez Kampüsündeki güç kalitesi problemlerinin belirlenmesi için analiz çalışmaları yapılmıştır. Çalışma kapsamında, kampüsteki gerilimin ne zaman ve hangi sıklıkla belirlenen standartların dışına çıktığı incelenmiştir. Merkez kampüsünde farklı noktalardaki güç dağıtım merkezlerine güç kalitesi analizörü bağlanmıştır. Güç kalitesi analizörü ile sisteme ait akım, gerilim, güç ve frekans gibi parametrelerin yanı sıra sistemde meydana gelen güç kalitesi olayları ölçülmüş ve bilgisayar ortamına aktarılarak incelenmiştir. Ayrıca sistemde meydana gelen güç kalitesi olaylarının türleri ve süreleri de tespit edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda güç kalitesi problemlerinin sebepleri araştırılarak çözüm önerileri sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:**Harmonikler, Reaktif Güç, Güç Kalitesi

## Abstract:

In this study, the analysis studies were performed to determine the power quality disturbances at the main campus of Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi. In the study content, how often and when the voltage in the campus exceeds the determined standards were studied. The power quality analyzer was connected to power distribution centers at different points in the main campus. As well as the parameters such as the current, voltage, power and frequency of the system, power quality events occurring in the system were measured and sent to a computer for analyses. Also, the types and durations of power quality events occurring in the system were studied to be determined. Some solutions were suggested by investigating the causes of power quality disturbances in accordance with the data obtained.

**Anahtar Kelimeler:**Harmonics, Reactive Power, Power Quality

## 1. Giriş

Güç kalitesi ifadesi, güç sistemlerinde oluşan problemlerin tamamını kapsayan genel bir ifade olarak kabul edilmektedir. Güç kalitesi, güç sistemlerinde çok geniş miktarda elektromagnetik olaylar olarak tanımlanmaktadır. Çok farklı sayıda güç kalitesi tanımı yapılabilmektedir. Örneğin elektrik enerjisini sağlayan kuruluşlar güç kalitesini güvenilirliği ve kararlılığı açısından değerlendirmekte, yük tarafındaki tüketiciler ise elektrik enerjisinin devamlılığı ve elektrik enerjisinden beslenen cihazların sorunsuz çalışması şeklinde güç kalitesi tanımı yapmaktadır. Doğrusal olmayan bir yükün çektiği doğrusal olmayan bir akım gerilim üzerinde olumsuz etki oluşturmaktadır. Bu nedenle güç kalitesi, güç sistemlerinde akım ve gerilimin kalitesi ile doğrudan ilişkilendirilmektedir. Bu sayede güç kalitesi, güç sisteminin incelenen herhangi bir noktasında ideal sinüs şeklindeki gerilimin nominal genlik ve frekans değerlerini sürdürmesi

\*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Electrical-Electronic Engineering Bilecik Ş.E. University, Bilecik TURKEY. E-mail address: yasemin.onal@bilecik.edu.tr, Phone: +902282141719 Fax: +902282160026

olarak tanımlanmaktadır[1].

Teknolojik bakımdan geliştirilen eski cihazlar ve yeni üretilen cihazlar tüketiciye kolaylık ve verim açısından büyük kazançlar sağlasalar da bunların çoğu beslendikleri elektrik şebekelerini elektriksel bakımdan farklı oranlarda ciddi biçimde kirletmektedirler. Güç sistemi arızalarla ve dinamik durumlarla karşılaştığında veya doğrusal olmayan yüklerin etkisinde kaldığında gerilim dalga şekilleri genellikle saf sinüs şeklinden uzaklaşmaktadır. Bunun sonucunda tüketicilere sağlanan elektrik enerjisinde kalitesizlikler oluşmaktadır. Sağlanan enerjinin kalitesinin artırılması ve bunu sağlayacak çözüm önerileri için, öncelikle meydana gelen kalitesizliklerin sebepleri bulunmalı, bunların oluştukları zamanlar tespit edilmeli ve elde edilen veriler ışığında çeşitli sınıflandırmalar yapılmalıdır[2].

Güç kalitesine her geçen gün ilgi daha da artmaktadır. Bunun nedeni elektroniğin gelişmesiyle hassas yüklerin sayısının artması, hassas yüklerin, gerilim dalgalanmalarından ve harmoniklerden olumsuz etkilenmesi, hatalı çalışması veya arızalanması, standartizasyon ve performans kriterlerinin gün geçtikçe daha da artması, ekipmanların her geçen gün dalgalanmalara daha da hassasiyet göstermeleri, Değişken Hız Kontrol Cihazları (Variable Speed Drives-VSD) gibi yeni teknolojik ekipmanların dalgalanmalara sebep olmaları, güç kalitesi izleme cihazlarının her geçen gün daha da gelişmesi, enerji sektöründe rekabetin artması ve kullanıcıların daha kaliteli enerji talep etmeleridir[3].

