

Güç Sistemlerinde Görülen Bazı Güç Kalitesi Bozunumlarının Belirlenmesinde Dalgacık Yaklaşımı ve Çarpıklık - Basıklık Katsayıları

Wavelet Approach and Skewness - Kurtosis Coefficients on the Detection of Some Power Quality Disturbances in Power Systems

¹Çağrı ARIKAN, ²Muammer ÖZDEMİR

¹Elektronik Teknolojisi Bölümü
Yıldız Teknik Üniversitesi

²Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

¹carikan@yildiz.edu.tr, ²ozdemirm@omu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, güç kalitesi bozunumu içeren işaretlerin analizi ilk olarak ayrık dalgacık dönüşümü daha sonra istatistiksel yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, harmonikli gerilim, geçici olay ve kırışma içeren işaret toplam on sekiz dönem sürecek şekilde MATLAB' da oluşturulmuştur. Örnekleme sıklığı 12.8 kHz' dir. Oluşturulan işaretlerin analizlerinde Daubechies – 4 ayrık dalgacık dönüşümü kullanılmıştır. Yapılan analizlerden ayrık dalgacık dönüşümüyle bozunumların başladığı ve bittiği noktaların belirlenebildiği ancak bozunumların türlerinin belirlenemediği görülmüştür. Güç kalitesi bozunumu içeren işaret yüksek sıklıklı bileşen içermiyorsa dalgacık dönüşümünün yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle istatistiksel yöntem kullanılmıştır. Oluşturulan işaretler için çarpıklık ve basıklık katsayıları bölgesel pencereler içerisinde hesaplanmıştır. Bu katsayıların genliklerindeki değişimler oluşturulan bozunumların oluşum zamanlarını belirleyebilmektedirler. Gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, harmonikli gerilim, geçici olay içeren gerilim ve kırışmanın birbirinden ayırt edilebilmesi için sadece çarpıklık veya sadece basıklık katsayılarının tek başına yeterli olmadığı gözlemlenmiştir. Oluşturulan bozunumlarının ayırımı yapılabilmesi için her iki katsayının da aynı anda göz önüne alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Abstract

In this paper; the signals consisting of power quality disturbances are determined by using firstly discrete wavelet transform and then statistical methods. Signals consisting of voltage swell, voltage sag, harmonics, transients and flicker which are lasted eighteen period lengths are constituted at MATLAB. Sampling period is 12.8 kHz. Daubechies-4 discrete wavelet transform is used for analyzing these signals. It is seen that beginning and ending points of disturbances is determined by using discrete wavelet transform but types of disturbances are not determined. It is observed that if a signal

consisting of power quality disturbances not having high frequency components, wavelet transform seems insufficient. For this reason statistical method is used. Skewness and kurtosis coefficients are calculated in local frames for constituted signals. Changes of these coefficients' amplitudes determine the moment of occurrences of constituted disturbances. It is observed that only skewness or only kurtosis coefficients are not adequate for distinguishing voltage swells, voltage sags, voltage with harmonics, transients and flicker. It is concluded that in order to distinguish constituted these disturbances both of these coefficients must be taken into consideration at the same time.

1. Giriş

Elektrik enerjisinin kaliteli olabilmesi için, şebekenin her noktasında sürekli kullanılabilir, gerilimin genlik ve sıklığının kabul edilebilir değerler içinde tutulması ve bozulmamış sinüs biçimli dalga şeklinde olması gerekir [1]. Gerilimin, akımın veya sıklığın beklenen ölçütlerin dışına çıkması güç kalitesinin düşük olduğu anlamına gelmektedir [2]. Daha basit ve daha kısa tanımı şöyle de yapılabilir: Güç kalitesi, cihazların başlarını ve ömür kayıpları olmaksızın istenilen şekilde davranmalarına izin verilen sınırlamalar kümesidir. Enerji kalitesi bozuklukları kısa süreli gerilim değişimleri, uzun süreli gerilim değişimleri, geçici olaylar (transientler), gerilim dengesizliği, dalga şekli bozulması (harmonik, gürültü vb), şebeke sıklık değişimleri ve gerilim dalgalanmaları şeklinde ana başlıklar altında sınıflandırılabilir [3]. Güç kalitesi bozunumları, yüklerde arıza, kararsızlık ve kısa ömür gibi birtakım problemleri beraberinde getirmektedir [4]. Güç kalitesini düzeltmek için gerekli önlemleri almadan önce, bu tür bozucuların kaynakları ve sebepleri bilinmelidir. Eğer bozucular doğru olarak sınıflandırılabilirlerse bozucuların etkileri belirlenebilir ve bozucuların kaynağı analiz edilebilir. Böylece o tür bozunmaya ilişkin önlemler alınabilir [5].

