

Dalgacık Katsayılarından Enerji Yöntemiyle Özellik Çıkarımı Yönteminin Güç Kalitesi Bozunumlarının Oluşum Yerine Göre Değişimi

¹Çağrı KOCAMAN, ²Muammer ÖZDEMİR, ³Hasan DİRİK

^{1,2,3}Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

¹ckocaman@omu.edu.tr, ²ozdemirm@omu.edu.tr, ³hasan_dirik@hotmail.com

Özet

Bu çalışmada güç kalitesi bozunumu içeren işaretlerin belirlenmesi dalgacık tabanlı enerji dağılım özellikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, harmonikli gerilim ve geçici olay içeren işaret olmak üzere dört farklı bozunum toplam on sekiz dönem sürecek şekilde oluşturulmuştur. Oluşturulan işaretlerin analizlerinde Daubechies – 4 ayrık dalgacık dönüşümü kullanılmıştır. Daha sonra dalgacık katsayıları işaretteki önemli bilgileri içerdiğinden bu katsayılar özellik vektörü olarak ele alınmıştır. Farklı çözünürlük seviyelerindeki bozunuma uğramış işaretin enerji dağılım özelliklerini çıkarmak için Parseval Teoremi dalgacık katsayılarına uygulanmıştır. Bu yöntemle oluşturulan dört farklı bozunumun enerji dağılım özelliklerine bakarak görsel olarak birbirinden ayırt edilebileceği gözlemlenmiştir. Buraya kadar yapılan çalışmalarda enerji dağılım özelliklerini elde edebilmek için oluşturulan bozunumlar gerilimin sıfır geçişlerinde oluşturulmuştur. Pratikte bozunumların bu noktada oluşmasının garantisi yoktur. Bu nedenle bu bildiride bozunumlar birbirinden farklı özellikler gösteren sekiz farklı noktada (sinüs 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315 ve 360 dereceyi tamamladıktan sonra) oluşturulmuşlardır. Oluşturulan bozunumlar için hangi enerji seviyesi önem kazaniyorsa o bozunuma ait enerji seviyesinin yukarıda belirtilen sekiz farklı noktadaki değişimine bakılmıştır.

Anahtar sözcükler: Güç kalitesi, dalgacık dönüşümü, enerji dağılım özelliği, Parseval teoremi

1.Giriş

Güç kalitesi problemi son yıllarda araştırmacıların ilgi odağı haline gelmiştir. [1] Güç kalitesi problemi kullanıcı cihazlarının yanlış veya hatalı çalışmasına yol açan gerilim, akım veya sıklık değişiminden kaynaklanan güç problemidir. [2] Güç kalitesi problemlerinin ilgi odağı haline gelmesinin asıl nedeni ekonomik nedenlerdir. Endüstride otomasyonun artması ve daha modern cihazların kullanılmaya başlanmasıyla güç kalitesine olan ilgide artmıştır. [2] Güç kalitesi bozunumları, yüklerde

