Ortogonal Hilbert Huang Dönüşümü Kullanılarak Kırpışma İndeksi Pst'nin Hesaplanması

[1]Yasemin Önal *[2]Ümit Çiğdem Turhal
[1-2] Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Turkiye

Özet :

Kırpışma (flicker), büyük yüklerin kısa süreli devreye girip çıkması veya titreşimli yüklerden kaynaklanan ve gerilimin genliğinde kısa süreli dalgalanmalara sebep olan bir güç kalitesi problemidir. Uluslararası Elektroteknik Komisyonu tarafından tanımlanmış güç kalite indeksinde kısa dönem kırpışma indeksi Pst olarak hesaplanmaktadır. Son yıllarda lineer olmayan ve durağan olmayan sinyallerdeki değişimlerin bulunmasında Hilbert Huang Dönüşümü (HHD) yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada Pst'nin hesaplanması için Ortogonal HHD'ye dayalı bir yaklaşım önerilmektedir. Önerilen yöntemde, gerilim sinyali Görgül Kip Ayrışımı ile yerel salınımlar dikkate alınarak farklı frekanslardaki Öz Kip İşlevleri bileşenlerine (ÖKİ) ayrıştırılmaktadır. Daha sonra Gram Schmidt ortogonalleştirme yöntemi kullanılarak ÖKİ bileşenlerinden Ortogonal ÖKİ'ler elde edilmektedir. Ortogonal ÖKİ bileşenlerinden kırpışma zarfı elde edildik sonra genlik ve frekans Hilbert Dönüşümü kullanılarak elde edilmekte ve Pst istatistiksel yöntemler kullanılarak hesaplanmaktadır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda Ortogonal HHD yönteminin gerilim kırpışma analizinde ve Pst hesaplanmasında etkin olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ortogonallik, Hilbert-Huang Dönüşümü , Gerilim kırpışması, Pst, Güç Kalitesi

1. Giriş

Güç kalitesi problemlerinden olan gerilim dalgalanmalarının en önemli belirtisi ışık kaynaklarında görülen gerilim kırpışmasıdır. Gerilim kırpışması Avrupa Birliği IEC standartına göre parlaklık ve spektral dağılımının zamanla dalgalandığı bir ışık uyartımının göz duyusu üzerindeki kararsız etkisi olarak tanımlanmaktadır [1]. Gerilim kırpışması, motor ve generatörlerin işletim performansını bozmakta, elektronik cihazların ömürlerini azaltmakta ve yanlış çalışmalarına neden olmaktadır. Bilgisayar dünyasında işlem hatalarına ve bellek kayıplarına yol açmakta, ışık kaynaklarının etkinliklerini bozmaktadır. Aydınlatma amaçlı lambaların ışık parlaklığında ani değişimlere neden olmaktadır. Bu lambalardaki ışık parlaklığının değişmesi, enerji verimini düşürmekte ve insan gözünde rahatsız edici etkilere dolayısıyla psikolojik bir sıkıntıya yol açmaktadır[2].

Gerilim kırpışması için temel değerlendirme değişkeni olarak kısa dönem kırpışma indeksi Pst kullanılmaktadır. Pst IEC standartlarında güç kalitesinin önemli ve geçerli bir indeksidir. Pst'nin doğru bir biçimde hesaplanması güç kalitesinin izlenmesinde önemli bir yoldur. Gerilim kırpışmasının frekansı ve genliği doğru bir şekilde elde ettikten sonra kırpışma ile ilgili parametreler kolaylıkla hesaplanabilmektedir [3].

IEC standartında girdi sürekli gerilim dalgasıdır. Sürekli gerilim dalgasının örneklendirilmiş hali kullanıldığında ise literatürde kırpışma seviyesini belirlemek ve Pst'yi hesaplamak için birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD) [4], Kalman Filtresi (KF) [5], Hilbert dönüşümü (HD) [6-7], Dalgacık Dönüşümü (DD) ve Sürekli Dalgacık

