

YAPAY US YÖNTEMLERİ  
KULLANILARAK ENERJİ  
KALİTESİ BOZUCULARININ  
BELİRLENMESİ

ÇAĞRI KOCAMAN  
DOKTORA TEZİ  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK  
MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**T.C.**  
**ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPAY US YÖNTEMLERİ KULLANILARAK ENERJİ**  
**KALİTESİ BOZUCULARININ BELİRLENMESİ**

**ÇAĞRI KOCAMAN**

**DOKTORA TEZİ**  
**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**

**AKADEMİK DANIŞMAN**  
**Yrd. Doç. Dr. MUAMMER ÖZDEMİR**

**SAMSUN-2010**

T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bu çalışma jürimiz tarafından 15/10/2010 tarihinde yapılan sınav ile Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Doğan Gökhan ECE

Üye : Prof. Dr. Güven ÖNBİLGİN

Üye : Doç. Dr. Okan ÖZGÖNENEL

Üye : Doç. Dr. Mehmet Timur AYDEMİR

Üye : Yrd. Doç. Dr. Muammer ÖZDEMİR (Danışman)

ONAY :

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

...../...../2010

Prof. Dr. Hasan GÜMÜŞ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## YAPAY US YÖNTEMLERİ KULLANILARAK ENERJİ KALİTESİ BOZUCULARININ BELİRLENMESİ

### ÖZ

Bu tez çalışmasında, beş adet güç kalitesi bozucusu ve saf sinüs işaretli dalgacık tabanlı destek vektör makinesiyle (DVM) sınıflandırılmaya çalışılmıştır ve kullanılan aynı özellik vektörü ve aynı veriler için DVM' nin başarımı yapay sinir ağları (YSA) ve Bayes sınıflandırıcıyla karşılaştırılmıştır.

İlk başta temel güç sistem sıklığındaki güç kalitesi bozucusu içeren işaretlerin belirlenmesi istatistiksel yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan işaretlerin bölgesel pencereler içerisinde çarpıklık ve basıklık katsayıları hesaplanmıştır. Elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarının genliklerindeki değişimler oluşturulan bozucuların oluşum zamanlarını belirleyebilmektedirler. Bu istatistiksel yöntemin bazı güç kalitesi olaylarında bozucunun oluşum yerine göre farklı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Bu iki katsayının enerjileri Bayes sınıflandırıcıya verilmiştir. Sınıflandırıcı sonuçlarına göre bazı güç kalitesi bozucularının birbirine karıştığı görülmüştür. Çarpıklık ve basıklık katsayılarının enerjilerine ek olarak kullanılacak farklı özelliklerle sınıflandırıcı başarımının artabileceği sonucu gözlemlenmiştir.

Ardından temel güç sistem sıklığındaki güç kalitesi bozucusu içeren işaretlerin analizi ayrı dalgacık dönüşümü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Güç kalitesi bozucusu içeren işaret yüksek sıklıklı bileşen içeriyorsa sadece dalgacık dönüşümünün yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir.

Daha sonra oluşturulan temel güç sistem sıklığındaki güç kalitesi bozucu işaretlerinin enerji dağılım özelliklerini çıkarmak için çok çözünürlüklü ayrı dalgacık dönüşümü ve Parseval kuramı uygulanmıştır. Destek vektör makinesi güç kalitesi bozucularının özellik vektörlerini sınıflandırmak için kullanılmıştır. DVM' nin sınıflandırma başarımının oldukça iyi olduğu görülmüştür. Temel güç sistem sıklığı dışındaki güç kalitesi bozucu işaretlerini de önerilen yöntemin yüksek başarımla sınıflandırdığı gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Güç kalitesi, gerilim çökmesi, gerilim yükselmesi, harmonikli gerilim, geçici olay, kırışma, ayrı dalgacık dönüşümü, çarpıklık ve basıklık katsayıları, destek vektör makinesi, yapay sinir ağları, Bayes sınıflandırıcı.

## **DETERMINING POWER QUALITY DISTURBANCES USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS**

### **ABSTRACT**

In this thesis five kinds of power quality disturbances and pure sine are tried to classify by using wavelet based support vector machines (SVM) and performance of SVM is compared with artificial neural network (ANN) and Bayes classifier for same future vector and datas.

Firstly signals consisting of power quality disturbances at power system frequency is determined by using statistical methods. Skewness and kurtosis coefficients of constituted signals are calculated in local frames. Changes of skewness and kurtosis coefficients' amplitudes determine the moment of occurrences of constituted disturbances. . It has been observed that in certain power quality events this statistical method gives different results depending on moment of occurrences of disturbances. Energy of these coefficients are given to Bayes classifier. According to results of classifier it is seen that some power quality disturbances are confused. It's observed that performance of classifier can be increased with different features in addition to energy of skewness and kurtosis coefficients.

After that the signals consisting of power quality disturbances are determined by using discrete wavelet transform. It is observed that if a signal consisting of power quality disturbances not having high frequency components, wavelet transform seems insufficient.

After that multi-resolution analysis (MRA) technique of discrete wavelet technique (DWT) and Parseval's theorem are employed to extract the energy distribution features of signals consisting of power quality disturbances at power system frequency. SVM are used to classify these feature vectors of PQ disturbances. It's seen that classification performance of SVM is well. It's observed that this method classify signals consisting of power quality disturbances even if they are outside of power system frequency.

**Key Words:** Power quality, voltage sag, voltage swell, voltage with harmonics, transients, flicker, discrete wavelet transform, skewness and kurtosis coefficients, support vector machines, artificial neural network, Bayes classifier.

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında bilgisi ve katkıları ile destek olan, yardımlarını esirgemeyen çok değerli danışman hocam Sn. Yrd. Doç. Dr. Muammer ÖZDEMİR' e teşekkürlerimi borç bilirim.