Güç kalitesi problemlerinin tespit edilmesi, sebeplerinin belirlenmesi ve muhtemel sonuçlarının ortaya çıkarılması ve analiz çalışmaları için elektrik enerjisinin üretim noktasından tüketim noktasına kadar üzerinde önemle durulması gerekmektedir. Son zamanlarda ülkemizde ve dünyanın değişik bölgelerinde elektrik enerji kalitesini ve verimliliğini artırmak için bilim adamları tarafından çok sayıda çalışma yapılmaktadır[4-11]. Analiz çalışmalarında sıklıkla Fourier Dönüşümü FD, Kısa Dönem Fourier Dönüşümü KDFD ve Dalgacık Dönüşümü DD kullanılmaktadır. FD sinyaldeki harmonik bileşenlerin bulunmasında kullanılmaktadır. Fakat FD yalnızca zamanla değişmeyen durağan sinyallerde başarılı olmaktadır. Fakat güç kalitesi problemleri durağan olmayan sinyallerdir. KDFD kullanılan yöntemlerde sabit bir pencere fonksiyonu kullanılmaktadır. Fakat KDFD büyük miktarda hesaplama gerektirmektedir[4,5]. DD kullanılan yöntemler durağan olmayan sinyallerin analizlerinde kullanılmakta ve iyi sonuçlar vermektedir. Fakat gürültü olan sinyallerde yöntemin performansı azalmaktadır[6,7]. Son zamanlarda, Hilbert Huang Dönüşümü HHD, Matematiksel morpoloji MM ve Destek Vektör Makinesi DVM yöntemleri analiz ve sınıflandırma çalışmalarında kullanılmaktadır. HHD Görgül kip ayrışımı ve Hilbert dönüşümü Huang tarafından önerilen, Flandrin ve ekibi tarafından geliştirilen lineer olmayan ve durağan olmayan sinyallerin analizinde kullanılan anlık frekansa dayalı yeni bir sinyal işleme yöntemidir[8-10]. DVM güç kalitesi problemlerini sınıflandırmak için farklı alt bantlar nedeniyle dönüşüm katsayısı kullanan bir sınıflandırma yöntemidir. DVM'de güç kalitesi bozuklukları destek vektör makinesi kullanılarak sınıflandırılmaktadır. Destek vektör makinesinin eğitilmesinden sonra, güç kalitesi problemlerinin sınıflandırılmasında kullanabilmek için destek vektör makinesinin parametresi elde edilmektedir. Destek vektör makinesi güç kalitesi problemlerini doğru biçimde sınıflandırabilmek için 4 çeşit sınıflandırma yapabilmektedir[11].

Bu çalışmada Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi için güç kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesinde kullanılan yük tiplerine bakıldığında büyük çoğunluğunun nonlineer yük tipleri olduğu görülmektedir. Gerek akademik gerekse idari personelin kullandığı bilgisayarlar, fotokopi makineleri, fax cihazları, merkezi araştırma laboratuvarında değişik

amaçlarla kullanılan cihazlar doğrusal olmayan yüklere örnek olarak verilebilir. Bu tip cihazların çok kaliteli elektrik enerjisiyle beslenmesi gerekmektedir. Özellikle dalga şekli bozulmuş enerjiyle beslenmeleri cihazların bozulmasına neden olmaktadır. Özellikle bilgi işlem merkezinde veya strateji dairesinde verilerin kayıtlı olduğu bilgisayarların güç beslemesinde meydana gelebilecek bir dalgalanma istenmeyen sonuçlar doğurabilir. Öğrenci kayıtlarının saklandığı bilgisayarlarda meydana gelebilecek bir enerji dalgalanması telafisi güç olan veri kaybı oluşturabilir. Bu çalışma bu tür muhtemel kayıpların önceden önlenmesini hedeflemektedir. Çalışma kapsamında merkez kampüsteki enerji altyapısını olumsuz olarak etkileyen faktörlerin araştırılması, kesintilerin sebeplerinin tespiti ve asgari düzeye indirmek için gerekli işlemlerin tespit edilmesi hedeflenmektedir.

## 2. Güç Kalitesi Bozulmalarının Özellikleri

Bir güç sisteminin güç kalitesi problemlerini tanımlamak, güç kalitesini değerlendirmek ve çözüm önerileri ortaya koymak için IEEE, IEC, ANSI, CBEMA, EPRI gibi farklı çalışma grupları farklı standartlar oluşturmuşlardır. Dünyada güç kalitesi çalışmalarında genellikle IEEE ve IEC standartları tercih edilmektedir [1,2,12].

