Görgül Kip Ayrışımı ve Hilbert Dönüşümü Kullanılarak Güç Kalitesi Bozukluklarının Analizi

[1]Yasemin Önal *[2]Doğan Gökhan Ece*[2]Ömer Nezih Gerek
[1] Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Turkiye
[2]Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anadolu Üniversitesi, Turkiye

Özet :

Güç kalitesindeki bozulmalar gerilimdeki anlık yükselmeler, gerilim çöküşleri, uzun ve kısa süreli kesintiler, gerilimdeki harmonikler ve kırpışma gibi sorunlardır. Bu çalışmada, güç kalitesindeki bozulmaları belirlemek için Görgül Kip Ayrışımı (GKA) ve Hilbert Dönüşümünün (HD) birleşimine dayalı bir yöntem geliştirilmiştir. GKA ve HD durağan olmayan ve lineer olmayan sinyallerin analizinde kullanılan yeni bir sinyal işleme yöntemidir. Güç kalitesindeki bozulmaların gerilim seviyesi üzerinde belli bir süre ile "zarf" oluşturduğu bilindiğinden bu yöntem ile analizi uygundur. Önerilen yöntemde, bozulma olan gerilim sinyali GKA kullanılarak Öz Kip İşlevleri (ÖKİ) bileşenlerine ayrıştırılmaktadır. Bozulmanın genliğinin ve frekansının belirlenebilmesi için ÖKİ bileşenlerine HD uygulanmaktadır. GKA kullanılarak salınım gösteren sinyalin zarfındaki değişimlerin kolaylıkla bulunabilmesi nedeniyle, bu yöntemin bozulmaları bulmada verimli olacağı düşünülmüştür. Simülasyonlar güç kalitesi bozulmalarından gerilim çökmesi, gerilim yükselmesi ve harmonik olan gerilim sinyalleri kullanılarak yapılmıştır. Simülasyonların sonucunda, yöntemin güç kalitesi bozukluklarının analizinde verimli olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Görgül Kip Ayrışımı , Hilbert Dönüşümü, Öz Kip İşlevleri , Hilbert-Huang Dönüşümü , Güç Kalitesi

1. Giriş

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 ideal sinüs şeklinden uzaklaşmaktadır. Bunun sonucunda tüketicilere sağlanan elektrik enerjisinde kalitesizlikler oluşmaktadır[1].
Günümüzde elektroniğin gelişmesiyle hassas yüklerin de sayısı da artmaktadır. Enerji kalitesi hassas yükler için önem arz etmektedir. Hassas yükler, gerilim dalgalanmalarından ve harmoniklerden olumsuz etkilenmekte, hatalı çalışmakta veya arızalanmaktadır. Güç elektroniğinde kullanılan yarı iletkenlerin birçoğu güç kalitesinde bozulmalara sebep olmakta ve harmonik kaynak olarak çalışmaktadır. Örneğin ayarlı sürücüler, doğrultucular ve anahtarlamalı güç kaynakları birer harmonik kaynak olarak çalışmaktadır [2].
Güç kalitesi, güç sisteminin incelenen herhangi bir noktasında ideal sinüs şeklindeki gerilimin nominal genlik ve frekans değerlerini sürdürmesi olarak da tanımlanmaktadır. Güç kalitesi bozulmaları IEEE 1159 standardında kısa süreli darbe ve salınım, kısa süreli kesinti, çökme ve yükselme, uzun süreli kesinti, gerilim çökmesi ve gerilim yükselmesi, gerilim dengesizliği, harmonik, ara harmonik, çentik ve gürültü, gerilim kırpışması ve şebeke frekans değişimleri olarak sınıflandırılmaktadır [3-4].