Tez izleme komitesinde yer alarak beni yönlendiren, motive eden ve bilgileriyle destek olan Bölüm Başkanımız çok kıymetli hocam Sn. Prof. Dr. Güven ÖNBİLGİN' e ve yine tez izleme komitesinde yer alarak çalışmaya katkıda bulunan değerli hocam Sn. Doç. Dr. Mehmet Timur AYDEMİR' e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tez danışmanım çok değerli hocam Sn. Doç. Dr. Okan ÖZGÖNENEL' e bilgilerinden yararlanmama izin verdiği ve özellikle bana moral verdiği için en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam sırasında bana güç veren, maddi ve manevi her zaman yanımda olan sevgili kardeşim Sn. Oğulcan KOCAMAN' a, sevgili babam Sn. Hikmet KOCAMAN' a, sevgili annem Sn. Sema KOCAMAN' a, sevgili teyzem Sn. Saliha ADIGÜZEL' e, sevgili eniştem Sn. İhsan ADIGÜZEL' e ve nişanlım Sn. Yrd. Doç. Dr. Oktay ARIKAN' a teşekkürlerimi borç bilirim.

Tez çalışmama doktora ve yüksek lisansta kendilerinden aldığım derslerdeki bilgileriyle katkıda bulunan bölümümüz öğretim üyelerinden çok değerli hocalarım Sn. Yrd. Doç. Dr. Hatice SEZGİN' e, Sn. Yrd. Doç. Dr. Abdullah SEZGİN' e, Sn. Yrd. Doç. Dr. İrfan ŞENLİK' e ve Sn. Yrd. Doç. Dr. İlyas EMİNOĞLU' na teşekkürlerimi borç bilirim.

Ayrıca çalışmamı Ondokuz Mayıs Üniversitesi Araştırma Fonu, MF 143 ile destekleyen O.M.Ü. Proje Yönetim Ofisi'ne teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmamda kullandığım gerçek zamanlı verileri almamda bana yardımcı olan TÜBİTAK çalışanlarından Sn. Prof. Dr. Muammer ERMIŞ' e ve Sn. Dr. Özgül SALOR' a ve 'Güç Kalitesi Milli Projesi' ne' en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam sırasınca bana verdiği manevi desteklerden dolayı kendisini ablam gibi gördüğüm Sn. Serap ÖNBİLGİN' e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma arkadaşlarım ve çok değerleri dostlarıma tez çalışmam sırasında her zaman yanımda oldukları için en içten teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

<b>1.</b>	<b>GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>GENEL BİLGİLER.....</b>	<b>4</b>
2.1.	Literatür Özeti .....	4
2.2.	Güç Kalitesi Sorunlarının Kaynakları.....	11
2.3.	Güç Kalitesi Sorunlarının Özellikleri .....	14
2.3.1.	Geçici Olaylar .....	16
2.3.1.1.	Darbesel Geçici Olaylar .....	16
2.3.1.2.	Salınlımlı Geçici Olaylar .....	17
2.3.2.	Kısa Süreli Gerilim Değişimleri .....	19
2.3.2.1.	Gerilim Çökmesi .....	19
2.3.2.2.	Gerilim Yükselmesi .....	22
2.3.2.3.	Gerilim Kesintisi .....	23
2.3.3.	Uzun Süreli Gerilim Değişimleri .....	23
2.3.3.1.	Aşırı Gerilim .....	24
2.3.3.2.	Düşük Gerilim.....	24
2.3.3.3.	Kalıcı Gerilim Kesintisi .....	24
2.3.4.	Gerilim Dengesizliği .....	24
2.3.5.	Dalga Şekli Bozucuları .....	25
2.3.5.1.	Doğru Akım Bileşeni .....	25
2.3.5.2.	Harmonikler .....	25
2.3.5.3.	Ara Harmonikler .....	29
2.3.5.4.	Çentik .....	29
2.3.5.5.	Gürültü .....	30
2.3.6.	Kırpışma.....	31
2.3.7.	Sıklık Değişimleri .....	37
<b>3.</b>	<b>MATERYAL VE YÖNTEMLER .....</b>	<b>38</b>
3.1.	Dalgacık Dönüşümü.....	39
3.1.1.	Sürekli Dalgacık Dönüşümü .....	43
3.1.2.	Ayrık Dalgacık Dönüşümü .....	46
3.1.3.	Çok Çözünürlüklü Ayırıştırma.....	49
3.1.3.1.	Daubechies Dalgacık Dönüşümü .....	51
3.2.	İstatistiksel Yöntem .....	52
3.3.	Enerji Yöntemiyle Özellik Çıkarımı .....	54
3.4.	Destek Vektör Makineleri.....	55
3.4.1.	Doğrusal Ayrılabilme Durumu .....	56
3.4.2.	Doğrusal Ayrılamama Durumu.....	62
3.4.3.	Çok Sınıflı Destek Vektör Makineleri .....	66
3.5.	Yapay Sinir Ağı Sınıflandırıcıları .....	69