arıza, kararsızlık ve kısa ömür gibi birtakım problemleri beraberinde getirmektedir. [3] 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. [4] Bu çalışmada, MATLAB’ da ilk olarak dört farklı bozunum (gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, harmonik ve geçici olay içeren gerilim) gerilimin sıfır geçişlerinde MATLAB’da oluşturulmuştur. Örnekleme sıklığı 12.8 kHz olan işaretlerin analizinde Daubechies-4 ayrık dalgacık dönüşümü kullanılmıştır. Dalgacık katsayılarından detay katsayıları oluşturduğumuz bozunumlarla ilgili önemli bilgileri içerdiği için bu katsayılar özellik vektörü olarak kullanılmıştır. Farklı çözünürlük seviyelerindeki bozunuma uğramış işaretin enerji dağılım özelliklerini çıkarmak için Parseval Teoremi dalgacık katsayılarına uygulanmıştır. Oluşturulan bozunumlarındaki örnek sayısı 4096 olduğu için her bir bozunum için ayrışım seviyesi 12 seçilmiştir. Bu yöntemle oluşturulan dört farklı bozunumun enerji dağılım özelliklerine bakarak görsel olarak birbirinden ayırt edilebileceği gözlemlenmiştir. Daha sonra her bir bozunum birbirinden farklı özellik gösteren sekiz farklı noktada (sinüs 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315 ve 360 dereceyi tamamladıktan sonra) oluşturulmuş ve enerji dağılım özellikleri çıkarılmıştır. Oluşturulan bozunumlar için hangi enerji seviyesi veya enerji seviyelerinin önemli olduğuna çizelge 1’e bakarak karar verilmiştir. Bozunumların farklı noktalarda oluşturulmalarından elde edilen o bozunum için önemli olan enerji seviyesinin değişimlerine bakılmıştır. Yapılan analizlerden geçici olay için önemli olan enerji seviyesinin bozucunun oluşum yerinden etkilenmediği, gerilim çökmesi ve gerilim yükselmesi için önemli olan enerji seviyelerinde belirgin bir değişim olmadığı, harmonikli işaretle ise harmonikli işaret için önemli olan enerji seviyesinin bozucunun oluşum yerinden az da olsa etkilendiği gözlemlenmiştir.

2.Dalgacıklar Ve Güç Kalitesi Uygulamaları

Tanım olarak, bir dalgacık, ortalama değeri sıfır olan ve zamanla sınırlı bir dalga şeklidir. Zaman ekseninde kaydırma ve ölçekleme parametreleri dalgacıkların temelinin oluşturmaktadır. Dalgacık dönüşümü değişik uzunluktaki bölgeleri kapsayan pencereleri içeren yeni bir teknik olarak karşımıza çıkmaktadır. Dalgacık dönüşümü ile her bir zaman aralığında işaretin hem alçak (A) hem de yüksek sıklık bileşenlerini (D) hesaplamak mümkündür.[6]

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 bu çalışmada ayrık dalgacık dönüşümü kullanılmıştır. Ayrık dalgacık dönüşümünde işaret belli sayıda ölçeklere ayrılır. Her bir ölçek örnekleme sıklığına bağlı olarak belirli sıklık aralığına denk düşmektedir.

Eşitlik (1)'de sürekli dalgacık dönüşümü görülmektedir.

$$W_{(a,b)} = \frac{1}{\sqrt{2}} \int \varphi\left(\frac{t-b}{a}\right) f(t) dt \quad (1)$$

Eşitlik (1)'de $\varphi(t)$ ana dalgacık fonksiyonu, a ölçek (sıklık) parametresi ve b de zaman (konum) parametresidir. Yüksek sıklık analizlerinde kısa pencere seçimleri yeterli olup, alçak sıklık analizlerinde ise uzun pencere aralıkları seçilmelidir. Bilgisayar analizleri için eşitlik (2)'de görülen ayrık dalgacık dönüşümü (ADD) kullanılır.

$$Wf(m,n) = 2^{-m/2} \int f(t) \varphi(2^{-m}t - n) dt \quad (2)$$

Eşitlik (2)'de, m parametresi sıklığı belirler ve n parametresi ise konumu (zamanı) belirler.

Pratik uygulamalarda dalgacık serileri aşağıdaki gibidir:

$$f(t) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} C_k \phi(t-k) + \sum_{k=-\infty}^{+\infty} d_{j,k} \varphi(2^j t - k) \quad (3)$$

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

$$\varphi(x) = \sqrt{2} \sum_n h_1 \varphi(2x - n), \text{ dalgacık fonksiyonudur. } h_0$$

ve h_1 ise sırasıyla alçak ve yüksek geçiren süzgeç katsayılarıdır.