IEEE 1159 standartlarına göre güç kalitesi problemleri; Geçici dalgalanma (Transients Surges), Kısa süreli değişimler (Short duration variations), Uzun süreli değişimler (Long duration variations), Dalga şekli bozulmaları (Waveform distortion), Gerilim dengesizliği (Voltage unbalance), Frekans değişimleri (Power frequency variations), Gerilim kırışması (Voltage flickers) olmak üzere yedi kategoriye ayrılmaktadır[1,2].

Geçici dalgalanma, darbeleri (impulsive transients) ve salınımlı (oscillatory transients) olarak iki şekilde oluşmaktadır. Darbe etkisi, güç sistem hatlarında akım veya gerilim üzerinde çok kısa anlık bir değişim olarak tanımlanmaktadır. Kısa süreli değişimler, güç sistemlerinde gerilimin genliğinde veya akımda 0.5 çevrim ile 1 dakika arasında meydana gelen değişim olayları olarak tanımlanan bir güç kalitesi sorunudur. Bu sorun IEC standardında gerilim çökmeleri “voltage dips” ve kısa süreli kesintiler “short interruptions” olarak iki başlıkla sınıflandırılmaktadır. Uzun süreli değişimler, güç sistemlerinde gerilim genliğinde veya akımda 1 dakikadan uzun süreli meydana gelen değişim olayları olarak tanımlanan bir güç kalitesi sorunudur. Dalga şeklinde bozulmalar, güç sistem hatlarında şebeke frekansında sinüzoidal dalga şekline bozucu etki eden olaylar bir güç kalitesi problemi olarak ifade edilmektedir. Bu olaylar doğru akım bileşeni (DC offset), harmonikler (harmonics), ara harmonikler (interharmonics), çentikler (notching), ve gürültü (EMI/ noise) olarak sınıflandırılmaktadır. Gerilim dengesizliği, üç faz gerilim veya akımın ortalamasından elde edilen maksimum sapma veya üç faz gerilim veya akımın ortalamasına bölümü olarak tanımlanmaktadır. Frekans değişimleri, güç sisteminin temel frekansının nominal değerinden sapması olarak tanımlanmaktadır. Gerilim kırışması, genliği nominal gerilimin 0.9-1.1p.u. değerleri arasında olan hızlı sistematik gerilim değişiklikleridir[12].

## 3. Saha Çalışmaları

Güç sistemlerinde kullanılan ölçüm cihazlarının gelişmesiyle birlikte en etkili ölçüm metodu, güç analizörünün kullanılmasıdır. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Merkez Yerleşkesinde güç kalitesi sorunlarının tespiti ve analiz çalışmalarında Fluke 435-II Üç Fazlı Enerji ve Güç Kalitesi Analizörü (GKA) kullanılmıştır. Projede gerekli ölçümlerin yapılabilmesi için kullanılan Fluke

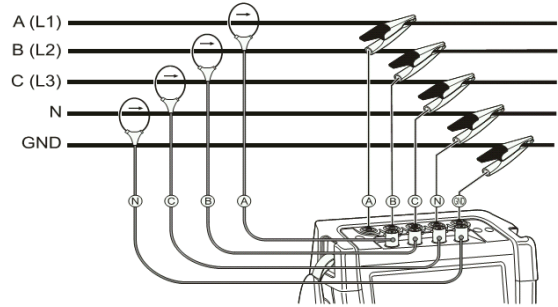
435-II GKA ile güç sistemlerinde gerilim, akım, frekans, güç katsayısı, aktif güç, reaktif güç harmonik distorsiyon değerleri anlık olarak ölçülerek kaydedilmektedir. Bu sayede güç sisteminin karakteristik analizi yapılabilmektedir. Fluke 435-II GKA, güç dağıtım sistemlerinin kontrolü için kapsamlı ve güçlü bir ölçüm seti sunmaktadır. Fluke 435-II GKA, Kırpışma, Geçici Akımlar, Güç Dalgası, Ana Şebeke Sinyali, Dalga Olayı, Rms Olayı ve %0,1 gerilim giriş hassasiyeti gibi ek özelliklere sahiptir[13,14].