*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

Dönüşümü (SDD)'dür [8-10].
HFD yönteminde çoğunlukla gerilim dalgasının frekans bölgesi ayrışımından yararlanılmaktadır. HFD'de sinyaller durağan olarak varsayılmaktadır. HFD lineer olmayan ve durağan olmayan sinyallerin analizinde başarılı olamamaktadır[4]. KF'de frekans spektrumu kalman filtresi ile hassas olarak elde edilmektedir fakat KF büyük bir sayısal hesaplama gerektirmekte ve parametrelerin tam olarak belirlenmesi gerekmektedir [5]. HD'de orjinal sinyalin HD'sinden sonra karmaşık bir sinyal elde edilmekte ve bu sinyal gerilim kırpışmasının genlik zarfının çıkarılmasında kullanılmaktadır. Genellikle HD zaman serilerinde genlik ve frekansın elde edilmesinde diğer yöntemlerle birlikte kullanılmaktadır [6-7]. DD ve SDD'de dalgacığa dayalı algoritma kullanılmaktadır. Bu algoritma ile gerilim sinyalinin direkt demodülasyonu alınmaktadır. Demodülasyondan sonra, gerilim dalgaşeklinin içerisinden tam sayı olmayan harmoniklerin çıkartılmasıyla kırpışma bileşenleri elde edilmektedir [8-10].
Bu çalışmada, gerilim kırpışmasının elde edilmesi ve Pst'nin hesaplanabilmesi için Ortogonal HHD'ye dayalı bir yaklaşım önerilmektedir. HHD Huang tarafından önerilen, Flandrin ve ekibi tarafından geliştirilen lineer olmayan ve durağan olmayan sinyallerin analizinde kullanılan anlık frekansa dayalı yeni bir sinyal işleme yöntemidir [11]. Önerilen yöntemde, gerilim sinyali Görgül Kip Ayrışımı (GKA) ile yerel salınımlar dikkate alınarak farklı frekanslardaki Öz Kip İşlevleri (ÖKİ) bileşenlerine ayrıştırılmaktadır. Daha sonra Gram Schmidt ortogonalleştirme yöntemi kullanılarak ÖKİ bileşenlerinden Ortogonal ÖKİ'ler elde edilmektedir. Ortogonal ÖKİ bileşenlerinden kırpışma zarfı elde edildik sonra Pst istatistiksel yöntemler kullanılarak hesaplanmaktadır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda Ortogonal HHD yönteminin gerilim kırpışma analizinde ve Pst'nin hesaplanmasında etkin olduğu gözlemlenmiştir.

2. Ortogonal Hilbert Huang Dönüşümü

HHT iki kısımdan oluşmaktadır: (1) ÖKİ'lerin elde edildiği GKA ve (2) kırpışma frekansı ve genliğinin elde edildiği hilbert dönüşümü [11].
GKA yöntemi ile sinyal, yerel salınımlar dikkate alınarak farklı frekanslardaki ÖKİ bileşenlerine ayrılır. Her bir ÖKİ sinyal içerisindeki basit bir salınımı simgelemektedir. ÖKİ'lerin genlikleri ve frekansları sabit olmayıp zamanla değişiklik gösterebilmektedir. ÖKİ'ler değişik frekans bantlarına karşılık gelmektedir ancak önceden belirlenmiş frekans bantları bulunmamaktadır. Huanga göre, asıl sinyal ile aynı uzunlukta olan ÖKİ'lerin iki önemli özelliği bulunmaktadır:
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 [7]
Giriş sinyali ÖKİ bileşenlerinin ve artık sinyalin toplamı olarak (1) ile verilmektedir.

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

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

2.1 Ortogonal Görgül Kip Ayrışımı

GKA kübik aradeğerlemenin son etkisi veya anormal durumlar gibi bazı nedenlerle teoride ortogonal değildir. GKA'dan elde edilen ÖKİ'lerin ortogonalleştirilme sürecinde tamamen ortogonal ÖKİ bileşenleri elde edilmektedir[12]. Ortogonalleştirme süreci aşağıdaki gibidir:

I. Ortogonal GKA kullanılarak, giriş sinyali ortogonal ÖKİ bileşenlerinin $\bar{c}_j(t)$ (j=1,2,..,n) ve artık sinyalin $r_n(t)$ toplamı olarak (2) ile verilebilmektedir.