3. Enerji Yöntemiyle Özellik Çıkarımı

Parseval teoremine göre, 1Ω 'luk direnç üzerinden akan akım ayrık bir $f \in \mathbb{L}^2$ işareti olarak düşünüldüğünde direncin üzerinde harcanan enerji sıklık bölgesinde Fourier dönüşümünün spektrum katsayılarının karelerinin toplamına eşittir [4].

$$\frac{1}{N} \sum_n |f \in \mathbb{L}^2|^2 = \sum_k |a_k|^2 \quad (4) [3, 4]$$

(4) eşitliğinde N örnekleme dönemini, a_k ise Fourier dönüşümünün spektrum katsayılarını göstermektedir [3,

4]. Bu teoremi (4) eşitliğini kullanarak ayrık dalgacık dönüşümüne uyguladığımızda eşitlik (5) elde edilir:

$$\frac{1}{N} \sum_n |f \in \mathbb{L}^2|^2 = \frac{1}{N_J} \sum_k |a_{j,k} \in \mathbb{L}^2|^2 + \sum_{j=1}^J \left(\frac{1}{N_J} \sum_k |d_{j,k} \in \mathbb{L}^2|^2 \right) \quad (5)$$

[3,4]

Bu denklem ile bozunuma uğramış işaretin enerjisi elde edilmektedir [3]. (5) eşitliğinin sağdaki ilk terim ayrıştırılmış işaretin yaklaşım seviyesini, ikinci terim ise ayrıştırılmış işaretin detay seviyesini belirlemektedir. Bozunuma uğramış işaretin ayrıştırma seviyelerinin enerji dağılımını veren ikinci terim güç kalitesi bozunumlarına ait özellikleri çıkarmak için kullanılacaktır [3, 4]. Bu süreç matematiksel olarak (6) eşitliğiyle açıklanabilmektedir[3]:

$$P_j = \frac{1}{N_J} \sum_k |d_{j,k}|^2 = \frac{\|d_j\|^2}{N_J} \quad (6)$$

(6) eşitliğinde, $\|d_j\|$, d_j katsayılarının normalize edilmiş halidir. Bu çalışmada da Daubechies-4 dalgacık fonksiyonu kullanılmıştır.

(6) Eşitliği (7) eşitliği yardımıyla normalize edilmektedir.

$$P_j^D = \mathbb{P}_j \cdot \frac{1}{2} \quad (7)$$

4. Güç Kalitesi Bozucularının Enerji Yöntemiyle Özellik Çıkarımı

MATLAB ortamında ilk olarak gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, harmonikli gerilim ve geçici olay içeren gerilim sinüsün sıfır geçiş noktasında oluşturulmuştur. Örnekleme sıklığı 12.8 kHz alınmıştır. Toplam on sekiz dönemlik bir çalışma aralığı kabul edilmiş olup on sekiz dönemin ilk yedisi sağlıklı, sonra gelen beş dönem bozunum içeren (gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi ve harmonikli işareten herhangi biri), daha sonra gelen altı dönem de yine sağlıklı olarak kabul edilmiştir. Oluşturulan gerilim yükselmesinin genliği %150, gerilim çökmesinin genliği %50 olarak alınmıştır ve genliği %50 olan 3. harmonik ve 5. harmonik saf sinüse eklenerek belirtilen aralıklarda harmonikli işaret oluşturulmuştur. 1.5 pu'lık 4 kHz sıklığa sahip geçici olay ise, 0.08 ve 0.18'inci sn'lerde iki kez oluşturularak her defasında 30 ms sürdürülmüştür. Her bir bozunum işareti 12 seviye olarak Daubechies-4 ayrık dalgacık süzgeci ile ayrıştırılarak 7 eşitliğindeki detay katsayılarına ait enerji dağılımları elde edilmiştir. Bozunum işaretlerinden elde edilen enerji dağılımlarını ayırt edebilmek amacıyla referans olarak 18 dönemlik 1 pu'lık saf sinüs işaretinin enerji dağılımı alınmıştır.