Şekil 1 ve Şekil 2'de Fluke 435-II GKA'nın resmi ve üç fazlı şebekeye bağlantısı verilmiştir. Bir GKA ekranındaki tüm ölçüm değerleri kaydedilebilmektedir. Ortalama, minimum ve maksimum değerler, ölçümün gerçekleştirildiği süre boyunca ayarlanabilir bir ortalama süreyle (1s) kaydedilebilmektedir. Ortalama süre ayarlanabildiği gibi toplam ölçüm ve başlangıç gecikmesi süresi de ayarlanabilmektedir. Ölçümde kaydedilen veriler SD karta Measurement xx (Ölçüm xx) olarak kaydedilebilmektedir. **LOGGER** (Kayıt Cihazı) tuşunun altında maksimum 150 değer kaydedilebilmektedir. Kaydedilecek değer veya seti kullanıcı tarafından tanımlanabilmektedir.

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesinin elektrik enerji beslemesi 34,5kV gerilim ile yapılmaktadır. Ana beslemeden gelen 34,5 kV'luk gerilim 4 tane transformatörler ile 220V'a düşürülmektedir. Kampüs içinde bulunan ana binalar (Eski Rektörlük Binası, Merkezi Araştırma Laboratuvarı, Makina-Elektrik Laboratuvarı, Meslek Yüksekokulu, Spor Salonu, Kütüphane, Fen Edebiyat Fakültesi, Enstitüler ve Mühendislik Fakültesi Laboratuvarı 1. trafodan, Mühendislik Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi 2. trafodan, Yeni Rektörlük Binası 3. trafodan, Veri Merkezi 4. trafodan) 220 V enerji ile beslenmektedir. Her trafonun kendisine ait dizel jeneratörü bulunmaktadır. Kampüs içinde bazı bina girişlerinde 200 kVA'lık kesintisiz güç kaynakları (KGK) mevcuttur. Bu KGK ile binadaki belirli hassas yükler beslenmektedir. Dizel jeneratörlerin tepki süresi 10 saniye olarak ayarlanmıştır. Transformatörlerin anma güçleri ve KGK'ların kapasiteleri Tablo1'de verilmektedir.



Şekil 1. FLUKE 435-II Üç fazlı enerji ve güç kalitesi analizörü



Şekil 2. Üç fazlı GKA'nın şebekeye bağlantısı

Tablo1. Transformatör yük değerleri

Transformatör Adı	Transformatör gücü	Jeneratör gücü
Trafo 1	1000 kVA	550 kVA
Trafo 2	1600 kVA	1000 kVA
Trafo 3	1600 kVA	1000 kVA
Trafo 4	250 kVA	250 kVA

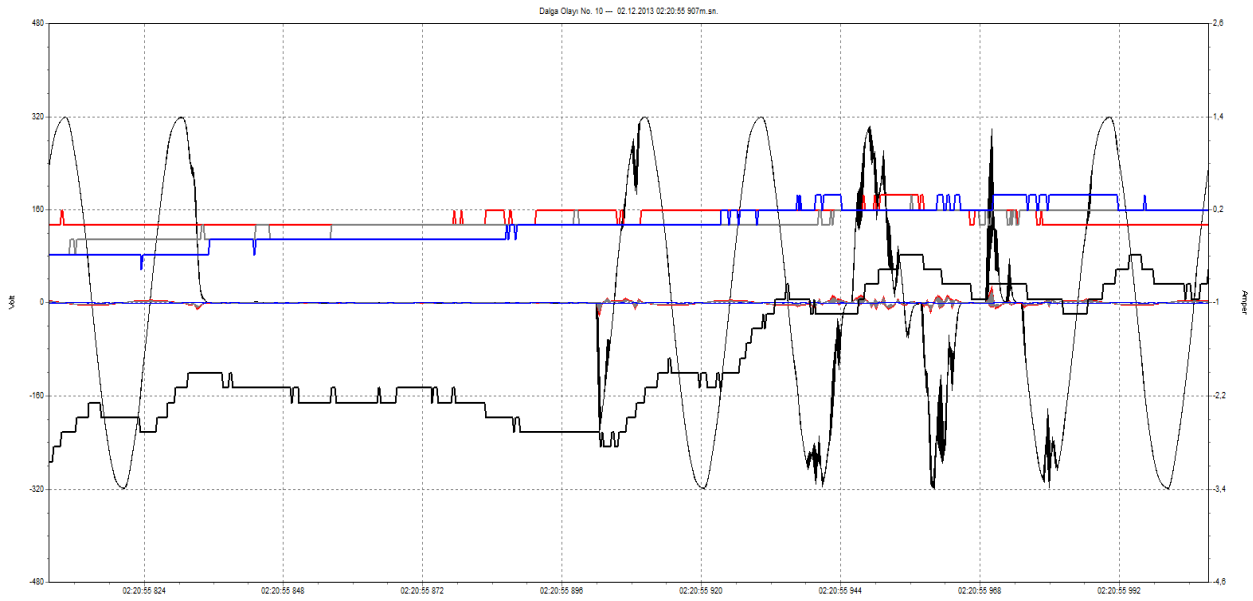
Yapılan saha çalışması kapsamında üniversite kampüsünde bulunan Makina-Elektrik Laboratuvarına GKA bağlanarak besleme geriliminde meydana gelen dalgalanmalar kaydedilmiştir. Ölçüm yapılan laboratuvarında bulunan makineler ve özellikleri Tablo 2'de verilmektedir.

