

Çok Fonksiyonlu Güç Kalitesi İzleme ve Veri Toplama Sistemi

Multifunctional Power Quality Monitoring and Data Acquisition System

Hayrettin Gökozan¹

Sezai Taşkın²

¹ Celal Bayar Üniversitesi, Elektrik ve Enerji Bölümü, Turgutlu-Manisa
E-posta: hayrettin.gokozan@cbu.edu.tr

² Celal Bayar Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Manisa
E-posta: sezai.taskin@cbu.edu.tr

Özet

Elektrik enerjisinin kalitesi, endüstriyel tesislerde kullanılan makinelerin hatasız ve verimli çalışması bakımından oldukça önemlidir. Enerji sistemindeki lineer olmayan yükler, harmonikli akımlar ile gerilimlerin oluşmasına neden olmakta ve elektrik enerjisinin kalitesini bozan etkilerin başında gelmektedir. Bu nedenle, güç sistemlerindeki harmoniklerin belirlenmesi, analizi ve filtrelenmesi önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, güç sistemlerinden yüksek örnekleme frekanslarında, akım ve gerilim sinyallerini toplayabilecek özellikte grafiksel tabanlı ve çok fonksiyonlu olarak geliştirilen ölçme, izleme ve veri toplama düzeneği tanıtılmıştır.

Güç kalitesi parametrelerinin izlenmesi ve sinyallerin kaydı amacıyla LabVIEW tabanlı grafiksel bir kullanıcı ara yüzü tasarlanmıştır. Bu arayüz üzerinden her bir faza ait akım ve gerilim sinyallerinin dalga form biçimleri, fazör diyagramları, toplam harmonik bozulma seviyesi ile güç parametrelerinin değişimleri gerçek zamanlı olarak izlenebilmektedir. Ayrıca, kaçınıcı harmonik seviyesine kadar analiz yapılacaksa buna göre örnekleme frekansı belirlenerek, verilerin kaydedilmesi işlemi de gerçekleştirilmektedir.

Abstract

The quality of electrical energy used in industrial facilities is highly important for accurate and efficient operation of the machines. Non-linear loads of the energy system cause in harmonic distortion of current and voltage signals and hence considered one of the main factors destructing the quality of electrical energy. Hence, it is deemed relevant to monitor, analyse and eliminate the effects of voltage and current harmonics.

The main purpose of this study is to develop a Multi-Functional Graphical User Interface (MF-GUI) with the aim of acquiring data on voltage and current in the power systems with high sampling frequencies.

The LabVIEW Software is used to develop the GUI for

monitoring the power quality parameters and recording data. Using the GUI, the changes in the following characteristics of current and voltage signals can be monitored and recorded in real time: the waveforms of voltage and current in each phase, total harmonic distortion level, changes in power parameters. Besides, GUI is also adoptable to analyse the changes in the level of harmonic analysis by changing sampling frequency.

1. Giriş

Elektrik enerjisinin kullanımının kolaylığı, enerji talebindeki artışı da beraberinde getirmiştir. Elektrik enerjisini üreten, ileten ve dağıtan kuruluşların amacı; kesintisiz, ekonomik ve kaliteli bir enerjiyi tüketicilerine sunmaktır [1-3].

Enerjinin üretiminden, en son alıcıya ulaşmaya kadar geçtiği aşamaların tümünde, gerilim ve akım büyüklüklerinin sinüsoidal formda olması istenmektedir. “Güç Kalitesi” ifadesi; elektrik enerji sistemlerinde akım ile gerilimin 50 Hz frekansta ve sinüs eğrisi şeklinde olması, güç katsayısının 1’e yakın olması, faz gerilimlerinin dengeli olması vb. gibi şartları akla getirmektedir [4-6].

Kaliteli enerjinin sağlanması, güç sistemlerine bağlanan cihazların oluşturduğu problemler nedeni ile her zaman mümkün olamamaktadır. Güç kalitesini bozan cihazların yoğunluğu, içlerinde yarıiletken elemanlar bulunduran alıcılardır ve “doğrusal olmayan (nonlinear) yükler” olarak isimlendirilirler. Bu tür yükler, enerji kalitesini düşürerek elektronik cihazların enerji sistemlerinde meydana gelen bozulmalara karşı duyarlılığını önemli ölçüde etkilerler. Doğrusal olmayan yükler, enerji sistemlerine harmonik enjekte ederek düşük kaliteli enerjiye sebep olurlar [5,7].