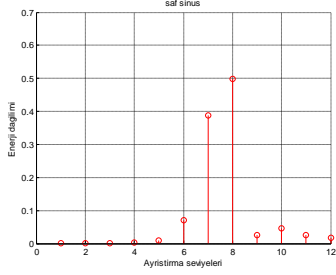
Dalgacık dönüşümünün çok çözünürlük ayrışımındaki sıklık bantlarının aralıkları Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1: Çok çözünürlük ayrışımındaki sıklık bant aralıkları

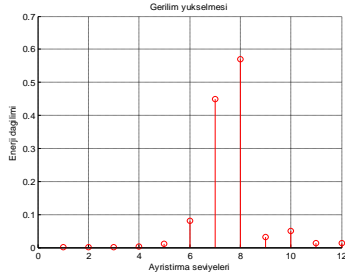
Ayrıştırma	Sıklık Aralığı
d1	3200-6400
d2	1600-3200
d3	800-1600
d4	400-800

d5	200-400
d6	100-200
d7	50-100
d8	25-50
d9	12.5-25
d10	6.25-12.5
d11	3.125-6.25
d12	1.5625-3.125
a12	0-1.5625

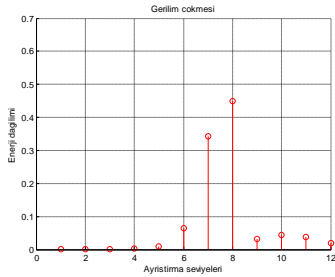
Şekil 2-5, güç kalitesi bozunumu içeren işaretlerin enerji dağılım özelliklerini göstermektedir ve hiç bozunum olmayan durumla kıyaslama yapılabilmesi için saf sinüs işaretinin de enerji dağılım özelliği şekil 1’de elde edilmiştir.



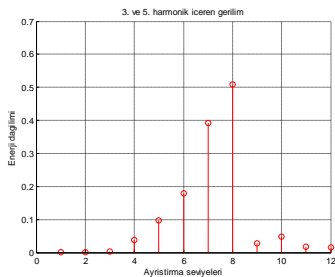
Şekil 1: Saf sinüs geriliminin detay katsayılarına ait enerji dağılımı



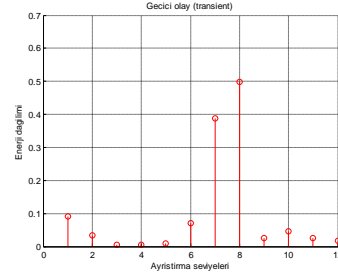
Şekil 2: Gerilim yükselmesi işaretinin detay katsayılarına ait enerji dağılımı



Şekil 3: Gerilim çökmesi işaretinin detay katsayılarına ait enerji dağılımı



Şekil 4: 3. ve 5. harmoniğe sahip gerilim işaretinin detay katsayılarına ait enerji dağılımı



Şekil 5: 4 kHz, 1.5 pu'lık geçici olay içeren gerilim işaretinin detay katsayılarına ait enerji dağılımı

Her bir bozunum için elde etmiş olduğumuz bu enerji dağılımı grafiklerine baktığımızda, gerilim çökmesi ve gerilim yükselmesi işaretlerinin sıklığında herhangi bir değişim olmadığı için, Çizelge 1'e göre temel sıklık bileşenine yakın seviye değeri olan 7. ve 8. seviyelerde enerji değerleri değişmiştir. Referans işaret olarak aldığımız 50 Hz, 1 pu'lık saf sinüs işaretinin enerji dağılımı ile karşılaştırıldıklarında çökme işaretinin özellikle 7. ve 8. seviye değerindeki belirgin azalış, yükselme işaretinin 7. ve 8. seviyesinde ise belirgin bir artış gözlenmiştir.