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

II. $c_1(t) = \bar{c}_1(t)$ eşitlenerek $x(t)$ sinyalinin birinci ortogonal ÖKİ bileşeni elde edilmektedir.

III. GKA'dan bilindiği gibi, $\bar{c}_2(t)$'nin $\bar{c}_1(t)$'ye ortogonalliği teorik olarak garantilenemez[12]. Bundan dolayı, $x(t)$'nin ikinci ortogonal ÖKİ bileşenini elde etmek için denklem (3) ve (4)'de verilen eşitlikler kullanılarak $\bar{c}_2(t)$'den kısmi $c_1(t)$'yi çıkartan kriter uyarlanabilir. Böylece $c_2(t)$ (3) ve (4)'deki gibi verilebilmektedir.

$$c_2(t) = \bar{c}_2(t) - \beta_{21} c_1(t) \tag{3}$$

$$\beta_{21} = \frac{\{\bar{c}_2(t)\}^T \{c_1\}}{\{c_1\}^T \{c_1\}} = \sum_{i=1}^{N} \bar{c}_{2i} c_{1i} \Big/ \sum_{i=1}^{N} c_{1i}^2 \tag{4}$$

IV. Yukarıda anlatılan aynı kriter uyarlanarak GKA çıkışındaki $x(t)$'nin (j+1)'inci ÖKİ bileşeninden j'ye kadar olan önceki tüm kısmi ortogonal ÖKİ bileşenleri çıkartılarak $x(t)$'nin (j+1)'inci ortogonal ÖKİ bileşeni (5) ve (6) kullanılarak elde edilmektedir.

$$c_{j+1}(t) = \bar{c}_{j+1}(t) - \sum_{i=1}^{j} \beta_{j+1,i} c_i(t) \tag{5}$$

$$\beta_{j+1,i} = \frac{\{\bar{c}_{j+1}(t)\}^T \{c_i\}}{\{c_i\}^T \{c_i\}} = \sum_{i=1}^{N} \bar{c}_{j+1,m} c_{i,m} \Big/ \sum_{i=1}^{N} c_{im}^2 \tag{6}$$

Yukarıda ÖKİ bileşenleri için verilen ortogonalleştirme süreci ortogonal GKA olarak isimlendirilmektedir[12]. Bazı cebirsel işlemlerden sonra $x(t)$ aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$x(t) = r_n(t) + \sum_{j=1}^{n} a_j c_j(t) \tag{7}$$

Burada $a_j = \sum_{i=1}^{n} \beta_{ij} \left(j = 1, 2, \ldots n \right)$ ve $\beta_{ij} = 1 (i = j)$'dir.

Ortogonal HHD yöntemi GKA'dan ÖKİ bileşenlerini elde etme sürecini değiştirmez. Gerçekte bu işlem ÖKİ'lerin ortogonalleştirilmesi ve nümerik olarak yeniden gruplandırılması işlemidir.

2.2 Hilbert dönüşümü

Elde edilen ortogonal ÖKİ bileşenlerine $\bar{c}_j(t)$ HD uygulanmaktadır:

I. Her ortogonal ÖKİ bileşenine HD uygulandıktan sonra, yeni bir veri serisi $y_j(t)$ (8) elde edilmektedir:

$$y_j(t) = \frac{1}{\pi} P\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\bar{c}_j(\tau)}{t-\tau} d\tau \tag{8}$$

II. Bu tanımdan karmaşık bir veri serisi (9) ile oluşturulmaktadır:

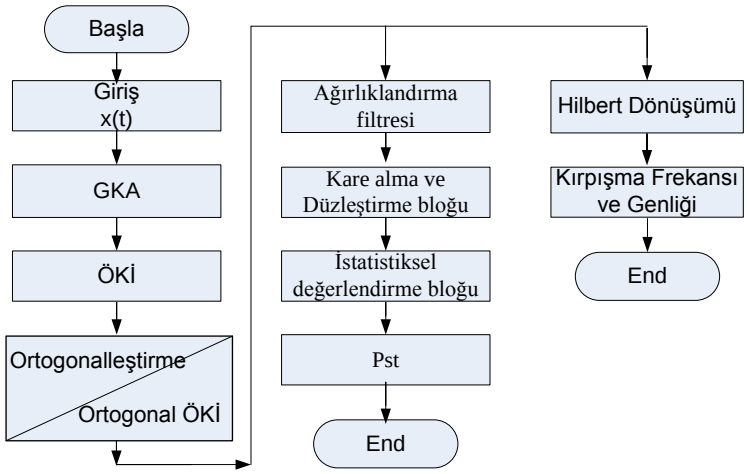
$$z_j(t) = \bar{c}_j(t) + iy_j(t) = a_j(t)e^{i\theta_j(t)} \tag{9}$$