3.6.	Bayes Karar Kuramı .....	71
3.7.	Sıklık Tahmini İçin Eğri Uydurma Yaklaşımı.....	72
<b>4.</b>	<b>BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>75</b>
4.1.	Güç Kalitesi Bozucularının İstatistiksel Yöntem İle Çözümlemesi .....	75
4.1.1.	Gerilim Yükselmesi İşaretinin İstatistiksel Yöntem İle Çözümlemesi.....	76
4.1.2.	Gerilim Çökmesi İşaretinin İstatistiksel Yöntem İle Çözümlemesi .....	77
4.1.3.	Harmonikli İşaretin İstatistiksel Yöntem İle Çözümlemesi .....	78
4.1.4.	Geçici Olay İçeren İşaretin İstatistiksel Yöntem İle Çözümlemesi .....	79
4.1.5.	Kırpışma İçeren İşaretin İstatistiksel Yöntem İle Çözümlemesi .....	80
4.1.6.	Farklı Noktalarda Oluşturulan Güç Kalitesi Bozucularının İstatistiksel Yöntem İle Çözümlemesi .....	83
4.1.6.1.	Farklı Noktalarda Oluşturulan Gerilim Yükselmesi İşaretinin İstatistiksel Yöntem İle Çözümlemesi .....	83
4.1.6.2.	Farklı Noktalarda Oluşturulan Gerilim Çökmesi İşaretinin İstatistiksel Yöntem İle Çözümlemesi .....	84
4.1.6.3.	Farklı Noktalarda Oluşturulan Harmonikli İşaretin İstatistiksel Yöntem İle Çözümlemesi.....	86
4.1.6.4.	Farklı Noktalarda Oluşturulan Geçici Olay İçeren İşaretin İstatistiksel Yöntem İle Çözümlemesi .....	87
4.1.6.5.	Farklı Noktalarda Oluşturulan Kırpışma İçeren İşaretin İstatistiksel Yöntem İle Çözümlemesi .....	88
4.2.	Güç Kalitesi Bozucularının ADD İle Çözümlemesi.....	90
4.2.1.	Saf Sinüs İşaretinin ADD İle Çözümlemesi .....	91
4.2.2.	Gerilim Yükselmesi Bozucusunun ADD İle Çözümlemesi.....	92
4.2.3.	Gerilim Çökmesi Bozucusunun ADD İle Çözümlemesi .....	93
4.2.4.	Harmonik Gerilim İçeren İşaretin ADD İle Çözümlemesi .....	94
4.2.5.	Geçici Olay İçeren İşaretin ADD İle Çözümlemesi .....	95
4.2.6.	Kırpışma İçeren İşaretin ADD İle Çözümlemesi.....	96
4.3.	Güç Kalitesi Bozucularının Enerji Yöntemiyle Özellik Çıkarımı .....	96
4.3.1.	Farklı Noktalarda Oluşturulan Güç Kalitesi Bozucularının Enerji Yöntemi İle Çözümlemesi .....	106
4.3.1.1.	Farklı Noktalarda Oluşturulan Gerilim Yükselmesi İşareti .....	106
4.3.1.2.	Farklı Noktalarda Oluşturulan Gerilim Çökmesi İşareti.....	108
4.3.1.3.	Farklı Noktalarda Oluşturulan Geçici Olay İçeren İşaret .....	109
4.4.	Güç Kalitesi Bozucularının Destek Vektör Makineleriyle Sınıflandırılması .....	112
4.4.1.	Temel Güç Sistem Sıklığındaki (50 Hz) GKB İşaretlerinin DVM İle Sınıflandırılması.....	112
4.4.2.	Temel Güç Sistem Sıklığı Dışındaki GKB İşaretlerinin DVM İle Sınıflandırılması.....	122
<b>5.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>131</b>
5.1	Tez Çalışmasından Elde Edilen Yayınlar .....	135
<b>6.</b>	<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>137</b>
<b>EK-A</b>	<b>GKB İşaretlerini Oluşturulması.....</b>	<b>144</b>
a.	Gerilim Yükselmesi Bozucusunun Oluşturulması.....	144



b.	Gerilim Çökmesi Bozucusunun Oluşturulması .....	144
c.	Harmonikli Gerilimin Oluşturulması .....	145
d.	Geçici Olay İçeren İşaretin Oluşturulması .....	145
e.	Kırpışma İçeren İşaretin Oluşturulması .....	146
<b>EK-B</b>	<b>İstatistiksel Yöntemle Çözümleme .....</b>	<b>147</b>
a.	Güç Kalitesi Bozucularının İstatistiksel Yöntemle Çözümlemesi .....	147
b.	Farklı Noktalarda Oluşturulan Güç Kalitesi Bozucularının İstatistiksel Yöntemle Çözümlemesi .....	148
<b>EK-C</b>	<b>Güç Kalitesi Bozucularının ADD İle Çözümlemesi .....</b>	<b>153</b>
<b>EK-D</b>	<b>Güç Kalitesi Bozucularının Enerji Yöntemiyle Özellik Çıkarımı .....</b>	<b>154</b>
<b>EK-E</b>	<b>Sıklık Tahmini İçin Eğri Uydurma Yaklaşımı .....</b>	<b>157</b>
<b>EK-F</b>	<b>Güç Kalitesi Bozucularının DVM' yle Sınıflandırılması .....</b>	<b>159</b>
a.	Temel Güç Sistem Sıklığındaki (50 Hz) GKB İşaretlerinin DVM İle Sınıflandırılması .....	159
b.	Temel Güç Sistem Sıklığı Dışındaki GKB İşaretlerinin DVM İle Sınıflandırılması .....	177
<b>EK-G</b>	<b>Çalışmada Kullanılan Çok Katmanlı YSA Mimarisi ve Arzu Edilen Çıkış Değerleri .....</b>	<b>189</b>

## SİMGELER LİSTESİ

$\delta_n$	n. harmonik akımın faz açısı
$J(w)$	Amaç fonksiyonu
$\psi(t)$	Ana dalgacık
$\theta_{IH}$	Ara harmonik faz açısı
$f_{IH}$	Ara harmonik sıklıkğı
$\Delta f_h$	Bindirim sıklığı
$K(x_i, x_j)$	Çekirdek fonksiyonu
$\alpha_i$	Lagrange çarpanları
$\mu$	Ortalama değer
$\phi(t)$	Ölçek fonksiyonu
$\sigma$	Standart sapma
$\omega$	Açısal sıklık
$\theta_n$	n. harmonik gerilimin faz açısı
a	Ölçekleme (sıklık) parametresi
$a_j$	j seviye yaklaşım katsayıları
b	Öteleme (zaman) parametresi
b	Sapma (eşik) vektörü
C	Ceza katsayısı (düzenleştirme parametresi)
c	Çarpıklık katsayıları
D	Bozunum gücü
D	$x_2$ destek vektörü ile ayırıcı düzlem arasındaki uzaklık
$d_j$	j seviye detay katsayıları
f	Sıklık
$f(x)$	Çıkış (etiket) değeri
$f_1$	Temel sıklık
GK	Güç katsayısı