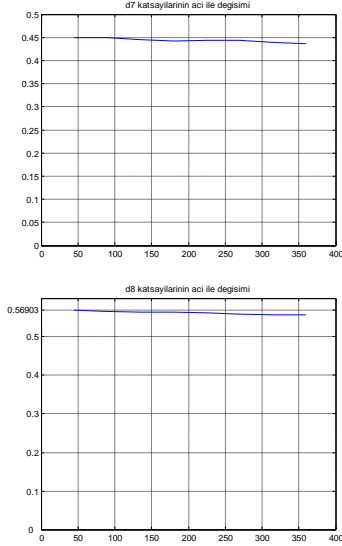
İçerisinde 3. ve 5. harmonik bileşenini bulunduran harmonikli gerilim işaretinin enerji dağılımı incelendiğinde, bu gerilim işaretinde yüksek sıklıklı bileşenler bulunduğu için 4., 5. ve 6. seviyelerdeki enerji dağılımında da bir farklılık görülmektedir. Çizelge 1'e göre özellikle 5. ve 6. seviyedeki artış oluşturulan işaretin içerisinde 3. ve 5. harmonik bileşenlerinin bulunmasından ileri gelmektedir.

4 kHz'lik geçici olaya ait enerji dağılımı incelendiğinde ise yüksek sıklık bileşen aralığını ifade eden özellikle d1 ve d2 katsayılarındaki belirgin artış göze çarpmaktadır.

Buraya kadar yapılan çalışmalarda enerji dağılımı özelliklerini elde edebilmek için oluşturulan bozunumlar gerilimin sıfır geçişlerinde oluşturulmuştur. Pratikte bozunumların bu noktada oluşmasının garantisi yoktur. Bu nedenle enerji yöntemiyle özellik çıkarım yönteminin bozunumun oluşum yerine göre farklı sonuçlar verip vermediğini anlayabilmek amacıyla birbirlerinden farklı özellik gösterdiği için seçilen sekiz farklı noktada (gerilimin 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315° ve 360° geçişlerinde) bozunumlar oluşturulmuştur. Oluşturulan bozunumlar için Çizelge 1'e göre hangi enerji seviyesi veya enerji seviyeleri önem kazanıyorsa o bozunuma ait enerji seviyesinin veya seviyelerinin yukarıda belirtilen sekiz farklı noktadaki değişimine bakılmıştır.

4.1 Farklı Noktalarda Oluşturulan Gerilim Yükselmesi İşareti

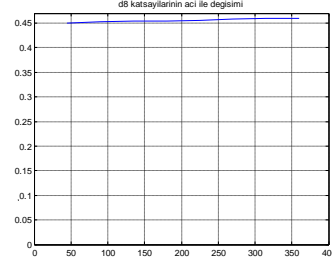
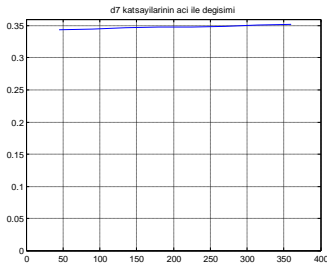
Bilindiği gibi sistemde gerilim yükselmesi olduğunda işaretin sıklığı değişmemekte sadece genliği değişmektedir. Bu nedenle işaret gerilim yükselmesi olduğunda da temel sıklık bileşeninde kalmaktadır. Çizelge 1' e göre temel sıklık bileşenine yakın seviye değeri olan 7. ve 8. seviyelerdeki enerji değerleri gerilim yükselmesi işareti için önem kazanmaktadır. Bu nedenle birbirinden farklı özellik gösteren sekiz farklı noktada başlatılan gerilim yükselmesi içeren işaretin d7 ve d8 katsayılarının değişimi şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 6: MATLAB' da sırasıyla sinüsün sıfır geçiş noktası dışındaki 8 farklı noktada başlatılan gerilim yükselmesi içeren işaretin d7 ve d8 katsayılarının değişimi