*Corresponding author:Yasemin Önal Adres: Mühendislik fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik TURKEY. E-mail adresi: yasemin.onal@bilecik.edu.tr, Phone: +902282141719

Standartlarda doğrultusunda güç sistemindeki bozulmaların tespit edilebilmesi için literatürde farklı yöntemler kullanılmaktadır[5]. Bu yöntemlerde sıklıkla Fourier Dönüşümü FD, Kısa Dönem Fourier Dönüşümü KDFD ve Dalgacık Dönüşümü DD kullanılmaktadır. FD kullanılan yöntemler genellikle sinyaldeki harmonik bileşenlerin bulunmasında kullanılmaktadır. Fakat FD yalnızca zamanla değişmeyen durağan sinyallerde başarılı olmaktadır. Güç kalitesi bozulmaları durağan olmayan sinyallerdir. KDFD kullanılan yöntemlerde sabit bir pencere fonksiyonu kullanılmaktadır. Fakat KDFD büyük miktarda hesaplama gerektirmektedir [6-7]. DD kullanılan yöntemler durağan olmayan sinyallerin analizlerinde kullanılmakta ve iyi sonuçlar vermektedir. Fakat gürültü olan sinyallerde yöntemin performansı azalmaktadır[8-9].
Güç kalitesi bozulmalarının analiz edilmesi için yeni yöntemler gerekmektedir. 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 [10].
Bu çalışmada, güç kalitesindeki bozulmaları belirlemek için GKA ve HD'ye dayalı bir yaklaşım önerilmektedir. Önerilen yöntemde, ilk olarak bozulma olan gerilim sinyali GKA kullanılarak farklı frekanslardaki bileşenlerine ayrıştırılmaktadır. İkinci olarak bozulmanın genliğinin ve frekansının belirlenebilmesi için GKA sonucunda elde edilen her bir ÖKİ bileşenine HD uygulanmaktadır. Simülasyonlar güç kalitesi bozulmalarından gerilim çökmesi, gerilim yükselmesi ve harmonik olan gerilim sinyalleri kullanılarak yapılmıştır.

2. Görgül Kip Ayrışımı

HHD iki kısımdan oluşmaktadır. Birincisi eleme işlemi ile sinyalden ÖKİ'lerin elde edildiği GKA ve ikincisi genlik, anlık faz ve frekans bilgisinin elde edildiği HD [11].
GKA yöntemi ile sinyal, farklı frekanslardaki bileşenlerine ayrıştırılmaktadır. GKA'nın sonucunda elde edilen ilk ÖKİ bileşeni orjinal sinyalde en yüksek frekansa sahip olan bileşen olmaktadır. İkinci ÖKİ bileşeni ise frekansı küçük olan bileşendir. ÖKİ'lerin genlikleri ve frekansları sabit olmayıp zamanla değişiklik gösterebilmektedir. Huanga göre, asıl sinyal ile aynı uzunlukta olan ÖKİ'lerin iki önemli özelliği bulunmaktadır [10-12]:

1) Ekstremum noktalarının sayısı ile sıfır geçiş noktalarının sayısı ya birbirine eşittir ya da en fazla tek bir birim kadar farklıdır;

2) Yerel maksimum olarak tanımlanan zarfın ve yerel minimum olarak tanımlanan zarfın ortalama değeri sıfırdır.

İncelenen sinyal $x(t)$ olmak üzere:

1. $x(t)$ sinyalindeki tüm maksimum ve minimum noktalar bulunarak işaretlenir. Bulunan üst ekstremum ve alt ekstremum noktaları aradeğerleme ile birleştirilerek bir üst zarf ve bir alt zarf elde edilir. Zarfların ortalaması alınarak $x(t)$ sinyalinin ortalama zarf m_1 elde edilir.

2. Ortalama zarf $x(t)$ sinyalinden çıkartılarak düşük frekanslı yeni bir sinyal h_1 elde edilir. Elde edilen h_1 sinyali ÖKİ özelliklerini sağlamıyorsa ilk adım h_1 sinyali üzerine uygulanmaya devam eder. Bir sonraki adımda h_1 veri olarak ele alınır ve $h_{11} = h_1 - m_{11}$ elde edilir. Bu şekilde işlemler tekrarlanır $h_{1k} = h_{1(k-1)} - m_{1k}$.

Eğer ortalama zarf sinyali ÖKİ özelliklerini sağlıyorsa eleme işlemi durdurulur. Eleme işlemini durdurma kriteri olarak iki farklı kriter kullanılabilir [10-12]. Bir kere durdurma kriteri

seçildikten sonra, ilk ÖKİ bileşeni $c_1 = h_{1k}$ elde edilmiş olur. c_1 sinyalin en iyi ölçeğini veya en kısa peryot bileşenini içermektedir.