Ayrık dalgacık dönüşümü güç kalitesi bozunumu içeren işaretlerin analizinde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ayrık dalgacık dönüşümünün detay katsayıları bozunumların başladığı ve bittiği noktalarda işaretin enerjisinde bir artış gösterecekler ve bu şekilde bozunumun başlayıp bittiği anlaşılacaktır. Ancak bozunumun başlangıcında ve bitişinde herhangi bir yüksek sıklıklı bileşen yoksa ayrık dalgacık dönüşümü bu türden bir olayı belirleyemeyecektir [6].

Bu çalışmada, sadece güç kalitesi bozunumlarından gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, harmonikli gerilim, geçici olay ve kırpışma içeren işaret ele alınmıştır. IEEE 1159-1995' e göre gerilim yükselmesi (swell), 0.5 dönemden 1 dakikaya kadar süren güç sıklığındaki akımın ya da gerilimin etkin değerindeki artış olarak tanımlanmaktadır. Tipik genlikler 1.1 pu ile 1.8 pu arasındadır [7]. Gerilimin 0.1 pu ile 0.9 pu değerleri arasındaki azalmayı 0.5 dönemden 1 dakikaya kadar geçen zaman içerisinde göstermesi çökme olarak tanımlanmaktadır [1]. 1800' lerin başında, Fransız matematikçisi, Jean Baptiste Fourier, periyodik doğrusal olmayan fonksiyonun ana sıklığın katlarındaki sıklıklara sahip sinüsoidal fonksiyonların toplamından oluştuğunu belirtmiştir [8,9]. Avrupa Birliği EN61000-3-3 standardına göre gerilim dalgalanması, genel çerçevede etkin gerilimin sürekli değişimi veya bir dizi gerilim değişimi olarak tanımlanmıştır. Yine aynı standartta gerilim kırpışması da parlaklık ve spektral dağılımının zamanla dalgalandığı bir ışık uyarımının göz duyusu üzerindeki kararsız etkisi olarak tanımlanmıştır.

Bu çalışmada MATLAB' da gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, harmonik, geçici olay ve kırpışma içeren gerilim olmak üzere beş farklı bozunum oluşturulmuştur. Toplam on sekiz dönemlik bir çalışma aralığı kabul edilmiş olup on sekiz dönemin ilk dördü sağlıklı (0-0.08 sn aralığında saf sinüs), sonra gelen beş dönem (0.08-0.18 sn aralığında bozunum içeren (gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, harmonikli işaretten herhangi biri), daha sonra gelen dokuz dönem (0.18-0.36 sn aralığında) de yine sağlıklı olarak kabul edilmiştir, geçici olay ise 0.08'inci ve 0.18'inci saniyelerde oluşturulmuş ve 30 ms sürmüştür. Kırpışma içeren işaret oluşturulurken ise toplam on sekiz dönem olarak alınan işaretin ilk iki dönemi (0-0.04 sn arası) sağlıklı, 0.04-0.32 sn aralığındaki 14 dönem kırpışmalı gerilim ve sonrasında gelen dört dönem (0.32-0.36 sn arası) sağlıklı olacak şekilde alınmıştır. Oluşturulan işaretlerin örnekleme sıklığı 12.8 kHz alınmıştır.

Oluşturulan bozunumların ilk başta ayrık dalgacık dönüşümüyle ayrımının yapıp yapılamadığına bakabilmek amacıyla 3. seviyeden Daubechies-4 ayrık dalgacık fonksiyonu kullanılarak bozunumların analizleri gerçekleştirilmiştir [10, 11]. Hesaplama zamanını kısa tutmak amacıyla sadece 3. seviyeden ayrık dalgacık dönüşümüyle analizler yapılmıştır. Daubechies- 4 fonksiyonu ayrık dalgacık dönüşümüne uygun olduğu ve güç kalitesi bozucularının sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanıldığı için seçilmiştir [12,13,14]. Ayrık dalgacık dönüşümünün bazı bozucuların belirlenmesinde tatmin edici sonuçlar vermediği görülmüştür. Güç kalitesi bozunumu içeren işaret yüksek sıklıklı bileşen içeriyorsa dalgacık dönüşümünün yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir.