4.2 Farklı Noktalarda Oluşturulan Gerilim Çökmesi İşareti

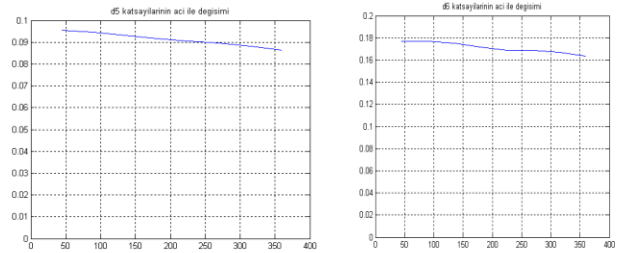
Gerilim çökmesi olduğunda işaretin sıklığında herhangi bir değişim olmadığı için Çizelge 1'e göre temel sıklık bileşenine yakın seviye değeri olan 7. ve 8. enerji seviyelerindeki enerji değerleri gerilim çökmesi işareti için önem kazanmaktadır. Bundan dolayı bu yöntemin gerilim çökmesi olduğunda bozunumun oluşum yerine göre farklı sonuçlar verip vermediğini anlayabilmek için daha önceden belirtilen sekiz farklı noktadaki d7 ve d8 katsayılarının değişimine bakılmıştır. Bu katsayıların sekiz farklı özellikteki açıya göre değişimi şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7: MATLAB' da sırasıyla sinüsün sıfır geçiş noktası dışındaki 8 farklı noktada başlatılan gerilim çökmesi içeren işaretin d7 ve d8 katsayılarının değişimi

4.3 Farklı Noktalarda Oluşturulan Harmonikli İşaret

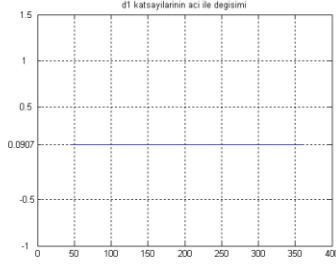
Harmonikli işaret birbirinden farklı özellik gösteren sekiz açı değerinde (gerilimin 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315° ve 360° geçişlerinde) saf sinüse eklenmiş ve gerilimin sıfır geçişlerinde harmonikler devreden çıkartılarak, uygulanan yöntemin harmonikli işaretin farklı başlangıç noktalarında başlamasından etkilenip etkilenmediğine bakılmıştır. İşarete 3. ve 5. harmonik olduğundan çizelge 1'e göre d5 ve d6 katsayıları önem kazanacaktır. Bu nedenle sadece d5 ve d6 katsayıları yukarıda verilen açı değerlerine göre çizdirilmiştir. d5 ve d6 katsayılarının değişimi şekil 8' de verilmiştir.



Şekil 8: MATLAB' da sırasıyla sinüsün sıfır geçiş noktası dışındaki 8 farklı noktada 3. ve 5. harmoniğin saf sinüs işaretine eklenmesi durumunda d5 ve d6 katsayılarının değişimi

4.3 Farklı Noktalarda Oluşturulan Geçici Olay İçeren İşaret

1.5 pu' lük 4 kHz' lik geçici olay sinüsün 45,90, 135, 180, 225, 270,315 ve 360 derecelerinin tam katlarından geçtiği noktalarda 30 ms boyunca oluşturulmuştur. Çizelge 1'e göre 4 kHz'lik bileşenin devrede olması d1 katsayılarını etkileyeceğinden, bozunumların oluşum yerleri değiştirilip bu katsayının değişimine bakılmıştır. Şekil 9'da d1 katsayılarının geçici olayın farklı açı değerlerine göre değişimi verilmektedir.



Şekil 9: MATLAB’ da sırasıyla sinüsün sıfır geçiş noktası dışındaki 8 farklı noktada oluşturulan geçici olay içeren işaretin d1 katsayılarının değişimi