$h$	Örnekleme aralığı
$h_0$	Alçak geçiren süzgeç katsayıları
$h_1$	Yüksek geçiren süzgeç katsayıları
$HD_I$	Akım için tekil harmonik bozunumu
$HD_V$	Gerilim için tekil harmonik bozunumu
$I$	Akım
$I_0$	Akımın doğru akım bileşeni
$I_L$	Ortak bağlantı noktasından ölçülen, 12 ay boyunca çekilen en büyük akımların ortalaması
$I_n$	n. harmonik akımının etkin değeri
$i_n$	n. harmonik akımının ani değeri
$k$	Basıklık katsayıları
$m$	Ara harmonik bağıl genliği
$M$	$x_1$ ve $x_2$ destek vektörleri arasındaki uzaklık
$n$	Harmonik derecesi
$N$	Toplam örnek sayısı
$P$	Etkin güç
$P_{It}$	Uzun zamanlı kırpışma şiddeti
$P_{st}$	Kısa zamanlı kırpışma şiddeti
$Q$	Tepkin güç
$S$	Görünür güç
$THD_I$	Akım için toplam harmonik bozunumu
$THD_V$	Gerilim için toplam harmonik bozunumu
$TTD$	Toplam talep bozunumu
$V$	Gerilim
$V_0$	Gerilimin doğru akım bileşeni
$v_n$	n. harmonik gerilimin ani değeri
$V_n$	n. harmonik geriliminin etkin değeri
$w$	Ağırlık vektörü
$y(k)$	Normalize edilmiş giriş işareti

**KISALTMALAR LİSTESİ**

ADD	Ayrık Dalgacık Dönüşümü
AFD	Ayrık Fourier Dönüşümü
ANSI	American National Standards Institute (Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü)
BKB	Bire Karşı Bir
BKD	Bire Karşı Dİğerleri
CBEMA	Computer and Business Equipment Manufacturer Association (Bilgisayar ve İş Teçhizat Yapımcı Kurumu)
ÇYS	Çoklu Sınıflandırma Yöntemleri
DD	Dalgacık Dönüşümü
DDD	Daubechies Dalgacık Dönüşümü
DEÜ	Dokuz Eylül Üniversitesi
DV	Destek Vektörü
DVM	Destek Vektör Makinesi
DVS	Destek Vektörleri Sayısı
EPRI	Electric Power Research Institute (Elektrik Güç Araştırma Enstitüsü)
FD	Fourier Dönüşümü
GKB	Güç Kalitesi Bozunum
HB	Harmonik Bozunumu
HFD	Hızlı Fourier Dönüşümü
HÜ	Hacettepe Üniversitesi
HVDC	High Voltage Direct Current (Yüksek Gerilim Doğru Akım)
IEC	International Electrotechnical Commission (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers (Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü)
KKT	Karush-Kuhn-Tucker
KZFD	Kısa Zamanlı Fouier Dönüşümü
ODTÜ	Orta Doğu Teknik Üniversitesi

PLC	Programlable Logic Controller (Programlanabilir Mantık Denetleyici)
RBF	Radial Basis Function (Radyal Tabanlı Fonksiyon)
SDD	Sürekli Dalgacık Dönüşümü
SOLAR	Self Organizing Learning Array (Kendinden Yapılandırılmalı Öğrenen Dizi)
TADD	Ters Ayrık Dalgacık Dönüşümü
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
THD	Toplam Harmonic Distortion (Toplam Harmonik Bozunumu)
TTD	Toplam Talep Bozunumu
UPS	Uninterruptable Power Supply (Kesintisiz Güç Kaynağı)
VFD	Değişken Hızlı Sürücü Düzenekleri
YSA	Yapay Sinir Ağları
YTÜ	Yıldız Teknik Üniversitesi

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Güç kalitesinin hem gerilim hem de akım kalitesine bağlı olması .....	2
Şekil 2.1.	Akım bozunumunun neden olduğu gerilim bozunumu.....	12
Şekil 2.2.	Yıldırım düşmesi sonucu oluşan darbesele geçici olay .....	17
Şekil 2.3.	Sığaç anahtarlanması nedeniyle oluşan alçak sıklıklı salınımlı geçici olay .....	18
Şekil 2.4.	Sığaç anahtarlanması nedeniyle oluşan orta sıklıklı salınımlı geçici olay .....	18
Şekil 2.5.	Gerilim çökmesinin genliğı arta kalan gerilimi göstermektedir .....	19
Şekil 2.6.	Simetrik bir arızanın neden olduğu gerilim çökmesi .....	20
Şekil 2.7.	Simetrik olmayan bir arızanın neden olduğu gerilim çökmesi .....	21
Şekil 2.8.	Yol alan asenkron motorun neden olduğu gerilim çökmesi .....	21
Şekil 2.9.	Kısa devre arızası sonucu oluşan ani gerilim yükselmesi.....	22
Şekil 2.10.	Kısa süreli gerilim kesintisi .....	23
Şekil 2.11.	Sinüs biçimli olmayan dalga ve bileşenleri.....	26
Şekil 2.12.	Üç fazlı evirici tarafından oluşturulan çentik etkisi .....	30
Şekil 2.13.	Alüminyum eritme fabrikasındaki gerilim dalga şekli.....	31
Şekil 2.14.	Çok katlı bir binadaki asansörün çalışması sırasında görülen gerilim değişimi. Gerilimdeki bu değişim fark edilebilir ışık kırışmasına neden olur .....	33
Şekil 2.15.	Kırışma sıklığındaki gerilim dalgalanmasını gösteren tipik ark fırını besleme gerilimi .....	33
Şekil 2.16.	Şekil 2.15'daki gerilim dalga şeklinin zarfı .....	33
Şekil 2.17.	İstatistiksel değerlendirme süreci .....	35
Şekil 2.18.	IEEE kırışma eğrisi .....	36
Şekil 3.1.	Dalgacık çözümlemesinin aşamaları.....	40
Şekil 3.2.	Yaygın olarak kullanılan ölçekleme ve dalgacık fonksiyonları .....	41
Şekil 3.3.	Dalgacık dönüşümü.....	42
Şekil 3.4.	Kısa zamalı Fourier dönüşümünde kullanılan pencere ile DD' de kullanılan pencere boyutlarının karşılaştırılması .....	43
Şekil 3.5.	Sinüs biçimli işaretin ölçeklenmesi.....	44
Şekil 3.6.	Dalgacığın ölçeklenmesi .....	44