Bu nedenle istatistiksel yöntem oluşturulan bu bozunumları belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Bölgesel pencereler içerisinde çarpıklık ve basıklık katsayıları oluşturulan bozunumlar için hesaplanmıştır. 1 dönem uzunluğunda seçilen

kayan bir pencere süresince hesaplanan yerel istatistiksel parametreler gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, harmonikli gerilim, geçici olay ve kırpışma içeren gerilim işaretlerini genliklerindeki belirgin değişimlerle belirlemekte ve zaman içindeki anımları da tespit etmektedirler. Bozucuların ayırt edilmesinde sadece çarpıklık veya sadece basıklık katsayılarının yeterli olmadığı ayrımın yapılabilmesinin her iki katsayının da aynı anda hesaplanmasına bağlı olduğu görülmüştür. Bozunumlar sinüsün sıfır geçişlerinden geçerken oluşturulduğundan, bu yöntem sadece bu noktalarda bozunum oluşması durumu için denlenmiştir.

2. Dalgacıklar ve Güç Kalitesi Uygulamaları

Dalgacık dönüşümü sürekli ve ayrık dalgacık dönüşümü olmak üzere iki şekilde yapılabilmektedir. Sürekli dalgacık dönüşümünde işaretin tamamına bakıldığı için, ayrık dalgacık dönüşümü bilgisayar analizleri açısından daha az zaman almaktadır. Bu nedenle ayrık dalgacık dönüşümü sıkça kullanılmaktadır. Ayrık dalgacık dönüşümünde işaret belli sayıda ölçeklere ayrılır. Her bir ölçek örnekleme sıklığına bağlı olarak belirli sıklık aralığına denk düşmektedir.

Dalgacık dönüşümü değişik uzunluktaki bölgeleri kapsayan pencereleri içeren yeni bir tekniktir. Verilen bir $f(t)$ işaretinin J seviye ayrık dalgacık dönüşümü, hem ölçekleme hem de dalgacık fonksiyonu terimleriyle eşitlik (1)' deki gibi tanımlanabilir:

$$f(t) = \sum_n a_j(n) \phi(t-n) + \sum_n \sum_{j=0}^{J-1} d_j(n) 2^{j/2} \psi(2^j t - n) \quad (1)$$

Burada a_j , J seviye yaklaşım katsayılarını, d_j , J seviye detay katsayılarını, $\phi(t)$, ölçekleme fonksiyonunu, $\psi(t)$, dalgacık fonksiyonunu, J dalgacık dönüşümünün en yüksek seviyesini ve t zamanı ifade etmektedir [15].

$$\phi(x) = \sqrt{2} \sum_n h_0 \phi(2x - n), \text{ ölçek fonksiyonu}$$

$$\psi(x) = \sqrt{2} \sum_n h_1 (2x - n), \text{ dalgacık fonksiyonudur.}$$

h_0 ve h_1 ise sırasıyla alçak ve yüksek geçiren süzgeç katsayılarıdır [16].

3. İstatistiksel Yöntem

Bilindiği gibi enerji iletim ve dağıtım hattı işaretlerinde gürültü de yer almaktadır. Eklenen gürültülerle beraber işaretin Gauss dağılımı göstermesi beklenebilir. Herhangi bir bozunum olmadığında varyansı düşük Gauss karakteristiği gösteren işaret, herhangi bir bozunum olduğunda öncelikle varyansı yüksek bir dağılım göstermekte ve Gauss dağılımından sapmaktadır. Literatürde histogram testinin uyumu (fit test), Hinich test ve istatistiksel karakterizasyon gibi Gauss dağılımına benzerlik testi için pek çok yöntem önerilmiştir [17]. Gerçek simetrik Gauss dağılımı gösteren sistemlerde çarpıklık (skewness) ve dolayısıyla 3. momentin kendisi ve Fourier dönüşümü sıfırdır [6]. Bu çalışmada kaydırılan pencere yöntemi ile istatistiksel analiz yapılmıştır. 1 dönem uzunluğunda seçilen kayan bir pencere süresince hesaplanan yerel istatistiksel parametreler güç kalitesi olaylarını genliklerindeki belirgin değişimlerle belirlemekte ve zaman içindeki anımları da belirlemektedirler. İstatistiksel analiz açısından ele alınan gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi,

harmonik içeren işaret, geçici olay içeren işaret ve kırışmalı işaretlerin her birinin sırasıyla ortalama değer (μ); standart sapma (σ); çarpıklık (c); basıklık (k) katsayıları hesaplanmış olup, bu işaretlerin her bir x_i elemanı ve 1 dönem uzunluğunda seçilen her bir kayan pencereye ait veri sayıları (N) göz önüne alındığında hesaplanacak terimler aşağıdaki eşitliklerle verilebilir. Burada ortalama değer:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

olup aritmetik ortalamadır. Standart sapma değeri:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2} \quad (3)$$