**Tablo 2.** Makine Atölyesinde ölçümü yapılan makineler ve özellikleri

Makine Adı	Güç(KW)	Gerilim (V)	Akım (A)
Rovolver	8	380	17
İnce Taşlama	4	380	10
Düzlem Taşlama	10,7	380	25
Giyotin	4	380	9,3
Torna 1	2,2	380	5,2
Torna 2	2,2	380	5,2
Torna 3	2,2	380	5,2
Torna 4	2,2	380	5,2
Torna 5	2,2	380	5,2
Torna 6	2,2	380	5,2
Torna 7	2,2	380	5,2
Torna 8	1,3	380	2,6
Torna 9	1,3	380	2,6
Testere	2,24	380	8,81
Freze 1	10	380	25
Freze 2	10	380	25
Freze 3	10	380	25
Silindir	1,5	380	2,7
Sac Bükme	5,5	380	11,8
Taşlama	1,5	380	5,8
Kaynak	10	380	20
<b>Toplam</b>	<b>95,44</b>	<b>380</b>	<b>227,01</b>

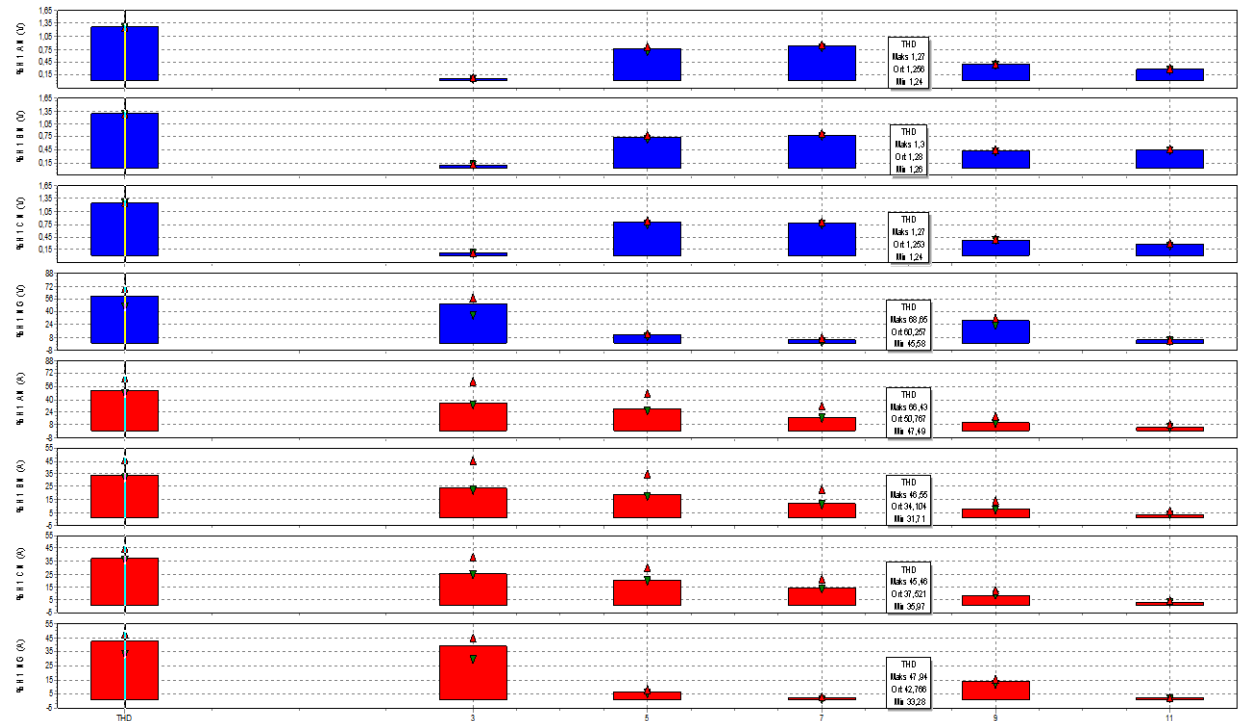
#### 4. Ölçüm Sonuçları

Yapılan ölçümler neticesinde alınan veriler Power Log isimli programda incelenmiştir. Laboratuvarda bulunan tüm makineler 02.12.2013 tarihinde saat 2.19 ile 2.30 arasında boşta ve daha sonra yüklenerek çalıştırılmış. Bu zaman diliminde GKA kullanılarak güç kalitesi ölçümleri yapılmıştır. GKA ile 64 RMS kaydı, 64 frekans kaydı, 7 harmonik kaydı ve 7 güç hamoniği kaydı yapılmıştır. Yapılan kayıtlarda 8 tane düşme, 10 tane geçici olay, 18 tane dalga olayı, 18 tane RMS olayı belirlenmiştir. Şekil 3'de faz geriliminde meydana gelen dalga olayı görülmektedir.

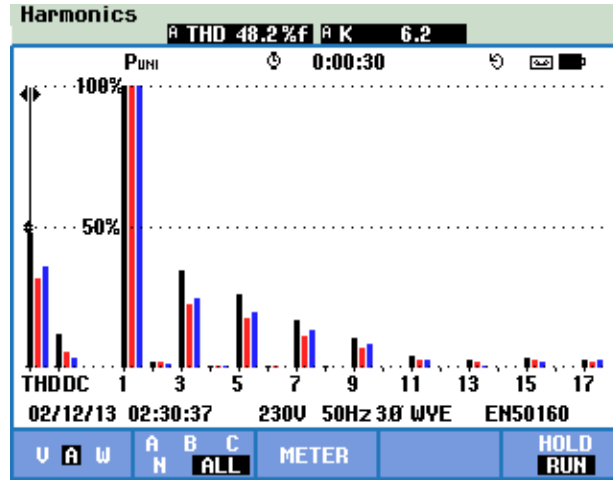


Şekil 3. 10 nolu Dalga Olayı grafiği

Şekil 4'de her faza ve nötr hattına ait gerilim ve akımların toplam harmonik histogramları verilmiştir. A,B ve C faz gerilimlerde oluşan THD uygun sınırlarda olmakla birlikte Nötr-Toprak gerilim THD %60, A faz akım THD %50, B faz akım THD %34, C faz akım THD %37, Nötr-Toprak akım THD %42 gibi büyük değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 5'de saat 2:30:37'de % 48.2'lik toplam harmonik distorsiyonu belirlenmiştir.