III. Burada $z_j(t)$ 'nin anlık genlik ve fazı, anlık frekansı (10) ile hesaplanmaktadır:

$$\begin{aligned} a_j(t) &= \sqrt{\bar{c}_j^2(t) + y_j^2(t)} \\ \theta_j(t) &= \arctan\frac{y_j(t)}{\bar{c}_j(t)} \\ f(t) &= \frac{1}{2\pi}\frac{d\theta_j(t)}{dt} \end{aligned} \tag{10}$$

3. Kısa Dönem Kırpışma İndeksi Pst'nin Hesaplanması

P_{st}'nin ortogonal HHT ile elde edilmesi Şekil 1'deki algoritma ile gösterilebilir.



Şekil 1. P_{st} Algoritması

Pst'nin doğru olarak hesaplanması için gerilim kırpışmasının doğru olarak modellenmesi çok önemlidir. Gerilim kırpışma dalgaşekli genlik modülasyonlu dalga şekline AM harmonik bileşenler eklenerek ifade edilebilmektedir. Modüle edilmiş sinyal rastgele frekansları ve genlikleri olan sinüsoidal bileşenlerin toplamı şeklinde gösterilebilmektedir. Matematiksel olarak, harmonik bileşenler ihmal edilirse gerilim kırpışması (11) denklemi ile elde edilmektedir[1]:

$$u(t) = A_0\left(1 + m\cos(2\pi f_f t + \phi_1)\right)\cos(2\pi f_0 t + \varphi_0) \tag{11}$$

Burada A_0, taşıyıcı sinyalin genliğini; f_0, taşıyıcı frekansı; φ_0, taşıyıcı sinyalin başlangıç faz açısını; m, kırpışma genliğini; f_f ve ϕ_1 sırasıyla kırpışmanın frekansını ve başlangıç faz açısını göstermektedir.

Ortogonal GKA uygulanmadan önce giriş sinyalinin karesi alınmaktadır. Gerilim sinyalinin karesi alındığında $m \ll 1$ olduğu için m^2'li terimler daha da küçüleceğinden dolayı ihmal edilirse ve başlangıç faz açıları sıfır derece alınırsa karesi alınan sinyal (12) eşitliği ile elde

edilmektedir. Taşıyıcı sinyalin frekansının iki katı olan bileşenler, doğru akım bileşeni ve kırpışma bileşeni ortogonal GKA sonucunda ayrıştırılmakta ve kırpışma zarfı $A_0^2 m\cos(2\pi f_f t)$ elde edilmektedir.

$$u^2(t) \cong \frac{A_0{}^2}{2} + A_0{}^2 m\cos(2\pi f_f t) + \frac{A_0{}^2}{2}\cos(2\pi(2f_0)t) + \frac{A_0{}^2 m}{2}\cos(2\pi(2f_0 + f_f)t) + \frac{A_0{}^2 m}{2}\cos(2\pi(2f_0 - f_f)t) \quad (12)$$

Kırpışma zarfı elde edildik sonra, Pst IEC'de önerilen yönteme uygun olarak hesaplanmaktadır. Kırpışma bileşeni elde edildiği zaman, ağırlıklandırma katsayılarının hesaplandığı algılanabilirlik ağırlıklandırma filtresinden geçirilmektedir. Bu filtre doğru akım bileşenlerini ve mevcut şebeke frekansının iki katında olan bileşenleri ortadan kaldırmakta ve 8.8 Hz merkezlenmiş bir ortageçiren filtre cevabı vermektedir. Elde edilen sinyal kare alma ve düzleştirme bloklarından geçirilmektedir. Kare alma çoklayıcısı ağırlıklandırılmış kırpışma işaretinin karesini alarak, doğrusal olmayan göz-beyin algılamasını benzeştirmektedir. Düzleştirme bloğu zaman sabiti 300ms olan birinci derece alçak geçiren filtreden oluşmaktadır. Bu filtre ile beynin depolama etkisi benzeştirilmiş olmakta ve anlık kırpışma seviyesi (S) elde edilmektedir. Son olarak S istatistiksel değerlendirmeden geçirilmekte ve Pst eşitlik (13) kullanılarak hesaplanmaktadır [1].

$$\begin{aligned} P_{st} &= \sqrt{\sum_i k_i P x_i} = \sqrt{0,0314P_{0,1} + 0,0525P_{1s} + 0,0657P_{3s} + 0,28P_{10s} + 0,08P_{50s}} \\ P_{50s} &= (P_{30} + P_{50} + P_{80})/3 \\ P_{10s} &= (P_6 + P_8 + P_{10} + P_{13} + P_{17})/5 \\ P_{3s} &= (P_{2,2} + P_3 + P_4)/3 \\ P_{1s} &= (P_{0,7} + P_1 + P_{1,5})/3 \end{aligned} \quad (13)$$

k_i i'ninci ağırlıklandırma katsayısı

P_{xi} Gözlem periyodunun % x_i'sini aşan birikimli olasılık fonksiyonu eğrisi seviyesidir[1].