3. Veriden ilk ÖKİ bileşeni çıkartılarak onun artık sinyali r_1 elde edilir. r_1 hala verideki uzun peryot değişimlerini içermesinden dolayı, yeni bir veri olarak ele alınır ve yeni bir eleme işlemi başlatılır $r_2 = r_1 - c_2, ..., r_n = r_{n-1} - c_n$.

Bu prosedür tüm sonraki r_j'ler için tekrarlanır. Geriye kalan m sinyali ise artık sinyal olarak adlandırılır (r_n).

4. Son olarak eleme işlemi, artık sinyal r_n önceden belirlenmiş bir değerden küçük olduğunda veya monoton fonksiyon olduğu zaman durur. Giriş sinyali ÖKİ bileşenlerinin ve artık sinyalin toplamı olarak (2) ile gösterilmektedir.

$$x(t) = r_n + \sum_{j=1}^{n} c_j \tag{2}$$

Burada $x(t)$ analiz edilen sinyal, n ölçek sayısı, c_j ise j'ninci ölçekteki ÖKİ'dir. r_n ise yinelemeler sonunda geriye kalan artık sinyaldir.

3. Hilbert Dönüşümü

GKA sonucunda elde edilen ÖKİ bileşenlerine HD uygulanır. Her ÖKİ bileşenine $c_j(t)$ HD uygulandıktan sonra, yeni bir veri serisi (3) ile elde edilir.

$$y_j(t) = \frac{1}{\pi} P.V. \int_{-\infty}^{\infty} \frac{c_j(\tau)}{t-\tau} d\tau \tag{3}$$

Burada P.V. bu integralin Cauchy prensip değerini göstermektedir. Bu tanımdan analitik sinyal $z_j(t) = c_j(t) + iy_j(t) = a_j(t)e^{i\theta_j(t)}$ ile oluşturulur. Burada $z_j(t)$'nin anlık genliği, anlık açısal frekansı ve anlık frekansı (4) ile hesaplanmaktadır:

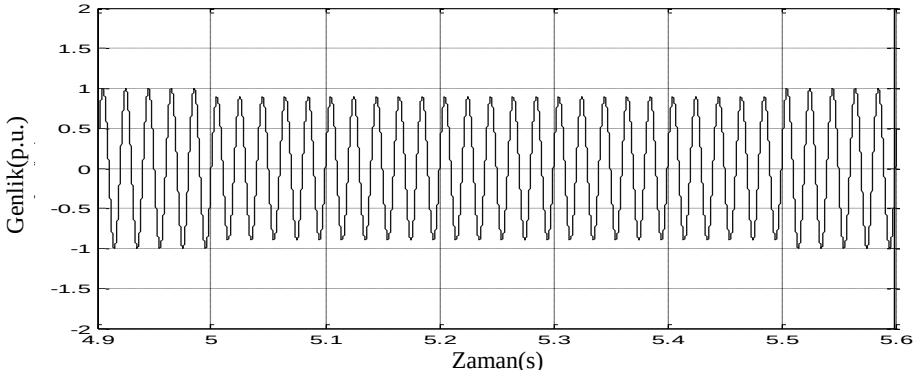
$$\begin{aligned} a_j(t) &= \sqrt{c_j^2(t) + y_j^2(t)} \\ \theta_j(t) &= \arctan \frac{y_j(t)}{c_j(t)} \\ w_j(t) &= \frac{d\theta_j(t)}{dt} \\ f(t) &= \frac{1}{2\pi} \frac{d\theta_j(t)}{dt} \end{aligned} \tag{4}$$