Akım ve gerilim dalga biçimleri; hem yarı iletkenlerin yapısından, hem de sanayide kullanılan bazı doğrusal olmayan yüklerin (güç elektroniği elemanları, ark fırınları v.b.) etkisiyle, periyodik olmakla birlikte, temel sinüsoidal dalga ile frekans ve genliği farklı diğer dalgaların (harmoniklerin) toplamından meydana gelmektedir [8-10].

Temel frekans dışındaki dalgalara “harmonik” adı verilir. Bu dalgalar, Fourier analizi yardımıyla, temel frekans ve diğer

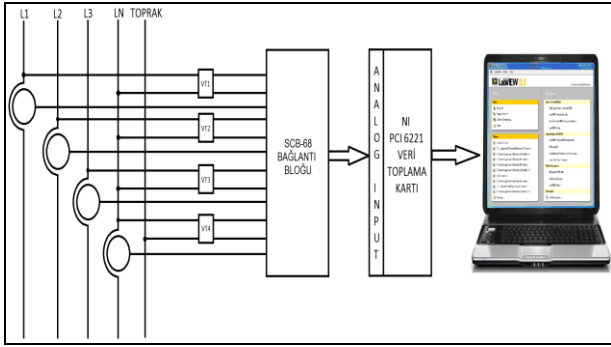
frekanslardaki bileşenler cinsinden ifade edilebilir. Fourier analizi ile sinüsoidal şekle sahip olmayan dalgalar, frekansları farklı sinüsoidal dalgaların toplamı şeklinde matematiksel olarak yazılabilir. Bu sayede harmoniklerin analizi kolaylıkla yapılabilir [7].

Güç kalitesi izleme ve veri kaydı amacıyla bu çalışma kapsamında kullanılan LabVIEW, “National Instruments-(NI)” firması tarafından geliştirilmiş grafiksel tabanlı bir programdır. Bu özelliği ile, test-ölçüm, otomasyon, cihaz kontrolü, veri toplama ve analizi gibi çok çeşitli uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır [11].

Bu çalışmada, güç sistemlerindeki harmoniklerin ölçülmesi işlemlerinde kullanmak amacıyla tasarlanıp, uygulaması gerçekleştirilen grafiksel tabanlı bir güç kalitesi parametreleri için veri toplama, izleme ve kayıt sistemi tanıtılmıştır.

2. Sistemin donanım yapısı

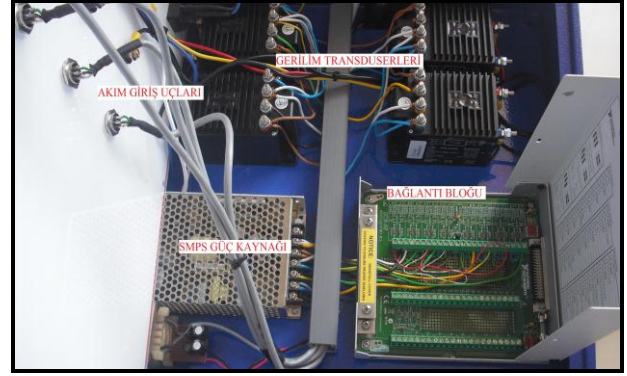
Veri toplama işlemi, NI firması tarafından üretilen PCI-6221 kartı kullanılarak yapılmıştır. Kartın örnekleme hızı 250 kS/s, çözünürlüğü 16 Bit olup, 16 analog giriş, 2 analog çıkış ve 10 sayısal giriş-çıkış bağlantısı bulunmaktadır. Akım ve gerilim sensörlerinden gelen sinyaller NI SCB-68 bağlantı bloğu aracılığı ile veri toplama kartına iletilmektedir. Sistemin blok diyagramı Şekil 1’de görülmektedir [12].



Şekil 1: Oluşturulan deney düzeneği

Akım ölçümleri için kullanılan LEM HTR 500-SB kodlu akım transdüsünün cevap zamanı $<10 \mu s$ olup gerilim ölçümleri için kullanılan LEM CV 3-500 kodlu akım transdüsünün cevap zamanı ise $<0.3 \mu s$ 'dir.