Şekil 3.7.	Zamanda kaydırılan dalgacık .....	45
Şekil 3.8.	Ölçek sıklık ilişkisi.....	46
Şekil 3.9.	S işaretinin A alçak geçiren (yaklaşım) ve D yüksek geçiren (detay) süzgeç katsayıları .....	48
Şekil 3.10.a.	Veri sayısını iki katına çıkararak süzgeç yapısı b. ADD katsayılarını oluşturan indirgeme yapısı .....	48
Şekil 3.11.	Tek seviyeli ADD .....	49
Şekil 3.12.	Dalgacık ayırıştırma ağacı.....	49
Şekil 3.13.	Gerçek zamanlı bir S işaretinin 3. seviyeden çok çözünürlüklü ayırışımı .....	50
Şekil 3.14.	S işaretinin dalgacık katsayılarıyla yeniden yapılandırılması.....	50
Şekil 3.15.	Dalgacık tabanlı enerji dağılım özelliği elde edilmesi yönteminin blok diyagramı.....	55
Şekil 3.16.	Birden fazla ayırma düzlemi .....	57
Şekil 3.17.	En iyi ayırma düzlemi .....	57
Şekil 3.18.	En geniş sınıra sahip ayırma düzlemi.....	59
Şekil 3.19.a.	Doğrusal olarak ayrılabilme durumu b. Doğrusal olarak ayrılamama durumu .....	61
Şekil 3.20.	Doğrusal olmayan haritalama .....	63
Şekil 3.21.	Giriş uzayından özellik uzayına geçiş.....	63
Şekil 3.22.	Yüksek boyutlu uzayda doğrusal olarak ayrılabilen veri .....	64
Şekil 3.23.	DVM ağ yapısı .....	65
Şekil 3.24.	Çoklu sınıflandırmada şifreleme-şifre çözme .....	66
Şekil 3.25.	BKB çoklu sınıflandırma yönteminin yapısı.....	66
Şekil 3.26.	BKB DVM (Kod Matrisi) .....	68
Şekil 3.27.	BKD çoklu sınıflandırma yönteminin yapısı .....	69
Şekil 3.28.	Bir nöron hücresinin matematiksel modeli .....	69
Şekil 3.29.	Çok katmanlı ileri beslemeli YSA modeli .....	70
Şekil 3.30.	Sıklık tahmini için eğri uydurma yönteminin gösterimi .....	73
Şekil 3.31.	Seçilen örneklerden $C_1$ ve $C_2$ eğimlerinin elde edilmesi .....	74
Şekil 4.1.	Benzetimi yapılan gerilim yükselmesi içeren işaret.....	76
Şekil 4.2.	MATLAB' da oluşturulan gerilim yükselmesi işaretinin çarpıklık ve basıklık katsayıları .....	77
Şekil 4.3.	Benzetimi yapılan gerilim çökmesi içeren işaret .....	77

Şekil 4.4.	MATLAB’ da oluşturulan gerilim çökmesi işaretinin çarpıklık ve basıklık katsayıları .....	78
Şekil 4.5.	Benzetimi yapılan 3. ve 5. harmonik içeren işaret .....	79
Şekil 4.6.	MATLAB’ da oluşturulan harmonikli işaretin çarpıklık ve basıklık katsayıları .....	79
Şekil 4.7.	Benzetimi yapılan geçici olay içeren işaret.....	80
Şekil 4.8.	MATLAB’ da oluşturulan geçici olay içeren işaretin çarpıklık ve basıklık katsayıları .....	80
Şekil 4.9.	Benzetimi yapılan kırpışma içeren işaret .....	81
Şekil 4.10.	MATLAB’ da oluşturulan kırpışma içeren işaretin işaretinin çarpıklık ve basıklık katsayıları .....	81
Şekil 4.11.	Benzetimi yapılan gerilim yükselmesi içeren işaret.....	83
Şekil 4.12.	Farklı açılara sahip gerilim yükselmesi içeren işaretin çarpıklık ve basıklık katsayıları .....	84
Şekil 4.13.	Benzetimi yapılan gerilim çökmesi içeren işaret .....	85
Şekil 4.14.	Farklı açılara sahip gerilim çökmesi içeren işaretin çarpıklık ve basıklık katsayıları .....	86
Şekil 4.15.	Farklı açılara sahip harmonikli gerilim içeren işaretin çarpıklık ve basıklık katsayıları .....	87
Şekil 4.16.	Farklı açılara sahip geçici olay içeren işaretin çarpıklık ve basıklık katsayıları .....	88
Şekil 4.17.	Farklı açılara sahip kırpışmalı işaretin çarpıklık ve basıklık katsayıları.....	89
Şekil 4.18.	Çarpıklık ve basıklık katsayılarının enerjilerine göre oluşturulan beş bozucunun Bayes sınıflandırıcı kullanılarak sınıflandırılması.....	90
Şekil 4.19.	Benzetimi yapılan saf sinüs işareti ve ADD ile çoklu çözünürlük çözümlemesi.....	92
Şekil 4.20.	Benzetimi yapılan gerilim yükselmesi içeren işaret ve ADD ile çoklu çözünürlük çözümlemesi.....	93
Şekil 4.21.	Benzetimi yapılan gerilim çökmesi içeren işaret ve ADD ile çoklu çözünürlük çözümlemesi.....	94
Şekil 4.22.	Benzetimi yapılan harmonikli işaret ve ADD ile çoklu çözünürlük çözümlemesi.....	95
Şekil 4.23.	Benzetimi yapılan geçici olay içeren işaret ve ADD ile çoklu çözünürlük	