Çarpıklık katsayılarının hesabında Gamma 1 istatistiği kullanılmıştır. Dağılımın simetri bozukluğunu gösteren çarpıklık (skewness) katsayısı ise:

$$c = \frac{\sum_{i=1}^N (x(i) - \mu)^3}{N\sigma^3} \quad (4)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Benzer şekilde maksimum değerinin keskinliğini tanımlayan basıklık (kurtosis) terimi ise eşitlik (5)'deki gibi hesaplanır [18].

$$k = \frac{\sum_{i=1}^N (x(i) - \mu)^4}{N\sigma^4} \quad (5)$$

Dolayısıyla herhangi bir güç kalitesi bozunumu olduğunda işaretin istatistiksel olarak Gauss dağılımından sapsması beklenmektedir. Bu da hem çarpıklık hem de basıklık değerinin hiç bozunum yokken ki durumundan farklı olacağı anlamına gelmektedir.

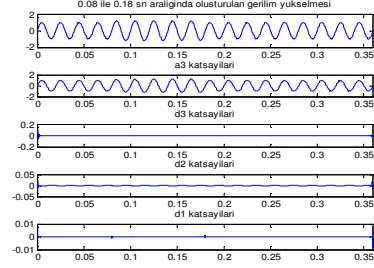
4. Güç Kalitesi Bozunumlarının Dalgacık Yöntemi ve İstatistiksel Yöntemle Analizi

4.1 Gerilim Yükselmesi İşaretinin Dalgacık Yöntemiyle ve İstatistiksel Yöntemle Analizi

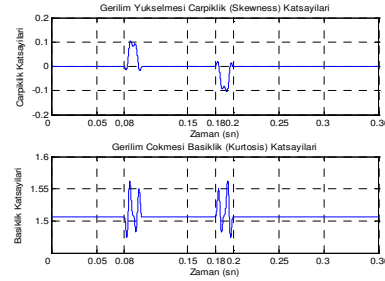
İlk olarak gerilim yükselmesine ait bozunumların benzetimi MATLAB' da yapılmıştır. Genliği %120 olarak alınan gerilim yükselmesi toplam 5 dönem (0.08-0.18 sn aralığında) sürmüştür. Şekil 1' de 3 seviyeli Daubechies-4 dalgacık dönüşümünün analizinin sonuçları verilmiştir. Gerilim yükselmesinin başlangıcında yüksek sıklıklı bileşenler yoktur. Görüldüğü gibi d3 ve d2 katsayılarında değişim görülememektedir. d1 katsayılarında olayın başladığı ve bittiği anda oldukça az bir değişim görülebilmektedir. Bozunumun başladığı ve bittiği noktalar kestirilebilmekte ancak bozunumun türü hakkında bir bilgi alamamaktayız. Ayrıca d katsayılarındaki artış miktarı çok az olduğu için bozunumun olduğu ve bittiği andaki yükselme değeri eşik değeri olarak kullanılamamaktadır.

Şekil 2'te, benzetimi yapılan gerilim yükselmesi içeren işaretin çarpıklık ve basıklık katsayılarının değişimi verilmiştir. Görüldüğü gibi, gerilimin genliğinde yükselme gözlenmediğinde çarpıklık katsayıları sıfır, bozunumun başladığı anda çarpıklık katsayılarında bir artış ve bozunumun bitirildiği anda ise azalış göze çarpmaktadır. 0.1-0.18 sn

aralığında işaretin sıklığı değişmeyip sadece genliği %120'e yükseldiğinden dolayı çarpıklık katsayıları sıfır olmaktadır. Bozunumun oluşturulduğu anlar basıklık katsayılarıyla da kestirilebilmektedir. Basıklık katsayılarına da bakıldığında bozunumun başlangıç ve bitiş anlarının gözlenebildiği açıkça görülmektedir.