Akım ve gerilim transdüsülerinin çalışabilmesi için gerekli olan $\pm 15 V$ besleme gerilimi, bir SMPS ile sağlanmıştır. Şekil 2’de veri girişi işlemleri için hazırlanmış olan ünitenin görüntüsü verilmiştir. Taşınabilir çanta içerisinde tasarlanan bu yapıda, SPMS güç kaynağı, gerilim transdüsörleri ve veri toplama kartı ile bilgisayar için bağlantı bloğu görülmektedir.



Şekil 2: Veri girişi ünitesinin iç görünüşü

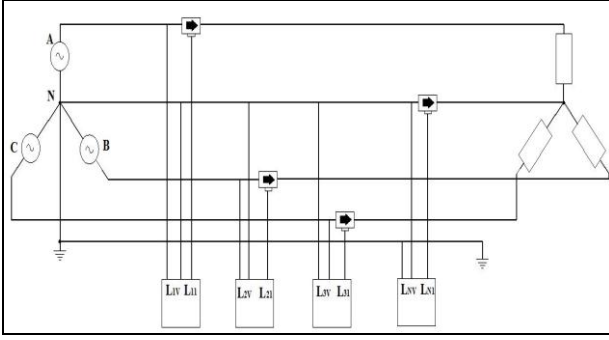
Sistem mevcut haliyle taşınabilir bir veri toplama ünitesi haline getirilmiştir. Şekil 3’te görüldüğü gibi gerilim girişleri $L1_V$, $L2_V$, $L3_V$ ve LN_V olarak adlandırılmış olup, born vida bağlantı klemensi ile gerekli girişler yapılabilmektedir. Her bir faz girişi için ayrı renklerde born vida kullanılmış olup bunlar sırası ile Kırmızı, Sarı ve Mavi renklerdir. Beyaz uç, toprak bağlantı ucudur. Çıkış uçları da Siyah renkli olarak yapılmıştır.

Akım girişleri ise DIN-5 soket aracılığı ile yapılmaktadır. Akım giriş uçları; $L1_I$, $L2_I$, $L3_I$ ve LN_I olarak adlandırılmıştır.



Şekil 3: Sistemin genel görünümü

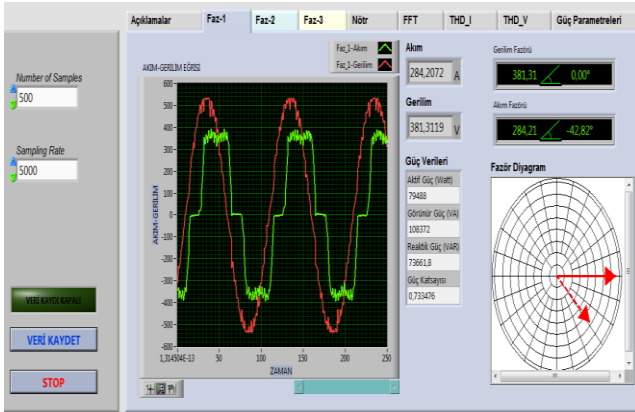
Bu sisteme bağlantı örneği olarak Şekil 4’de gösterilen ve dengesiz yüklerde, nötr hattının da kullanıldığı devrelerde uygulanan şema verilebilir. Her faz için akım ve gerilim bilgilerinin yanında, nötr hattı akım değeri ile LN -toprak arası gerilim değeri de girilmektedir.



Şekil 4: Üç fazlı dengesiz yükler için bağlantı şeması

3. Veri toplama ve izleme arayüzü

LabVIEW™ tabanlı olarak tasarlanan programın kullanıcı ara yüzünde, her bir faza ait akım ve gerilim verilerinin dalga form biçimleri ile bunların RMS değerleri, fazör diyagram üzerinde de birbirleri arasındaki açı farkı ve güç parametrelerine ait değişkenler anlık olarak görüntülenmektedir. Ayrıca, veri kaydetme butonu ve örnekleme zamanının değiştirilebildiği bir kontrol girişi de bulunmaktadır. Faz akımları için Toplam Harmonik Bozulması (THB) değerlerinin değişimi de bar grafik olarak izlenebilmektedir. Şekil 5'te programa ait bir ön panel görüntüsü yer almaktadır. Ekrandaki veriler endüstriyel bir indüksiyon fırından alınan verilerin değişimini göstermektedir.