	çözümlemesi.....	95
Şekil 4.24.	Benzetimi yapılan kırpışma içeren işaret ve ADD ile çoklu çözünürlük çözümlemesi.....	96
Şekil 4.25.	Benzetimi yapılan güç kalitesi bozucularının dalga şekilleri.....	97
Şekil 4.26.	Benzetimi yapılan saf sinüs işaretinin detay katsayılarına ait enerji dağılımı.....	98
Şekil 4.27.	Benzetimi yapılan gerilim yükselmesi içeren işaretin detay katsayılarına ait enerji dağılımı .....	98
Şekil 4.28.	Benzetimi yapılan gerilim çökmesi içeren işaretin detay katsayılarına ait enerji dağılımı .....	99
Şekil 4.29.	Benzetimi yapılan 3. ve 5. harmoniğe sahip gerilim işaretinin detay katsayılarına ait enerji dağılımı.....	99
Şekil 4.30.	Benzetimi yapılan 4kHz, 1.5 pu'luk geçici olay içeren gerilim işaretinin detay katsayılarına ait enerji dağılımı .....	100
Şekil 4.31.	Benzetimi yapılan kırpışmalı işaretin detay katsayılarına ait enerji dağılımı .....	100
Şekil 4.32.	Dalgacık tabanlı enerji dağılım özellikleri kullanılarak saf sinüs işaretinin ayırt edici karakteristiğini yansıtan özelliklerin dağılımı.....	102
Şekil 4.33.	Dalgacık tabanlı enerji dağılım özellikleri kullanılarak gerilim çökmesi işaretinin ayırt edici karakteristiğini yansıtan özelliklerin dağılımı.....	103
Şekil 4.34.	Dalgacık tabanlı enerji dağılım özellikleri kullanılarak gerilim yükselmesi işaretinin ayırt edici karakteristiğini yansıtan özelliklerin dağılımı .....	103
Şekil 4.35.	Dalgacık tabanlı enerji dağılım özellikleri kullanılarak harmonikli işaretin ayırt edici karakteristiğini yansıtan özelliklerin dağılımı.....	104
Şekil 4.36.	Dalgacık tabanlı enerji dağılım özellikleri kullanılarak geçici olay içeren işaretin ayırt edici karakteristiğini yansıtan özelliklerin dağılımı.....	104
Şekil 4.37.	Dalgacık tabanlı enerji dağılım özellikleri kullanılarak kırpışma içeren işaretin ayırt edici karakteristiğini yansıtan özelliklerin dağılımı.....	105
Şekil 4.38.	Sırasıyla sinüsün sıfır geçiş dışındaki 8 farklı noktada başlatılan gerilim yükselmesi içeren işaretin d8 katsayılarının değişimi.....	107
Şekil 4.39.	Sırasıyla sinüsün sıfır geçiş dışındaki 8 farklı noktada başlatılan gerilim yükselmesi içeren işaretin d9 katsayılarının değişimi.....	107

Şekil 4.40.	Sırasıyla sinüsün sıfır geçiş dışındaki 8 farklı noktada başlatılan gerilim çökmesi içeren işaretin d8 katsayılarının değişimi .....	108
Şekil 4.41.	Sırasıyla sinüsün sıfır geçiş dışındaki 8 farklı noktada başlatılan gerilim çökmesi içeren işaretin d9 katsayılarının değişimi .....	108
Şekil 4.42.	Sırasıyla sinüsün sıfır geçiş dışındaki 8 farklı noktada başlatılan geçici olay içeren işaretin d2 katsayılarının değişimi .....	109
Şekil 4.43.	Gerçek sistemden alınan örnek dalga şekli .....	111
Şekil 4.44.	Çarpıklık ve basıklık katsayılarının şekli.....	112
Şekil 4.45.	Dalgacık enerji katsayılarının şekli.....	112
Şekil 4.46.	Dalgacık tabanlı enerji dağılım özellikleri kullanılarak oluşturulan DVM sınıflandırma sisteminin blok şeması .....	116
Şekil 4.47.a.	GKB işaretlerinin ve saf sinüsün DVM kullanılarak sınıflandırılması.....	117
Şekil 4.47.b.	Şekil 4.47.a.'da verilen şeklin odaklanmış biçimi .....	118
Şekil 4.48.a.	GKB işaretlerinin ve saf sinüsün DVM kullanılarak sınıflandırılması.....	118
Şekil 4.48.b.	Şekil 4.48.a.'da verilen şeklin odaklanmış biçimi .....	119
Şekil 4.49.a.	GKB işaretlerinin ve saf sinüsün DVM kullanılarak sınıflandırılması.....	119
Şekil 4.49.b.	Şekil 4.49.a.'da verilen şeklin odaklanmış biçimi .....	120
Şekil 4.50.	GKB işaretlerinin ve saf sinüsün güç sistem sıklığından sapması durumunda d2 katsayılarının değişimi .....	124
Şekil 4.51.	GKB işaretlerinin ve saf sinüsün güç sistem sıklığından sapması durumunda d6 katsayılarının değişimi .....	124
Şekil 4.52.	GKB işaretlerinin ve saf sinüsün güç sistem sıklığından sapması durumunda d7 katsayılarının değişimi .....	125
Şekil 4.53.	GKB işaretlerinin ve saf sinüsün güç sistem sıklığından sapması durumunda d8 katsayılarının değişimi .....	125
Şekil 4.54.	GKB işaretlerinin ve saf sinüsün güç sistem sıklığından sapması durumunda d9 katsayılarının değişimi .....	126
Şekil 4.55.	GKB işaretlerinin ve saf sinüsün güç sistem sıklığından sapması durumunda d11 katsayılarının değişimi .....	126
Şekil 4.56.	Güç sistem sıklığı değiştiğinde önerilen dalgacık tabanlı enerji dağılım özellikleri kullanılarak oluşturulan DVM sınıflandırma sisteminin blok şeması.....	128

## ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	2.1. Gerilim büyüklüğü olayları (IEEE tanımlamaları) .....	14
Çizelge	2.2. Gerilim büyüklüğü olayları (IEC tanımlamaları).....	15
Çizelge	2.3. IEEE 1159-1995'e göre güç sistemindeki eelektromanyetik olayların kararakteristikleri ve sınıfları (IEEE Std. 1159, 1995) .....	15
Çizelge	3.1. DVM sınıflandırıcılarında yaygın olarak kullanılan çekirdek fonksiyonları .....	64
Çizelge	3.2. Oylama sonuçları .....	68
Çizelge	3.3. Oylama sonucunda kazanan sınıf.....	68
Çizelge	4.1. Çok çözünürlük ayrışımındaki sıklık bant aralıkları.....	97
Çizelge	4.2. Matematiksel modele dayalı veri üretimi için kullanılan eşitlikler ve parametreleri .....	113
Çizelge	4.3. Matematiksel modele dayalı GKB türleri ve işaretlerin sayısı .....	115
Çizelge	4.4. Sınıflandırma sonuçları .....	120
Çizelge	4.5. DVM İle yapılan sınıflandırma başarımları.....	121
Çizelge	4.6. YSA İle yapılan sınıflandırma başarımları .....	121
Çizelge	4.7. Bayes sınıflandırıcı ile yapılan sınıflandırma başarımları .....	122
Çizelge	4.8. Sıklığı değişen GKB işaretlerinde ref. saf sinüsün sıklığının 50 Hz olarak alınması durumunda sınıflandırma başarımları .....	129
Çizelge	4.9. Sıklığı değişen GKB işaretlerinde ref. saf sinüsün sıklığının GKB işaretlerinin sıklığıyla güncellenmesi durumunda sınıflandırma başarımları .....	129

## 1. GİRİŞ

Nüfus artışı, sanayileşme ve teknolojideki gelişmelerle birlikte dünyada elektrik enerjisine olan gereksinim giderek artmaktadır. Elektrik enerjisine olan bu gereksinimin artması daha güvenilir, kararlı, sürekli ve kaliteli elektrik enerjisi isteğini de beraberinde getirmektedir. Gücün kalitesiz olması, hem enerji sistemini hem de kullanıcıları olumsuz etkilemekte ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Kocatepe ve ark., 2005).

Güç kalitesi, farklı insanlara göre farklı anlamlar taşıyan bir kavramdır (Sankaran, 2002). Gerilim, akım veya sıklık değişimlerinden kaynaklanan güç kalitesi sorunu, tüketicinin donanımında arızaya veya kötü işletmeye yol açtığına ortaya çıkar (Kocatepe ve ark., 2005). Bir başka deyişle, güç kalitesi sorunu 'kullanıcı aletlerinin yanlış veya hiç çalışmamasına neden olacak gerilim, akım ve sıklıktaki değişimler' olarak tanımlanabilir (Kocatepe ve ark., 2005). Güç kalitesi, güç sisteminin incelenen herhangi bir noktasında düzgün sinüs şeklindeki gerilimin anma genlik ve sıklık değerini sürdürmesi olarak da tanımlanabilir (IEC (International Electrotechnical Commission, Uluslararası Elektroteknik Komisyonu)61000-1-1; IEEE Std. 1159,1995). IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü) 1110'a göre güç kalitesi, hassas elektronik aygıtların topraklanması ve enerjilenmesidir. Görüldüğü gibi yapılan bu tanımlamada güç kalitesi 'hassas elektronik aygıtlarla' sınırlandırılmıştır. Oysaki tüm elektriksel aygıtlar, bir ya da daha fazla güç kalitesi sorununun etkisinde kaldığı zaman oluşacak arızalara karşı dayanıksızdır. Bunlar elektrik motoru, transformatör, generatör, bilgisayar, yazıcı ya da bir haberleşme aygıtı olabilir. Daha basit ve daha kısa tanımı şöyle de yapılabilir: Güç kalitesi, aygıtların başarımları ve ömür kayıpları olmaksızın istenilen şekilde davranmalarına izin veren sınırlamalar kümesidir (Sankaran, 2002). Bu tanımlamanın, elektriksel aygıttan başarımları ve ömür olmak üzere iki nicelik istediğini görmekteyiz (Sankaran, 2002).