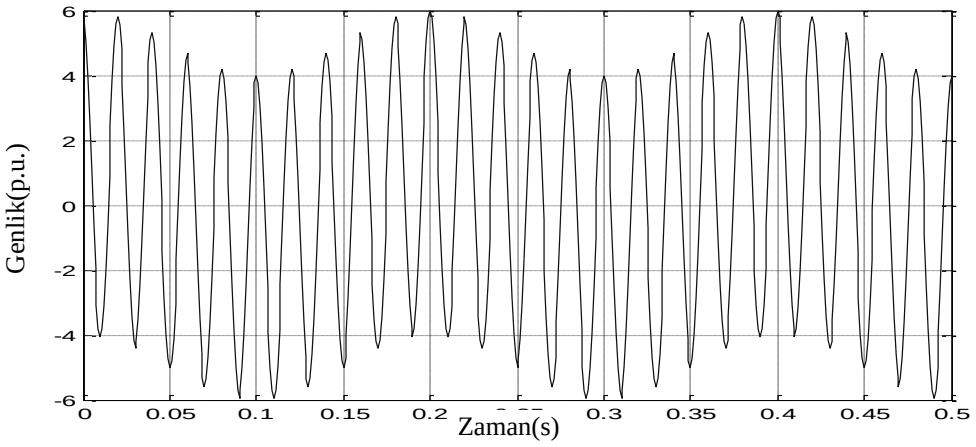
4. Simülasyonlar

Belirtilen simulasyonlar MATLAB'da gerçekleştirilmiştir. Belirtilen örneklerin tümü için gerilim sinyalinin genliği birim değerdir.

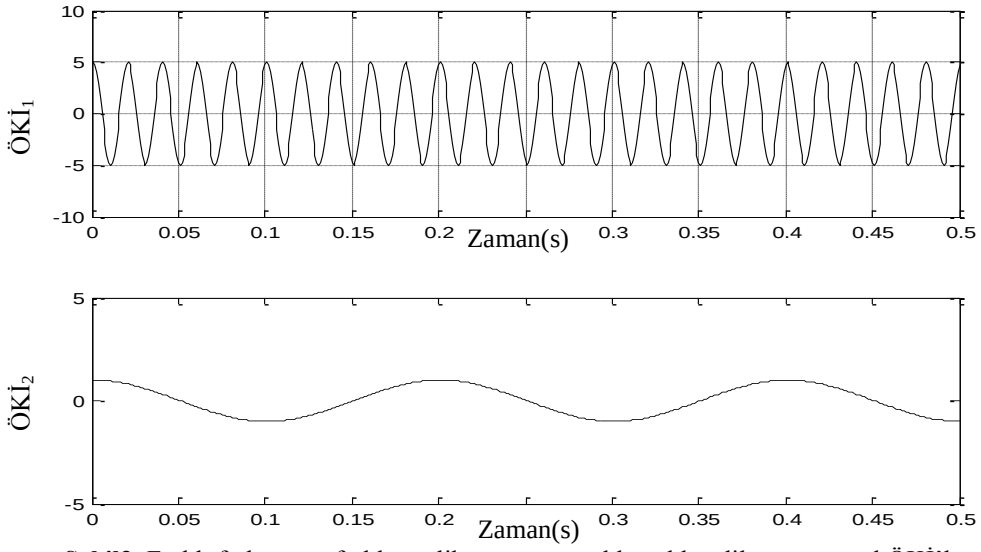
4.1 İki sinyalin toplamından elde edilen sinyalin Ortogonal HHD kullanılarak analizi

Giriş sinyali $u(t) = 5\sin(2\pi f_1 t) + 1\sin(2\pi f_2 t)$ 'dir. Burada $f_1 = 50\text{Hz}$ ve $f_2 = 5\text{Hz}$ 'dir. Giriş sinyali Şekil2 de gösterilmektedir. Ortogonal GKA'nın sonucunda elde edilen ilk ortogonal ÖKİ giriş sinyalinde en yüksek frekansa sahip olan bileşendir. İkinci ortogonal ÖKİ frekansı küçük olan bileşendir.