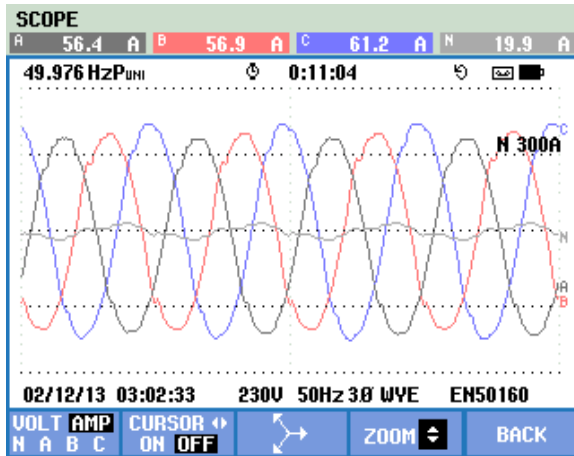


Şekil 4. Akım ve gerilimlere ait toplam harmonik histogramı

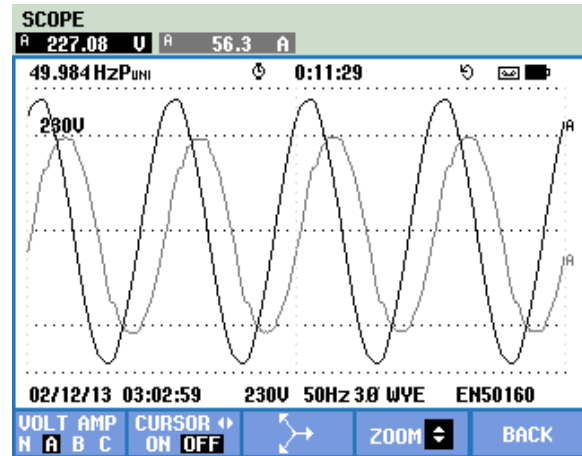


Şekil 5. Akım harmoniği kayıt ekranı

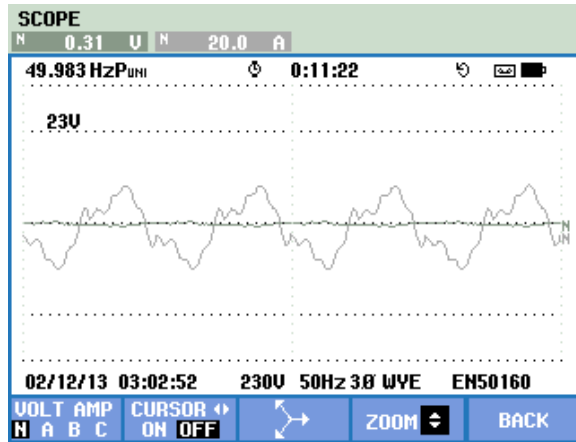
Şekil 6 a'da faz akımları kayıt ekranı, b'de A fazı akım ve gerilim kayıt ekranı, c'de Nötr hattı gerilim ve akım kayıt ekranı, d'de A-B-C faz akımlarına ait fazör kayıt ekranı, e'de A-B-C fazları ile Nötr Hattı akım kayıt görülmektedir. a'da nötr akımının sıfıra yakın bir değer olması gerekirken, 19,9 A seviyesinde olduğu görülmektedir. b'de A fazına ait akım ve gerilim dalgaları arasında büyük faz açısı olduğu tespit edilmiştir. c'de nötr geriliminin 0,31 V olmasının yanında nötr akımının 20A gibi yüksek bir değerde olduğu tespit edilmiştir. d'de A faz gerilimi ile akımı arasında  $64^\circ$ , B faz gerilimi ile akımı arasında  $64.1^\circ$  ve C faz gerilimi ile akımı arasında  $68.7^\circ$  aç farkı olduğu görülmektedir. e'de A,B,C faz akımlarını arasında dengesizlikler olmakla birlikte harmonik kaynaklı bozulmalar ve ayrıca nötr akımının da oldukça yüksek değerde olduğu görülmektedir. f'de kaynak makinesi yüklendiğinde A faz akımının doğrultucu kaynaklı harmoniklerden dolayı bozulmaları görülmektedir.