4. Simülasyonlar

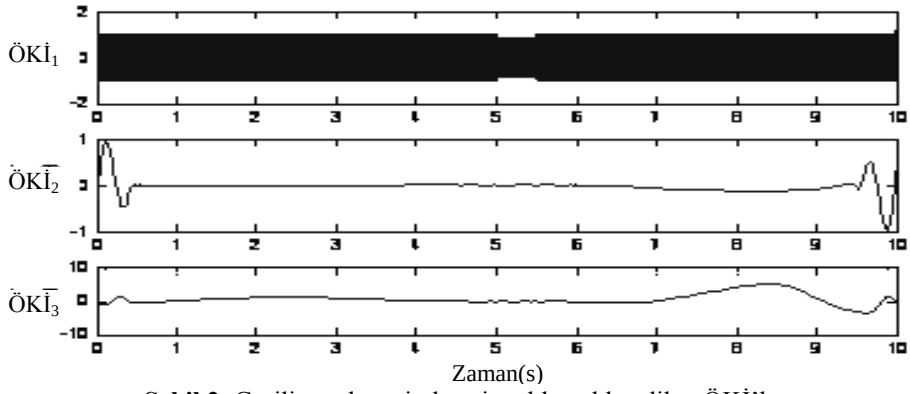
Belirtilen simulasyonlar MATLAB'da gerçekleştirilmiştir. Güç kalitesi bozulmalarından gerilim çökmesi, gerilim yükselmesi ve harmonik olan gerilim sinyali yukarıda anlatılan yöntem için test edilmiştir. Belirtilen örneklerin tümü için gerilim sinyalinin genliği birim değerdir.

4.1. Gerilim çökmesi olan sinyalin analizi

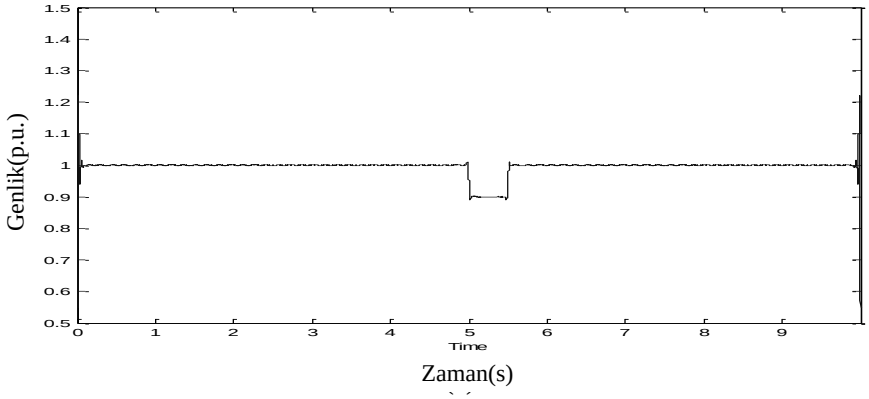
Giriş sinyalinde sinyalin genliği 5-(5.5). saniyeler arasında 1 birimden 0.9 birime düşürülmektedir. Şekil 1'de giriş sinyali gösterilmektedir. Giriş sinyaline GKA uygulanarak ÖKİ'ler elde edilmektedir. Şekil 2'de GKA sonucunda elde edilen ÖKİ sinyalleri gösterilmektedir. ÖKİ$_1$'e HD uygulanarak gerilim düşümü olan sinyalin genliği ve frekansı elde edilmektedir. Şekil 3 a ve b'de HHD sonucu elde edilen genlik sinyali ve frekans sinyali gösterilmektedir.