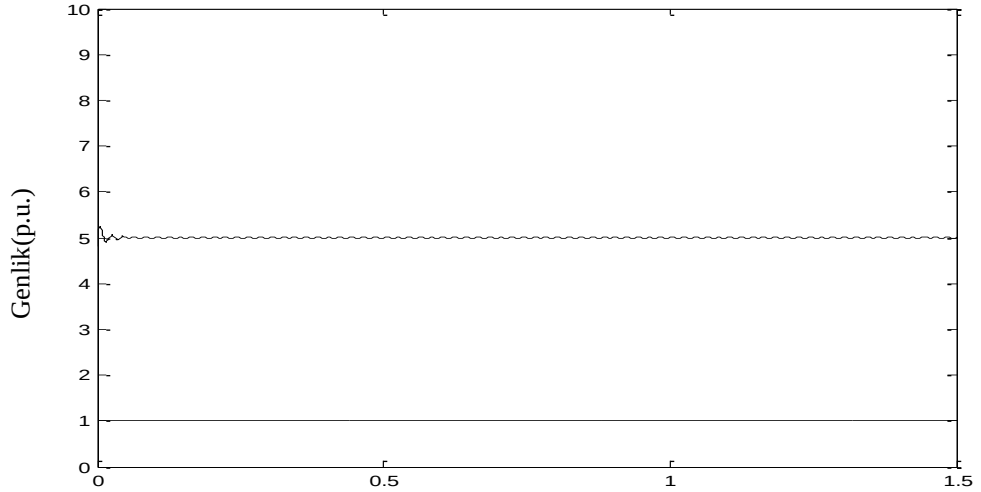
Şekil 3'de ortogonal GKA sonucunda elde edilen ortogonal ÖKİ'ler gösterilmektedir. Ortogonal $ÖKİ_1$ ve ortogonal $ÖKİ_2$'ye HD uygulandığında sinyalin birinci ve ikinci bileşenlerinin genlikleri ve frekansları elde edilmektedir. Şekil 4 a'da elde edilen genlik sinyalleri ve b'de frekans sinyalleri gösterilmektedir.



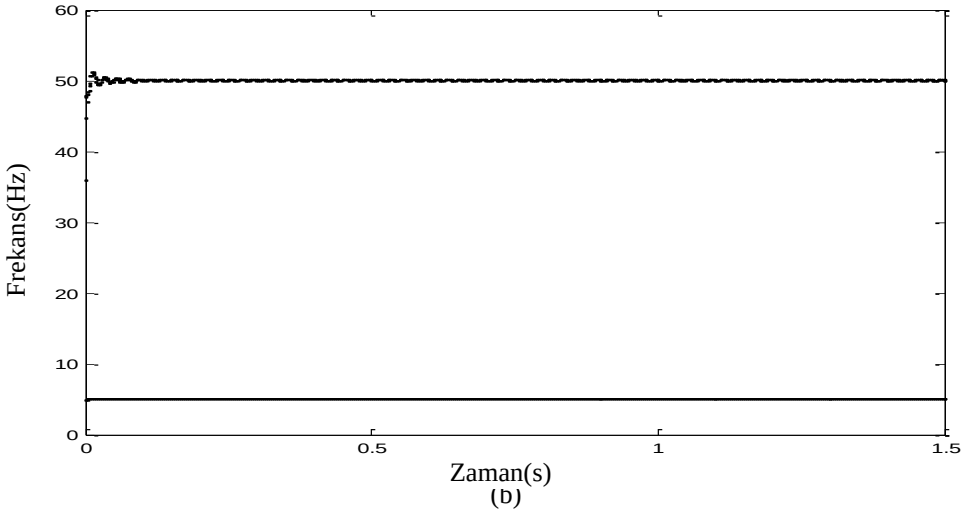
Şekil2. Farklı frekans ve farklı genlikteki iki sinyalin toplamından elde edilen giriş sinyali



Şekil3. Farklı frekans ve farklı genlikteki iki sinyalden elde edilen ortogonal ÖKİ'ler