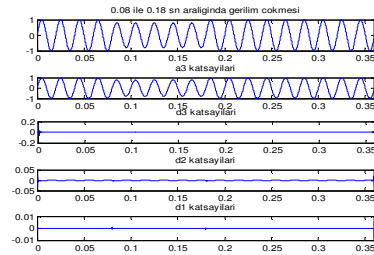
Şekil 1: Benzetimi yapılan gerilim yükselmesi içeren işaret ve ayrılc dalgacık dönüşümü analizi



Şekil 2: MATLAB' da oluşturulan gerilim yükselmesi işaretinin çarpıklık ve basıklık katsayıları

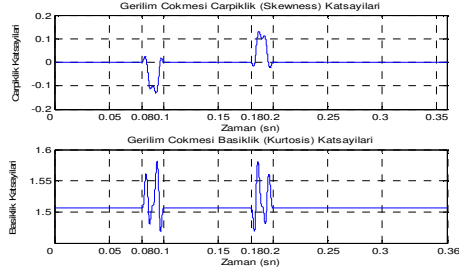
4.2 Gerilim Çökmesi İşaretinin Dalgacık Yöntemiyle ve İstatistiksel Yöntemle Analizi

Ayrılc dalgacık dönüşümü sonucunda elde edilen yaklaşım ve detay katsayılarının gerilim çökümü içeren işaret olduğunda nasıl etkilendiğini görebilmek amacıyla genliği %80 olarak alınan ve 5 dönem süren (0.08-0.18 sn aralığında) çöküm içeren işaretin ilk olarak MATLAB' da benzetimi yapılmıştır. Şekil 3' te 3 seviyeli Daubechies-4 dalgacık dönüşümünün analizinin sonuçları verilmiştir. Gerilim çökümünün başlangıcında yüksek sıklıklı bileşenler yoktur. Görüldüğü gibi d3, d2 katsayılarında değişim olmamaktadır. d1 katsayılarında olayın başladığı ve bittiği noktalarda çok az bir artış olmuştur. Ancak bu artış miktarı çok azdır ve bu nedenle bozunumun oluşup oluşmadığına karar verebilmek için eşik değeri olarak kullanılamaz. Ayrıca olayın başladığı ve bitirildiği noktalarda d2 ve d3 katsayılarında bir değişim görülmekte bu da bozunum olarak algılanabilmektedir.



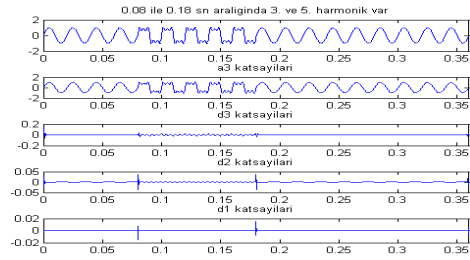
Şekil 3: Benzetimi yapılan gerilim çökmesi içeren işaret ve ayrılc dalgacık dönüşümü analizi

Şekil 4’ te gerilim çökmesi içeren işaretin çarpıklık ve basıklık katsayılarının değişimleri verilmiştir. Görüldüğü gibi gerilimin genliğinde çökme olmadığında çarpıklık katsayıları sıfır, bozunumun başladığı anda çarpıklık katsayılarında bir azalış ve bozunumun bittiği anda çarpıklık katsayılarında artış göze çarpmaktadır. 0.1-0.18 sn aralığında işaretin sıklığı değişmeyip sadece genliği %80’e düştüğünden dolayı çarpıklık katsayıları sıfır olmaktadır. Bozunumun oluşturulduğu anlar basıklık katsayılarıyla da kestirilebilmektedir. Basıklık katsayılarına da bakıldığında bozunumun başlangıç ve bitiş anlarının gözlemlendiği açıkça görülmektedir.