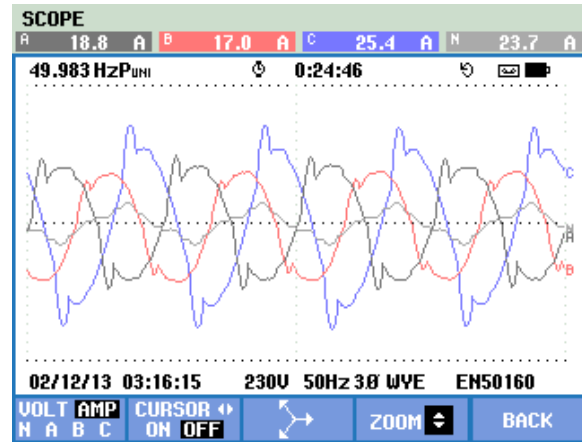
a) Faz akımları



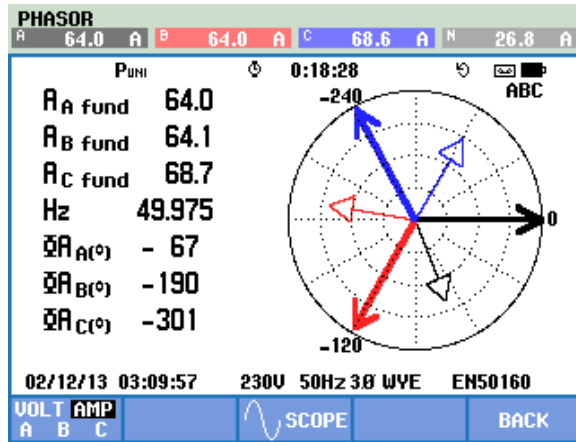
b) A fazı gerilimi ve akımı



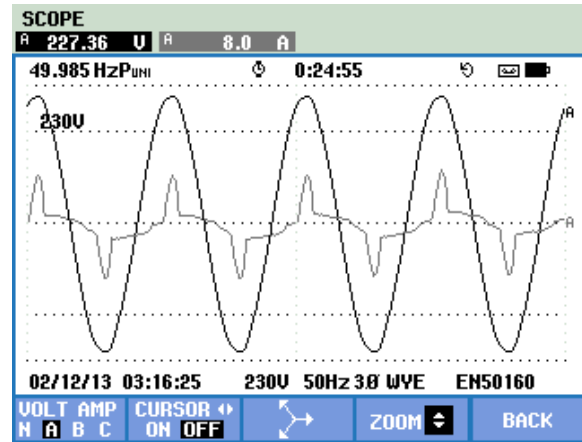
c) Nötr hattı gerilimi ve akımı



e) A-B-C fazları ile Nötr Hattı akımı



d) A-B-C faz akımlarına ait fazör diagram



f) A fazı gerilimi ve akımı

Şekil 6. Kayıt ekranı

## 5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Merkez Kampüsünde güç kalitesi problemlerinin belirlenmesi için Fluke 435-II Üç Fazlı Enerji ve Güç Kalitesi Analizörü (GKA) kampüste bulunan Makina-Elektrik Laboratuvarına bağlanmıştır. GKA yardımıyla binada meydana gelen RMS olayları düşme, yükselme, geçici dalgalanma, kesinti, hızlı geilim değişiklikleri, frekans dalgalanmaları ve toplam harmonik distorsiyonu ölçülmüştür. Yapılan ölçümler ve analizler sonucu kampüste trafo tarafında kompanzasyon yapılmasına karşılık yük tarafında akım ve gerilim arasında büyük açı farklarının olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca kampüste harmoniklerin var olduğu ve izin verilen değerlerin üzerinde olduğu gözlemlenmiştir. Ölçümler sonucu elde edilen THD(I) değeri dünya standartlarıncı izin verilen değerlerin üzerindedir. Bu yüksek harmonikler zamanla kondansatör tahribatına, elektronik kart arızalarına, bilgisayar arızalarına, bilgisayarlarda veri kayıplarına, motor arızalarına neden olmaktadır. Çözüm olarak trafoya bağlı bulunan kompanzasyon tesisi yerine, özellikle 3., 5. ve 7. harmonikleri elimine edecek şekilde pasif filtre tasarımı yapılmış yeni bir kompanzasyon panelinin takılması yukarıda sözü edilen açı farkının ve harmoniklerin ortadan kaldırılmasını sağlayacaktır.



**Kaynaklar**

- [1] Kesler, M., Birleşik Güç Kalite Düzenleyicisinin Senkron Referans Yapı Tabanlı Uygulama Tasarımı ve Analizi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2010;
- [2] Dugan, R.C., McGranaghan, M.F., Santoso, S., Beaty, H.W., Electrical Power Systems Quality, MC Graw-Hill Companies, New York, 2003.
- [3] Hemetsberger F. A., An Investigation of Power Quality Problems In A Remote Mine Site, M.S. Thesis, The University of Queensland, 2003.