(a)



Şekil4. Ortogonal HHD'den elde edilen (a)genlikler ve (b)frekanslar

Tablo1'de iki sinyalin toplamı olan giriş sinyali için HHD ve Ortogonal HHD yöntemleri kullanılarak hesaplanan genlik, genlik hatası, frekans ve frekans hatası gösterilmektedir. Birinci ortogonal ÖKİ bileşeni birinci ÖKİ bileşenine eşitlenerek elde edilmektedir ($c_1(t) = \bar{c}_1(t)$). Bu yüzden ÖKİ$_1$ ve ortogonal ÖKİ$_1$ bileşenleri giriş sinyalindeki en yüksek frekansa sahip olan bileşene aittir. Bundan dolayı, hesaplanan ilk bileşenin genlik ve frekans değerleri her iki yöntem için aynı sonucu vermektedir. Ortogonal HHD yönteminde ikinci bileşen kullanılarak hesaplanan genlik ve frekans % hataları HHD yöntemine kıyasla daha düşüktür.

Tablo1: Farklı frekans ve farklı genlikteki iki sinyalden ölçülen genlik ve frekans değerleri

		1. bileşen	2.bileşen
Genlik(p.u)	Uygulanan	5	1
	Ölçülen OHHD	5.0000071	0.9997756
	Ölçülen HHD	5.0000071	0.9997573
	Hata(%) OHHD	**0.0001419**	**0.0224496**
	Hata(%) HHD	0.0001419	0.0242720
Frekans(Hz)	Uygulanan	50	5
	Ölçülen OHHD	50.0000838	4.9998425
	Ölçülen HHD	50.0000838	5.0002912
	Hata(%) OHHD	**0.0001677**	**0.0031511**
	Hata(%) HHD	0.0001677	0.0058235

4.2 Kısa dönem kırpışma şiddetinin elde edilmesi

Tek kırpışma frekanslı gerilim sinyali ortogonal HHD yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. GKA kullanılarak ÖKİ bileşenleri elde edildikten sonra ortogonalleştirme süreci sonunda ortogonal ÖKİ bileşenleri elde edilmiştir. Ortogonal ÖKİ bileşenlerinden kırpışma zarfı elde edildikten sonra HD kullanılarak kısa dönem kırpışma indeksi Pst IEC'de önerilen yönteme uygun olarak hesaplanmıştır.

Gerçek durumlara yakın bir deneysel çalışma yapmak amacıyla kırpışma frekansı ve genliği S'nin 1 olduğu sinus modülasyonlu gerilim dalgalanma değerlerine göre ayarlanmıştır. Tablo 2'deki genlikler S'nin 1'e eşit değerler almasını içerdiği için, bu değerlerle yapılan testin sonucunda S'nin 1'e yakın bir değer alması beklenmektedir[1]. En duyarlı frekans olan 8.8 Hz'in etrafındaki 25 tane frekans bileşeni seçilmiştir.

Tablo 2'de seçilen kırpışma frekansı, gerilim dalgalanmaları, S, Pst ve Pst hata değerleri listelenmiştir. IEC 61000-4-15 de belirtildiği gibi Pst hatasının %5'den küçük olması bu yöntemin uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Tablo 2, bu çalışmada önerilen kısa dönem kırpışma indeksini hesaplama yöntemi ortogonal HHD yönteminin geleneksel yöntemlerden daha yüksek doğruluğa sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo2: Elde edilen frekans, genlik, S, Pst ve Pst hatası

f (Hz)	ΔV / V %	S	Pst	Pst Hata %	f (Hz)	ΔV / V %	S	Pst	Pst Hata %
5,0	0,398	1,01265	0,71205	**0,32862**	12,0	0,312	0.98651	0.70520	**1.30356**
5,5	0,360	1,01616	0,71361	**0,10950**	13,0	0,348	0.98201	0.70378	**1.50783**
6,0	0,328	1,01565	0,71367	**0,10192**	14,0	0,388	0.97609	0.70184	**1.78942**
6,5	0,300	1,00090	0,70867	**0,80810**	15,0	0,432	0.97381	0.70109	**1.89844**
7,0	0,280	1,00077	0,70878	**0,79169**	16,0	0,480	0.97590	0.70204	**1.76036**
7,5	0,266	1,00575	0,71070	**0,52060**	17,0	0,530	0.97536	0.70196	**1.77159**
8,0	0,256	1,00288	0,70987	**0,63750**	18,0	0,584	0.98161	0.70387	**1.49559**
8,8	0,250	0,99999	0,70915	**0,73980**	19,0	0,640	0.98406	0.70493	**1.34200**
9,5	0,254	1,00158	0,70986	**0,63917**	20,0	0,700	0.98998	0.70745	**0.98203**
10,0	0,260	0,99416	0,70742	**0,98601**	21,0	0,760	0.99191	0.70771	**0.94437**
10,5	0,270	0,99488	0,70782	**0,92945**	22,0	0,824	0.99994	0.70994	**0.62684**
11,0	0,282	0,99175	0,70684	**1,06896**	23,0	0,890	0.99852	0.71001	**0.61785**
11,5	0,296	0,98824	0,70571	**1,23066**	24,0	0,962	1.00591	0.71329	**0.15475**