5. Sonuçlar

Bu çalışmada ilk önce gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, harmonikli gerilim ve geçici olay içeren gerilim olmak üzere dört farklı bozunum gerilimin sıfır geçiş noktalarında MATLAB’ da oluşturulmuştur. Oluşturulan bozunumların enerji dağılım grafiklerine baktığımızda oluşturduğumuz dört farklı bozunumun görsel olarak birbirinden ayırt edilebildiği görülmektedir. Elde edilen bu özelliklerle akıllı sistemlere dayalı yöntemler ile bozulmaların türü iyi bir şekilde sınıflandırılabilir. Ancak pratikte bozunumların gerilimin sıfır geçiş noktasında oluşmasının bir garantisi yoktur. Bu nedenle birbirinden farklı özellik gösteren sekiz farklı noktada (gerilimin 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315° ve 360° geçişlerinde) dört bozunum yeniden oluşturulmuştur. Oluşturulan bozunumlar için Çizelge 1’e göre hangi enerji seviyesi veya enerji seviyeleri önem kazanıyorsa o bozunuma ait enerji seviyesinin veya seviyelerinin yukarıda belirtilen sekiz farklı noktadaki değişimine bakılmıştır. Gerilim yükselmesi ve gerilim çökmesi bozunumlarında işaretin sıklığında herhangi bir değişim olmayıp sadece genlikleri değiştiği için oluşturulan işaretler yine temel sıklık bileşenindedirler. Bu nedenle her iki bozunumda da d7 ve d8 katsayıları önem kazanmaktadır. Gerilim yükselmesi bozunumunda d7 katsayıları 0.43685-0.44948 aralığında %2.809’luk bir değişim gösterirken, d8 katsayıları 0.55677-0.56903 aralığında %2.154’ lük bir değişim göstermektedir. Gerilim çökmesi oluşturulduğunda ise d7 katsayıları 0.34888-0.35229 aralığında %0.9679’luk bir değişim gösterirken d8 katsayıları ise 0.45025-0.45955 aralığında %2.023’lük bir değişim göstermektedir. Harmonikli işaret 3. ve 5. harmoniği içerdiği için 3. harmonik için d6 katsayıları 5. harmonik içinse d5 katsayıları önem kazanmaktadır. Harmonikli işarette ise d5 katsayıları 0.08644-0.095534 aralığında %9.5191’lik bir değişim gösterirken d6 katsayıları ise 0.16336-0.1771 aralığında %7.758’ lik bir değişim göstermektedir. Sistemde 4 kHz’ lik geçici olay oluşturulduğunda ise d1 katsayıları önem kazanmaktadır ve bu bozunumun oluşum yeri değiştirildikçe de d1 katsayıları 0.0907 değerinde sabit kalmakta değişim göstermemektedir. Bu yöntemde oluşturulan bozucuya

ait önem kazanan enerji seviyesinin veya enerji seviyelerinin geçici olay için hiç değişmediği, gerilim yükselmesi ve gerilim çökmesi için önem kazanan enerji seviyelerinde belirgin bir değişim olmadığı dolayısıyla yöntemin sağlıklı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Harmonikli işarette ise d5 katsayılarının açılı değerleri değiştiğiçe %9.5191’lik bir değişim sergilediği, d6 katsayılarının ise %7.758’lik bir değişimle değiştiği görülmektedir. Harmonikli işaret için önem kazanan enerji seviyelerindeki değişim diğer bozucularda önem kazanan enerji seviyesindeki değişimle karşılaştırıldığında harmonikli işarette değişim oranının diğer bozucuların enerji seviyesinden daha fazla çıktığı görülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Araştırma Fonu “Yapay Us Yöntemleri Kullanılarak Kırpışmanın (Flicker) Belirlenmesi ve Giderilmesi” MF 143 nolu projesi kapsamında desteklenmiştir.

6.Kaynaklar

- [1] Talat, N., İbrahim, W. R., Kusic, L.G., “New Technique For Categorization of Power Quality Disturbances”, Power Quality Conference, August 27-29 2008, Parnu.
- [2] Dugan, R., McGranaghan, M. F., Santoso, S., Beaty, W. H.: “Electrical Power Systems Quality”, *McGraw Hill Second Edition*
- [3] Zwe-Le Gaing and Hou-Sheng Huang: “Wavelet-Based Neural Network for Power Disturbance Classification”, *IEEE 2003*.
- [4] 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*, 14-18 Kasım 2007, Eskişehir.
- [5] Ece, D.,G., "Güç Kalitesi Bozucularının Belirlenmesinde Dalgacık Dönüşümünün Başarım Sınaması" *ELECO 2007*, Aralık, Bursa.
- [6] Kocaman, Ç., “Dalgacık Tabanlı Transformator Koruma Algoritması”, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2003, Samsun.