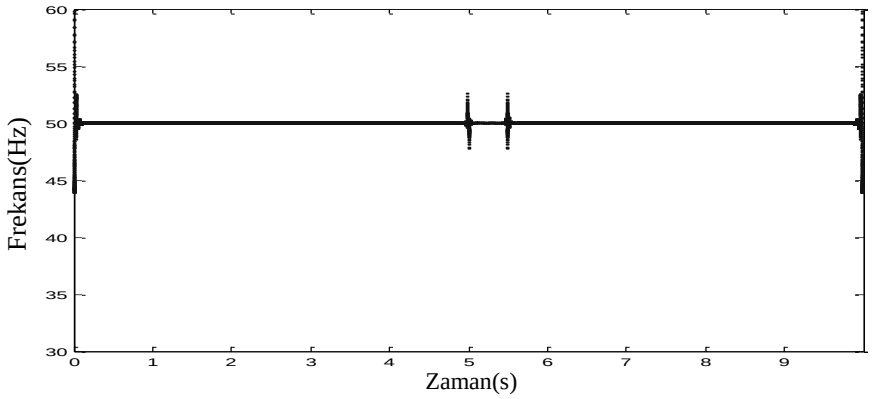


Şekil 1. Gerilim çökmesi olan sinyal



Şekil 2. Gerilim çökmesi olan sinyalden elde edilen ÖKİ'ler



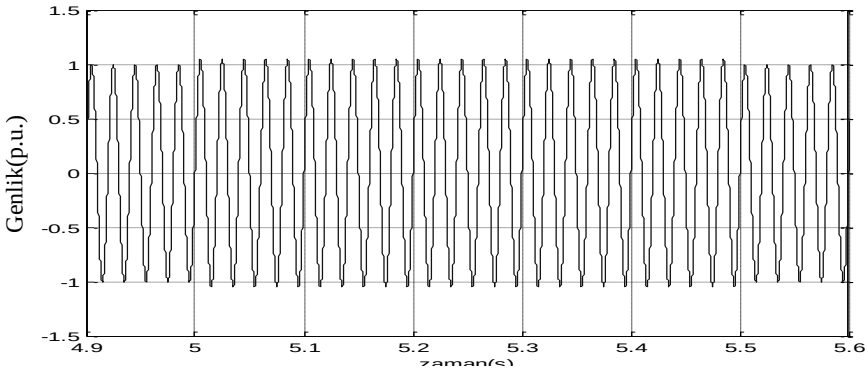


(b)

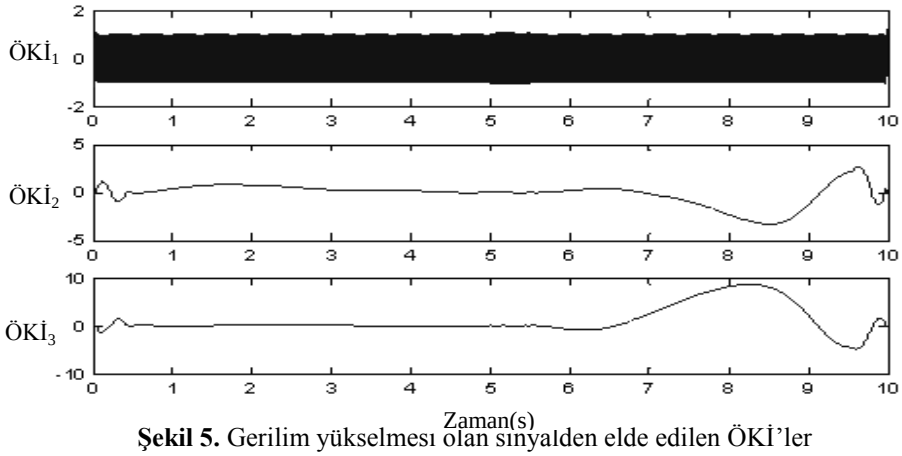
Şekil 3. Gerilim çökmesi olan sinyalin HHD'sinden elde edilen (a) genlik ve (b)frekans sinyali

4.2. Gerilim yükselmesi olan sinyalin analizi

Giriş sinyalinde sinyalin genliği 5-(5.5). saniyeler arasında 1 birimden 1.05 birime yükseltilmektedir. Şekil 4'de giriş sinyali gösterilmektedir. Giriş sinyaline GKA uygulanarak ÖKİ'ler elde edilmektedir. Şekil 5'de elde edilen ÖKİ sinyalleri gösterilmektedir.