5. Sonuç

Bu çalışmada, kısa dönem kırpışma indeksini gösteren Pst değerini hesaplamak amacıyla Ortogonal Hilbert Huang Dönüşüm yöntemi kullanılmıştır. Geleneksel HHD yönteminde Görgül Kip Ayrışımı sonucu elde edilen Öz Kip işlevleri bileşenlerinin birbirine ortogonalliği teorik olarak gerçeklenemez. Ortogonal HHD yöntemi ise geleneksel HHD ile elde edilen ÖKİ bileşenlerinin Gram-Schmidt prosedürü ile ortogonalliğinin garantilendiği bir yöntemdir. Sunulan çalışmada hem Ortogonal HHD hemde geleneksel HHD için gerçekleştirilen simülasyonlar sonucunda elde edilen genlik ve frekans değerleri karşılaştırılmıştır. Buna ek olarak Ortogonal HHD için 25 farklı frekans bileşeni kullanılarak modüle edilmiş gerilim sinyali için Pst değerleri hesaplanmıştır. Gerçekleştirilen bu simülasyonlar sonucunda hesaplanan genlik ve frekans % hatalarının Ortogonal HHD'de geleneksel HHD'ye kıyasla daha düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca sonuçlar kısa dönem kırpışma indeksini hesaplamak için kullanılan Ortogonal HHD yönteminin geleneksel yöntemlerden daha yüksek doğruluğa sahip olduğunu göstermektedir.

Referanslar

[1] IEC 61000-4-15: Testing and Measurement Techniques- Flickermeter-Functional and Design Specifications, 2002.

[2] Gunther E. W., “Interharmonics in Power Systems”, Power Engineering Society Summer Meeting, no.2, pp.813-817, 2001.

[3] Keppler T., Watson N.R., Arrillaga J., “Computation of the Short-Term Flicker Severity Index”, IEEE Trans. on Pow. Deliv., no.15-4, pp.1110-1115, 2000.

[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, pp.1-5, 2008.

[5] Girgis, A.A., E.B. Markam, “Measurement of Voltage Flicker Magnitude and Frequency Using a Kalman Filtering Based Approach”, Elect. and Comput. Eng. IEEE Can. Conf. on, Calgary Canada, No:2, pp.659-662, 1996.

[6] Feilat E. A., “Detection of Voltage Envelope Using Prony Analysis Hilbert Transform Method”, IEEE Transactions on Power Delivery , 21-4, 2091-2093, 2006.

[7] Jayasree T., Deveraj D., Sukanesh R., “Power Quality Disturbance Classification Using Hilbert Transform and RBF Network”, Neurocomputing, Elsevier, no.73-7-9, pp.1451-1456, 2010.

[8] Chen M.T., Meliopoulos A.P.S., “Wavelet-Based Algorithm for Voltage Flicker Analysis”, Proc. 9th Int. Conf. Harmonics Quality Power, no.2, pp.732-738, 2000.

[9] Huang S.J., Hsieh C.T., “Application of Continuous Wavelet Transform for Study of Voltage Flicker-Generated Signals”, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, no.36-3, pp.925-932, 2000.

[10] Zhang R., Xu J.F. “The Application of Wavelet in the Short-Term Flicker Severity Calculation”,International Symposium, Information Science and Engineering ISISE’08 no.1, pp.511-514, 2008.

[11] 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., no.454, pp.903-995,1998.

[12] L. Menglin, H. Tianli. “The orthogonal empirical mode decomposition,” J. Tongji University, 2007.