- [4] Chen M.T., Hsiao S.J., Lu C.W., Enhancement of FFT-Based Algorithm for Voltage Flicker Measurement, Harmonics and Quality of Power, (ICHQP 2008) 13th International Conference on, Wollongong NSW, 2008; 1-5.
- [5] Y. H. Gu and M. H. J. Bollen, Time-frequency and time-scale domain analysis of voltage disturbances, IEEE Trans. Power Del., 2000; 15: 4, 1279–1284.
- [6] Poisson O., Rioual P., Meunier M., Detection and Measurement of Power Quality Disturbances Using Wavelet Transform, IEEE Transactions on Power Delivery, 2000;15: 3, 1039-1044.
- [7] Chandrasekar P., Kamaraj V., Detection and Classification of Power Quality Disturbance waveform Using MRA Based Modified Wavelet Transform and Neural Networks, Journal of Electrical Engineering. 2011; 61: 235–240.
- [8] Stuti S., Mishra S., Bhim S., Empirical-Mode Decomposition With Hilbert Transform for Power-Quality Assessment, Transactions on Power Delivery, 2009; 24: 4, 2159-2165.
- [9] Rilling G., Flandrin P., Gonvalves P., On Empirical Mode Decomposition And Its Algorithms, IEEE-EURASIP Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing NSIP-03, Grado, 2003; 3: 8-11.
- [10] Yong H., Yongqiang L., Zhiping H., Detection and Location of Power Quality Disturbances based on Mathematical Morphology and Hilbert Huang Transform, Electronic Measurement&Instruments (ICEMI'09) 9th International Conference on, Beijing, 2009; 2:319-2:324.
- [11] Jatumeth S., Suttichai P., Tirapong K., Power Quality Problem Classification Using Support Vector Machine, Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, 2009. ECTI-CON 2009. 6th International Conference on Pattaya, Chonburi, 2009; 01: 58-61.
- [12] Bollen, M.H.J., Gu, I.Y.-H., Signal Processing of Power Quality Disturbances, IEEE Press Series on Power Engineering, A.B.D., 2006.
- [13] Fluke 434-II/435-II/437-II Üç Fazlı Enerji ve Güç Kalitesi Analizörü Kullanım Kılavuzu, TR Ocak 2012 rev. 1 06/12, Fluke Corporation, 2012; 3:1- 3:3.
- [14] Fluke Corporation Power Log PC Application Software Kullanım Kılavuzu, Rev. 3: 3/13, 2007; 1-10.