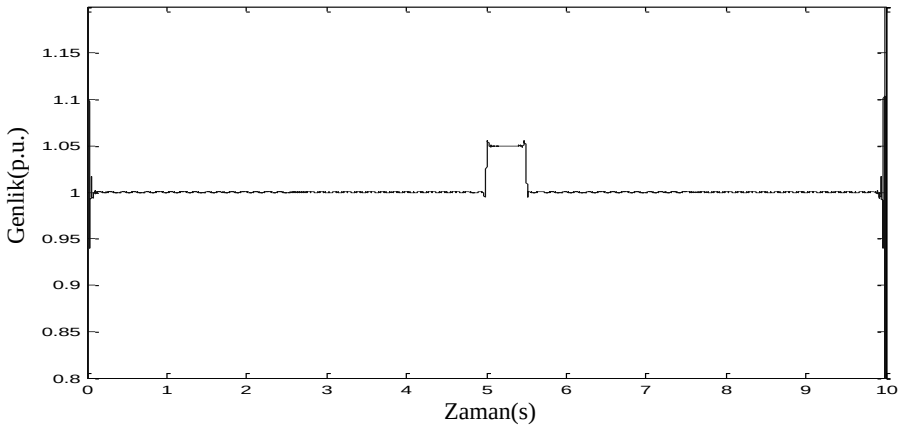


Şekil 4. Gerilim yükselmesi olan sinyal

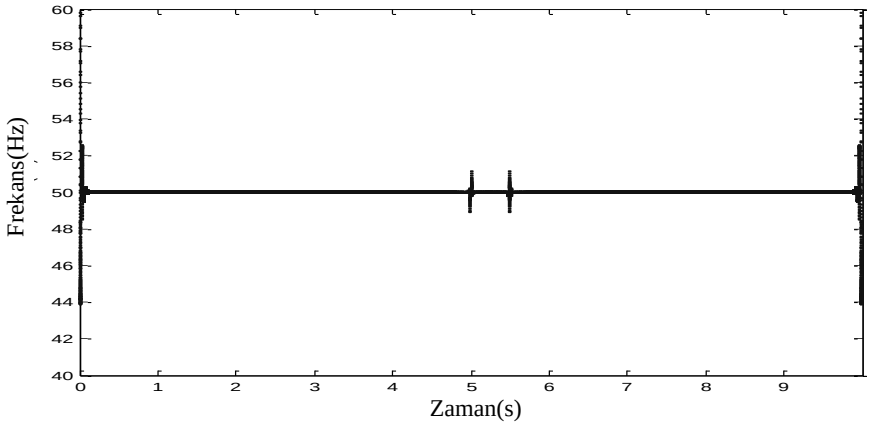


Şekil 5. Gerilim yükselmesi olan sinyalden elde edilen ÖKİ'ler

ÖKİ$_1$'e HD uygulanarak gerilim yükselmesi olan sinyalin genliği ve frekansı elde edilmektedir. Şekil 6 a ve b'de HHD sonucu elde edilen genlik sinyali ve frekans sinyali gösterilmektedir.



(a)



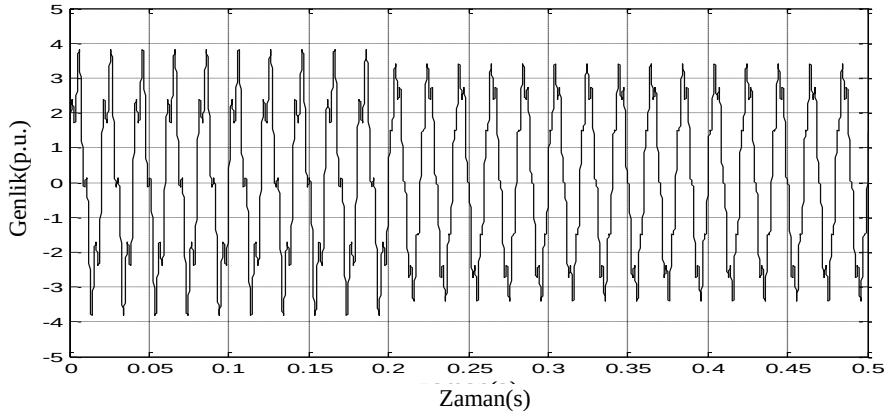
(b)

Şekil 6. Gerilim yükselmesi olan sinyalin HHD'sinden elde edilen (a) genlik ve (b)frekans sinyali