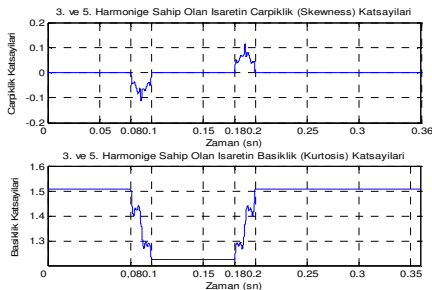
Şekil 4: MATLAB’ da oluşturulan gerilim çökmesi işaretinin ve çarpıklık ve basıklık katsayıları

4.3 Harmonikli Gerilim İçeren İşaretin Dalgacık Yöntemiyle ve İstatistiksel Yöntemle Analizi



Şekil 5: Benzetimi yapılan harmonikli gerilim içeren işaret ve ayrık dalgacık dönüşümü analizi

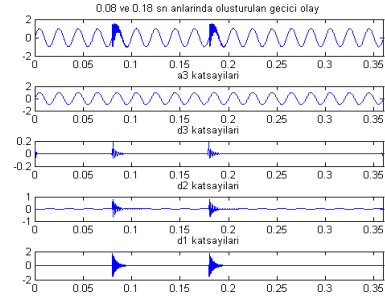
Önce 0.08-0.18 sn aralığında genliği %40 pu olan 3. harmonik ve genliği %30 olan 5. harmonik 5 dönem boyunca saf sinüse eklenerek harmonik içeren işaret elde edilmiştir. Şekil 5’ te 3 seviyeli Daubechies-4 dalgacık dönüşümünün analizinin sonuçları verilmiştir. Görüldüğü gibi işaret yüksek sıklıklı bileşenler içerdiğinden d1-d2-d3 katsayılarından bozunumun başladığı ve bittiği anlar görülebilmektedir.



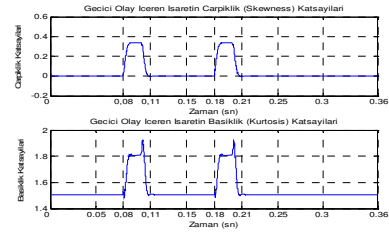
Şekil 6: MATLAB’ da oluşturulan harmonikli işaretin çarpıklık ve basıklık katsayıları

Şekil 6’da gerilim harmonik içermediğinde çarpıklık katsayıları sıfır, bozunumun başladığı anda çarpıklık katsayılarında bir azalış ve bozunumun bittiği anda artış göze çarpmaktadır. Bozunumun oluşturulduğu anlar basıklık katsayılarıyla da kestirilebilmektedir. Basıklık katsayılarına da bakıldığında bozunumun başlangıç ve bitiş anlarının gözlemlendiği açıkça görülmektedir [19].

4.4 Geçici Olay İçeren İşaretin Dalgacık Yöntemiyle ve İstatistiksel Yöntemle Analizi



Şekil 7: Benzetimi yapılan geçici olay içeren işaret ve ayrık dalgacık dönüşümü analizi



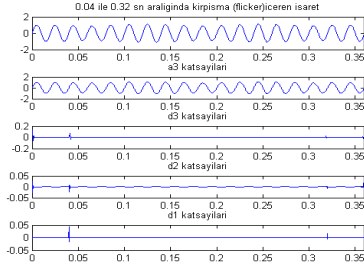
Şekil 8: MATLAB’ da oluşturulan geçici olay içeren işaretin çarpıklık ve basıklık katsayıları

Yüksek sıklıklı bileşeni içeren geçici olayın analizinin ayrık dalgacık dönüşümüyle gerçekleştirilmesi amacıyla 0.08 ve 0.18’ inci saniyelerde genliği 1.5 pu olan, 4 kHz sıklığa sahip geçici olay MATLAB’ da yaratılmıştır. Şekil 7’ de 3 seviyeli Daubechies- 4 dalgacık dönüşümünün analizinin sonuçları verilmiştir. İşaret yüksek sıklıklı bileşenler içerdiğinden d1-d2-d3 katsayılarından bozunumun başladığı ve bittiği anlar görülebilmektedir.

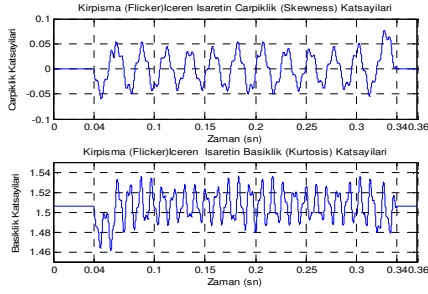
4.5 Kırpışma İçeren İşaretin Dalgacık Yöntemiyle ve İstatistiksel Yöntemle Analizi

Alçak sıklıklı bileşenine sahip olan kırpışmalı işaretin ayrık dalgacık dönüşümü kullanılarak analizinin gerçekleştirilmesi için 0.04-0.32 sn aralığında genliği %10 olan ve 58 Hz ara harmoniğe sahip kırpışmalı işaret MATLAB’ da oluşturulmuştur. Şekil 9’da 3 seviyeli Daubechies- 4 dalgacık dönüşümünün analizinin sonuçları verilmiştir. İşaret alçak sıklıklı (8 Hz) bileşen içerdiğinden detay katsayıları ayırt edici özellik taşımamaktadır.