Şekil 5: Güç kalitesi ölçme ve izleme arayüzü

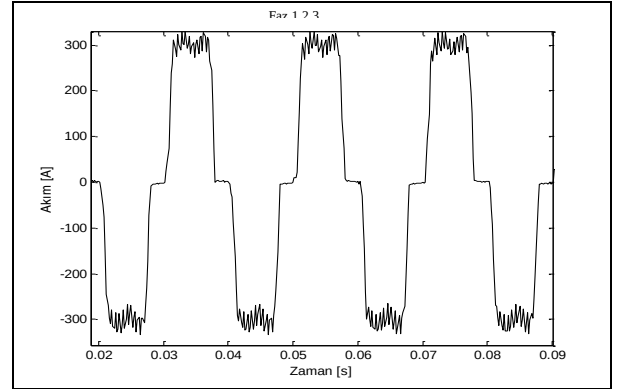
Şekil 6'da ise her bir faz akımları için toplam harmonik bozulma seviyelerinin gösterildiği ekran görüntüsü verilmiştir.



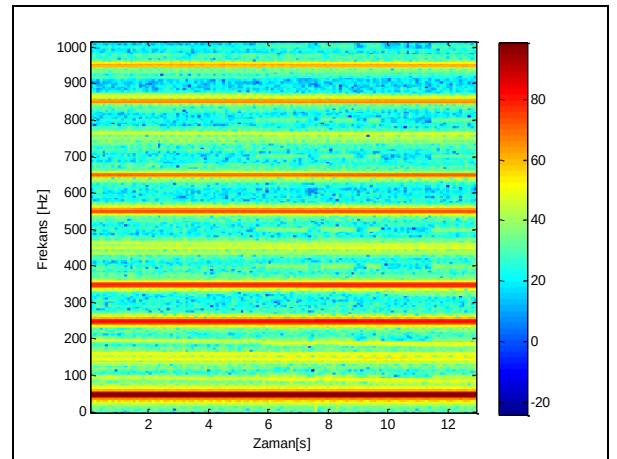
Şekil 6: Toplam harmonik bozulma ekran görüntüleri

4. Sistemin test edilmesi

Tasarlanan sistemin testi, 350 kVA gücündeki frekans çevircisi ile çalışan ve iki adet metal ertitme potası bulunan endüstriyel bir indüksiyon fırınının besleme trafosu kullanılarak yapılmıştır. Şekil 7'de akım verilerinin değişimi Şekil 8'de ise 5000 S/s örnekleme frekansında toplanan bu verilerin spektral analizi yapıldığında elde edilen spektrogramı gösterilmiştir.

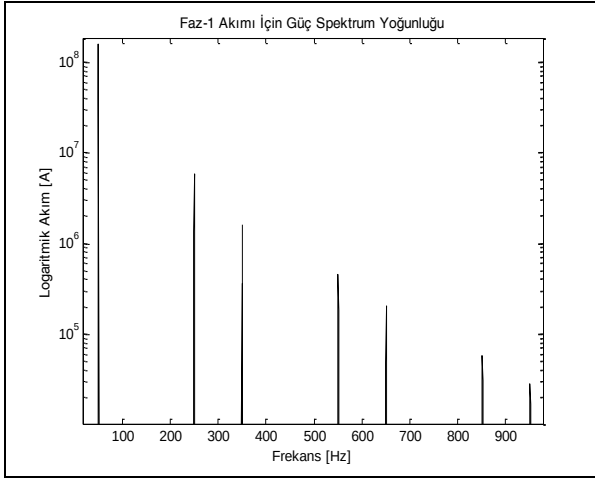


Şekil 7: Sisteme bağlanan akım verilerinin değişimi



Şekil 8: Akım sinyallerinin zaman-frekans düzleminde gösterimi

Şekil 8'de hangi frekansların hangi zamanlarda ne kadar etkin oldukları görülmektedir. Aynı şekilde ortaya çıkan bu harmonik frekanslarının genlikleri de Şekil 9'daki gibi gösterilebilir.



Şekil 9. Birinci faz akımı için 0-1000 Hz arası Güç Spektrum Yoğunluğu

Şekil 8 ve 9 incelediğinde en baskın harmonik frekanslarının 250, 350, 550, 650, 850 ve 950 Hz'e denk gelen 5, 7, 11, 13, 17 ve 19. harmonikler olduğu görülmektedir.