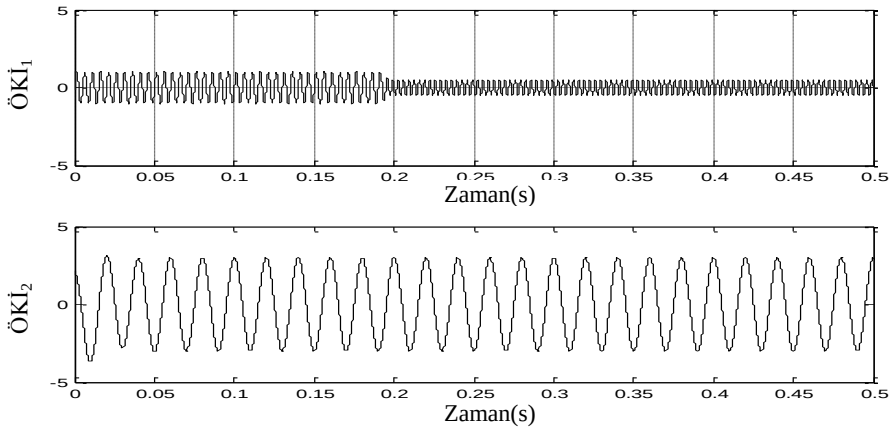
4.3. Harmonikli giriş sinyalinin analizi

Giriş sinyali $u(t) = \begin{cases} 3\sin(2\pi 50t) + \sin(2\pi 200t)(0 \le t \le 0.2) \\ 3\sin(2\pi 50t) + 0,5\sin(2\pi 300t)(0.2 \le t \le 0.5) \end{cases}$ eşitliği ile elde edilmektedir.

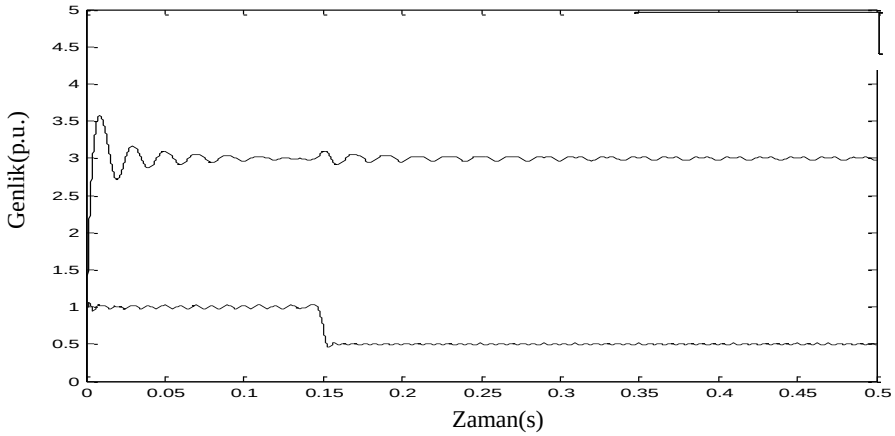
Harmonikli giriş sinyali Şekil 7'de gösterilmektedir. GKA'nın sonucunda elde edilen ilk ÖKİ giriş sinyalinde en yüksek frekansa sahip olan bileşendir. İkinci ÖKİ frekansı küçük olan bileşendir. Şekil 8'de GKA sonucunda elde edilen ÖKİ$_1$ ve ÖKİ$_2$ gösterilmektedir. ÖKİ$_1$ 200Hz ve 300 Hz'lik frekanslara sahip iki harmonik sinyalini ve ÖKİ$_2$'de 50 Hz'lik frekansa sahip temel sinyali içermektedir. Harmonikler ve temel sinyal GKA sonucunda ayrıştırılmaktadır. HD kullanılarak her ÖKİ bileşeninden sinyallerin genlikleri ve frekansları elde edilmektedir. Şekil 9 a'da HHD sonucunda elde edilen genlik sinyalleri ve b'de frekans sinyalleri gösterilmektedir.