Şekil 10’da görüldüğü gibi çarpıklık katsayıları kırpışma oluşturulana kadar sıfır, basıklık katsayıları ise 1.506 değerini almaktadır. Bozunumun oluşturulduğu andan bittiği ana kadar çarpıklık ve basıklık katsayılarında değişim görülmektedir [20].



Şekil 9: Benzetimi yapılan kırışma içeren işaret ve ayırık dalgacık dönüşümü analizi



Şekil 10: MATLAB'da oluşturulan kırışma içeren işaretin çarpıklık ve basıklık katsayıları

5. Sonuçlar

Bu çalışmada incelenen gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi ve kırışmalı gerilim alçak sıklıklı bileşenler içerdiğinden ayırık dalgacık dönüşümü bu olayların belirlenmesinde başarısız olmaktadır. Eğer yüksek sıklıklı bileşen içermeyen güç kalitesi olayları oluşursa bu durumda çok uzun yani yüksek dereceli süzgeçler kullanılarak analizler yapılmalıdır. Bu da işlem zamanının artmasına neden olacağından bu bildiri için sadece 3. seviyeden ayırışım yapıp sonuçlar irdelenmiştir. Ayırık dalgacık dönüşümünün başarımı tamamen bozucunun başlangıcında oluşabilecek yüksek sıklık bileşenlerine bağlıdır ve ayırık dalgacık dönüşümü olayın kendisini değil, olayın başlangıç ve bitişindeki yüksek sıklık bileşenlerini belirlemektedir [6]. Harmonikli gerilim ve geçici olay içeren gerilim işaretlerinin başlangıç ve bitiş anlarında yüksek sıklıklı bileşenler bulunduğundan bu bozucuların başlangıç ve bitiş noktaları kestirilebilmekte ancak bozucunun tipine sadece ayırık dalgacık dönüşümü ile karar verilememektedir. Bu nedenle istatistiksel yöntem kullanılmıştır. Oluşturulan bozunumların ayırık edilebilmesi için sadece çarpıklık veya sadece basıklık katsayıları tek başına yeterli olmamaktadır. Ayırımın yapılabilmesi her iki katsayının da aynı anda göz önüne alınmasına bağlıdır. Örneğin gerilim yükselmesi ve gerilim çökmesinde oluşan basıklık katsayılarının şekli her iki dalga şekli için aynı olmasına rağmen çarpıklık katsayılarındaki fark açıkça görülmektedir. Çökme oluşturulduğunda çarpıklık katsayıları azalırken, yükselme oluşturulduğunda çarpıklık katsayıları artmakta, çökme bittiğinde çarpıklık katsayıları artarken yükselme bittiğinde çarpıklık katsayıları azalmaktadır. Ayrıca geçici olay oluşturulduğunda elde edilen basıklık katsayılarının şekli çökme ve yükselme oluşturulduğunda elde edilen basıklık katsayılarının şekline benzemektedir. Fakat çökme, yükselme ve geçici olayın ayırık edilmesini ise çarpıklık katsayıları sağlamaktadır. Yine harmonikli dalga şeklinin çarpıklık

katsayılarının şekli gerilim çökmesi oluşturulduğunda oluşan çarpıklık katsayılarının şekline benzemektedir. Harmonikli ve çökümün ayırık edilmesini sağlayan ise basıklık katsayılarındaki şekil farkından ileri gelmektedir. Kırışma olduğu andaki çarpıklık ve basıklık katsayılarının şekli diğer bozunumlardan elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarının şekline benzemektedir.