Sistemde etkin görünen her bir harmonik için % harmonik oranları ve Toplam Harmonik Bozulması hesaplandığında Tablo 1'de görünen değerler elde edilir. Aynı zamanda THB değeri %4 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. İndüksiyon fırını harmonik derecelerin hesaplanması

Harmonikler	Harmonik Oranı(%)
50 Hz, Temel frekans	100
250 Hz, 5. Harmonik	6,3
350 Hz, 7. Harmonik	1
550 Hz, 11. Harmonik	1
650 Hz, 13. Harmonik	< 1
850 Hz, 17. Harmonik	< 1
950 Hz, 19. Harmonik	< 1

En etkili harmonik seviyesi, 5. harmonik olup bu değer, Toplam Harmonik Bozulma (THB) seviyesinin IEEE standartlarında belirtilen (IEEE-519-1992) kabul edilebilir % 5 kritik seviyelerden üst değerlerdedir. Bu nedenle 5. harmonik, aktif veya pasif filtre çözümlerinden birisi tercih edilerek filtre edilmelidir.

4. Sonuçlar

Oluşturulan ölçme-izleme ve veri kayıt sistemi ile güç sistemlerinde oluşan harmoniklerin izlenmesi ve ölçülmesi gerçekleştirilebilmektedir. Sistem için bir bilgisayar, bir veri toplama kartı, akım ve gerilim sinyallerinin alınması için de

cevap zamanı yüksek transdüserler ve kullanıcı dostu bir arayüz yazılımı gerekmektedir.

Sistem, elektrik güç sistemleri derslerinde eğitim amaçlı olarak kullanılabileceği gibi endüstriyel tesislerden veri toplama ve analizi amacıyla da kullanılabilir.

Alınan verilerin anlık olarak izlenmesini ve kaydedilmesini sağlayan arayüz yazılımı, değişik amaçlar için geliştirilebilecek açık mimari yapıdadır. Ayrıca, sistem parametrelerinin internet üzerinden de kontrolü ve izlenmesi imkanı da bulunmaktadır.

5. Kaynaklar

- [1] IEEE Standardı 1159-1995, "Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality", 8-12.
- [2] Türk Standardı, TS EN 61000-4-30, "Elektromanyetik Uyumluluk(EMU)- Bölüm 4-30: Deneyler ve Ölçme Teknikleri-Güç Kalitesini Ölçme Metotları", *Türk Standartları Enstitüsü*, Şubat 2007.
- [3] Adak, S., "Enerji Sistemlerinde Harmonik Distorsiyonunun Azaltılması", *Doktora Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2-38, 2003.
- [4] Ellis, R. G., "Harmonic Analysis of Industrial Power Systems", *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol.32, No.2, pp. 417-420, March/April 1996.
- [5] Taşkın, S. ve Gökozan, H., "Determination of the Spectral Properties and Harmonic Levels for Driving an Induction Motor by an Inverter Driver under the Different Load Conditions", *Electronics and Electrical Engineering*, No.2(108), pp.79-84, 2010.
- [6] Vatansever, F., Uyaroglu, Y. ve Özdemir, A., "Dalgacık Paket Tabanlı Harmonik Analizi", *IATS'09, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Karabük, 1-5, Mayıs 2009.
- [7] Kocatepe, C., Uzunoğlu, M., Yumurtacı, R., Karakaş, A. ve Arıkan, O., "Elektrik Tesislerinde Harmonikler", *Birsan Yayınevi*, 2-1-2-4, İstanbul, 2003.
- [8] Arrillaga, J. ve Watson, N.R., "Power System Harmonics", *John Wiley&Sons Ltd.*, 20-386, 2003.
- [9] Efe, S. B., "Güç Sistemlerinde Harmonikler ve Harmoniklerin Analizi", *Yüksek Lisans Tezi*, İnönü Üniversitesi, 2-58, 2006.
- [10] Bayhan, S. ve Demirbaş, Ş., "Güç Sistemlerinde Enerji Kalitesi Bozukluklarının Eşzamanlı Tespit Edilmesi", *E-Journal of New World Sciences Academy, Fırat Üniversitesi dergisi*, Volume 4, Number 2, 120-135, 2009.
- [11] Ertuğrul, N., "LabVIEW for Electric Circuits, Machines, Drives and Laboratories", *Prentice Hall*, 34-42, 2002.
- [12] Gökozan, H., "Endüstriyel Tesislerde Güç Kalitesinin İzlenmesi, Analizi ve Uygun Harmonik Filtre Seçimi", *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi*, 2011.