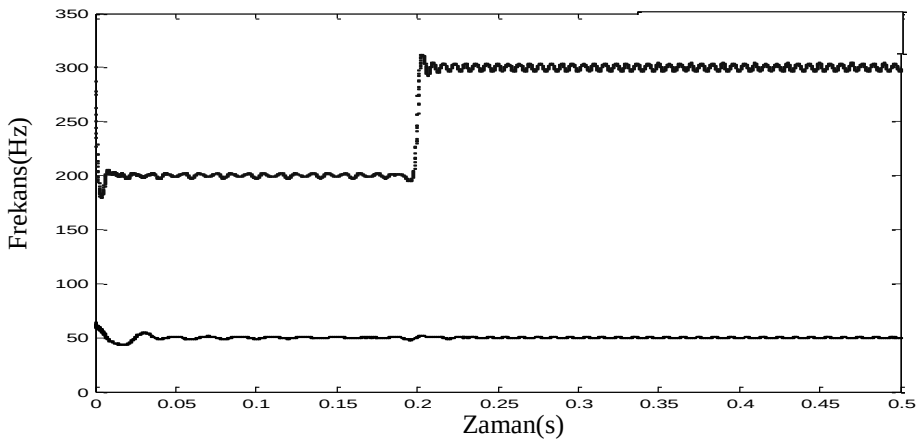
Şekil 7. Harmonikli giriş sinyali



Şekil 8. Harmonikli giriş sinyalinden GKA kullanılarak elde edilen ÖKİ'ler



(a)



(b)

Şekil 9. Harmonikli sinyalden HHD kullanılarak elde edilen (a) genlikler ve (b)frekanslar

5. Sonuç

Bu çalışmada güç kalitesindeki bozulmaları belirlemek ve değerlendirmek için görgül kip ayrışımı ve hilbert dönüşümüne dayalı yeni bir yöntem önerilmektedir. Bu yöntem çoklu çözünürlüklü sinyal ayrışımına ve yeniden yapılandırmaya dayanmaktadır. GKA ve HD yöntemi durağan olmayan ve lineer olmayan verilerin analizinde güçlü bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada güç kalitesi bozulmalarından gerilim çökmesi, gerilim yükselmesi ve harmonik olan gerilim sinyalleri analiz edilmiştir. Güç kalitesi bozulmaları GKA kullanılarak ÖKİ bileşenlerine ayrıştırılmaktadır. Daha sonra HD kullanılarak ÖKİ'den bozulmanın genliği ve frekansı belirlenmektedir. Simulasyon sonuçları bozulmaların doğru bir şekilde tespit edilmesinde ve meydana geldiği başlangıç ve bitiş zamanlarının belirlenmesinde yöntemin başarılı olduğunu göstermektedir.

Referanslar

[1] Dugan, R.C., McGranaghan, M.F., Santoso, S., Beaty, H.W., Electrical Power Systems Quality, MC Graw-Hill Companies, New York, 2003.

[2] Fuchs, E.F., Masoum M.A.S., Power Quality in Electrical Machines and Power Systems, Academic Press, 2008.

[3] IEC Standards Association, IEC Stad 61000-4-15, Flickermeter: Functional and Design Specifications, 1999.

[4] IEC Standards Association, IEC Stad IEEE Standard 1159. "Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality",

[5] Jurado F., Acero N., Ogayar B., "Application of Signal Processing Pools for Power Quality Analysis" Electrical and Computer Engineering IEEE CCECE 2002, Canadian Conference on, vol:1,pp.82-87, 2002.

[6] 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, pp.1-5, 2008.

[7] Y. H. Gu and M. H. J. Bollen, “Time-frequency and time-scale domain analysis of voltage disturbances,” IEEE Trans. Power Del., vol. 15, no. 4, pp. 1279–1284, Oct. 2000.

[8] Poisson O., Rioual P., Meunier M., “Detection and Measurement of Power Quality Disturbances Using Wavelet Transform”, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 15, no.3 July 2000.

[9] Chandrasekar P., Kamaraj V., “Detection and Classification of Power Quality Disturbance waveform Using MRA Based Modified Wavelet Transfrom and Neural Networks”, Journal of Electrical Engineering. Vol.61, pp.235–240, June 2011.

[10] N. E. Huang, Z. Shen, S. R. Long, et al. “The Emprical Mode Decomposition and The Hilbert Spectrum for Nonlinear and non-stationary time series analysis”, Proc R. Soc. Lond A., vol.454,pp.903-995,1998.

[11] Rilling G., Flandrin P., Gonvalves P., “On Emprical Mode Decomposition And İts Algorithms”, EEE-EURASIP Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing NSIP-03, Grado, No:3, pp.8-11, 2003.

[12] 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,pp.2-319-2-324, 2009.