6. Kaynaklar

- [1] Kocatepe, C., Umurkan, N., Atar, F., Yumurtacı, R., Karakaş, A., Arıkan, O., Baysal, M., *Elektrik Enerji Kalitesi ve Harmonikler Kurs Notları*, MİSEM, İstanbul, Nisan 2005.
- [2] Gargoom, A.M., Ertugrul, N., Soong, W. L., "A Comparative Study on Effective Signal Processing Tools for Optimum Feature Selection in Automatic Power Quality Events Clustering", *Industry Applications conference, Fourtieth IAS Annual Meeting*, 2005, 52-58.
- [3] İnan, A., Atar, F., "Elektrik Güç Kalitesi", *Kaynak Elektrik Dergisi*, Sayı:113, Sayfa 85-96, 1998.
- [4] Zwe-Le Gaing and Hou-Sheng Huang: "Wavelet-Based Neural Network for Power Disturbance Classification", *IEEE Power Engineering Society Meeting*, 2003,1621-1628.
- [5] Uyar, M., Yıldırım, S., Gençoğlu, T., "Güç Kalitesi Bozulmalarının Sınıflandırılmasında Dalgacık Dönüşümüyle Enerji Dağılımına Dayalı Özelliklerin İncelenmesi", *Elektrik Elektronik Bilgisayar Biyomedikal Mühendisliği 12. Ulusal Kongre Ve Sergisi*, 2007, 1-5.
- [6] Ece, D.G., "Güç Kalitesi Bozucularının Belirlenmesinde Dalgacık Dönüşümünün Başarım Sınaması" *ELECO, 2007*, 1-5.
- [7] Hartings, R., Hager, M., *Test And Evaluation Of Voltage Dip Immunity*, Cahalmers, Inst. Elteknik, Jaap Daalder, Vattenfall Sveanet, Ake Ceder, 2006.
- [8] Sankaran, C., *Power Quality*, CRC Press LLC, 2002.
- [9] Z. Moravej, A. A. Abdoos, M Pazoki, "Detection and Classification of PowerQuality Disturbances Using Wavelet Transform and Support Vector Machines", *Electric Power Components and Systems*, vol. 38 n. 2, pp. 182-196, 2009.
- [10] Y. Y. Hong, Y. Y. Chen, "Placement of Power Quality Monitors Using Enhanced Genetic Algorithm and Wavelet Transform", *Generation, Transmission & Distribution*, vol. 5 n. 4, , pp. 461-466, 2011.
- [11] D. G. Lieberman, R. J. R. Troncoso, R. A. O. Rios, A. G. Perez, E. C. Yezpe, "Techniques and Methodologies for Power Quality Analysis and Disturbances Classification in Power Systems: A Rewiev", *IET Generation, Transmission and Distribution*, vol. 5 n. 4, , pp. 519-529, 2011.
- [12] C. H. Huang, C. H. Lin, C. L. Kuo, "Chaos Synchronization Based Detector for Power Quality Disturbances Classification in a Power System", *IEEE Transaction on Power Delivery*, vol. 26 n. 2, pp. 944-953, 2011.
- [13] C. Y. Lee, Y. X. Shen, "Optimal Feature Selection for Power Quality Disturbances Classification", *IEEE Transaction on Power Delivery*, vol. 26 n. 4, pp. 2342-2351, 2011.
- [14] N. T. Huang, Y. J. Zhang, D. G. Xu, X. S. Liu, J. J. Qi, "Power Quality Disturbances Classification by Ensemble and Hybrid Neural Networks", *International Conference on Power System Technology*, 2010, 1-7.
- [15] M. Misiti, Y. Misiti, G. Oppenheim, J. M. Poggi, *Wavelet Toolbox for Use with MATLAB*, The Math Works, Inc., 2002.
- [16] Kocaman, C., "Dalgacık Tabanlı Transformator Koruma Algoritması", Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2003, Samsun.
- [17] M. J. Hinich, "Testing For Gaussianity And Linearity Of A Stationary Time Series", *Journal Of Time Series Analysis*, Vol. 3, pp. 169-176, 1982.
- [18] Akıncı, Ç., T., Taşkın, S., Şeker, S., Kaymaz, H., "Dalgacık Dönüşümü Kullanılarak Bir Yolcu Otobüsü Alternatörünün Sıcaklık Değişiminin İstatistiksel Analizi", *ELECO 2006*, Aralık, Bursa.
- [19] Kocaman, Ç., Özdemir, M., "Güç Sistemlerinde Oluşan Güç Kalitesi Bozunumlarının Çarpıklık Basıklık Katsayıları İle Belirlenmesi", *IEEE 17. Sinyal İşleme ve İletişim uygulamaları Kurultayı*, 2009, pp. 341-344.
- [20] Kocaman, Ç., *Yapay Us Yöntemleri Kullanılarak Enerji Kalitesi Bozucularının Belirlenmesi*, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, 2010.