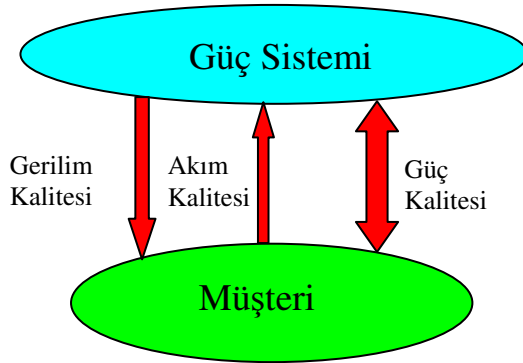
Elektrik enerji kalitesi, hem üretici firmalar hem de müşteriler açısından büyük bir ilgi odağı haline gelmiştir. Bu konuya olan ilginin artmasına dört temel neden gösterilebilir: Bunlardan birincisi, birçok yeni yük biçiminin mikroişlemci denetimli güç elektroniği elemanları içermesinden dolayı yüklerin eskiye oranla güç kalitesine daha duyarlı olmasıdır. Önceleri elektrik makineleri ilkeldi, daha fazla elektrik enerjisi tüketirdi ve başarımları da iyi sayılırdı. O zamanlarda makineler sadece başarımları

özellikleri dikkate alınarak tasarlanırdı. O zamanki makinelerde, güç kalitesi parametrelerini ölçmek için etkili yöntemlerin eksikliği nedeniyle bu sorunların olup olmadığı bilinmemekte ve bu makineler güç kalitesi sorunlarına karşı dayanıksızdı. Son 50 yıldan bu yana elektrik makineleri daha küçük, daha hızlı ve verimli olacak şekilde tasarlanmaktadır. İki benzer makine, yapılarındaki toleransların farklı olmasından dolayı aynı güç kalitesi sorunlarına farklı tepki verebilirler veya bu sorunlar şebekeden kaynaklanabilir (Sankaran, 2002).

Bir diğer neden güç sistemlerinin daha verimli kullanılması için hız ayarlamalı motorlar gibi uygulamaların kullanılması güç sistemlerindeki bir bozukluk türü olan harmonik seviyesinin artmasına neden olmaktadır.

Güç kalitesine olan ilginin artmasının diğer bir nedeni ise kullanıcıların güç kalitesi hakkındaki bilgi düzeylerinin artmasıyla üreticilerden daha kaliteli enerji istemeleridir.

Her geçen gün elektrik şebekesine bağlı olan kullanıcıların sayısı ve çeşidi artmaktadır ve enterkonnekte sistem içinde bulunulmasından dolayı herhangi bir yerdeki sorunun etkisinin yerel kalmaması ve bütün sistemi etkilemesi, bu konuya olan ilginin artmasının başka bir nedenidir (Atasal, 2000). Gücün kalitesizliği müşterilerden kaynaklanabileceği gibi üretici tarafından da kaynaklanabilmektedir. Şekil 1.1.'de verildiği gibi güç kalitesi hem gerilim hem de akım kalitesine bağlıdır.



**Şekil 1.1.** Güç kalitesinin hem gerilim hem de akım kalitesine bağlı olması (Sanino,2005)

Üretim noktasında generatörler hemen hemen sinüs dalgasına yakın bir gerilim üretmekte fakat şebekeden çekilen akım, gerilimde çeşitli bozulmalara neden olabilir. Bu durumu birkaç örnekle açıklayacak olursak,

- Şebekede bir kısa devre oluştuğunda ortaya çıkan akım, gerilim düşmesine veya tamamen gerilim çökmesine neden olabilir.
- Enerji iletim hattında yıldırım darbeleri sonucunda oluşan aşırı akımlar, güç sisteminde yüksek darbeli gerilimlere neden olurlar. Bu yüksek darbeli gerilimler, sistemin yalıtımını zorlayabilir veya delebilir. Yalıtımın delinmesi sonucunda da kısa devreler oluşur.
- Doğrusal olmayan yükler, harmonik akım kaynağı gibidir. Bozulmuş olan bu harmonikli akımlar, sistem empedansından geçerek gerilimi de bozarlar. Bunun sonucunda da tüketiciler bozulmuş gerilimle beslenmiş olurlar (Dugan, 2002).

Görüldüğü gibi, ilgilendiğimiz konu gerilim olmasına karşın, temel güç kalitesi sorunlarını anlayabilmemiz için akım üzerinde de durulması gerekmektedir. Ancak, şebekeye bağlı yükün değerine bağlı olarak çekilen akım değişeceğinden akımı denetlemek oldukça zordur. Bundan dolayı genellikle güç kalitesiyle ilgili standartlar şebeke gerilimini belirli sınırlar arasında tutmak için vardır (Bollen, 2006). Literatürde güç kalitesi kavramı yerine gerilim kalitesi kavramının kullanıldığı çalışmalar da bulunmaktadır (Chen ve Wei, 2008; Tse ve Chan, 2004).

Güç kalitesi bozucuları kısa süreli gerilim değişimleri, uzun süreli gerilim değişimleri, geçici olaylar (transientler), gerilim dengesizliği, dalga şekli bozucuları (harmonik, gürültü vb), şebeke sıklık değişimleri ve gerilim salınımları şeklinde ana başlıklar altında sınıflandırılabilir. Eğer bozucular doğru olarak sınıflandırılabilirlerse bozucuların etkileri belirlenebilir ve bozucuların kaynağı çözümlenebilir. Böylece o tür bozunmaya ilişkin önlemler alınabilir (Uyar ve ark., 2007).

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Literatür Özeti

Akım ve gerilim bozucularının tanımlanması ve sınıflandırılması güç sisteminin izlenmesi ve korunması açısından önemlidir. Bu açıdan güç sistemindeki güç kalitesizliklerinin belirlenmesi ve sınıflandırılması amacıyla pek çok çalışma yapılmıştır.

Geleneksel olarak, güç kalitesinin belirlenmesi bozucu dalga şekillerinin görsel denetimiyle yapılmaktaydı ve bu durumda mühendislerin bilgisi önemli bir rol oynamaktaydı. Sürekli güç kalitesi mühendisleri denetimini yaptıkları çok fazla veri ile uğraşmak zorunda kalıyorlardı (Lin ve ark., 2008). Gerilim çökmesi, gerilim yükselmesi, harmonik bozucu ve gerilim dengesizliği gibi güç kalitesi olaylarının belirlenmesi daha önceden belirlenen eşik değere göre yapılmaktaydı. Ayrıca, bu yöntemin izleme sistemleriyle çok fazla veriyi kaydediyor olması diğer bir eksikliğidir (Lazzaretti ve ark., 2009).

Güç kalitesi ölçümü için alınan akım ve gerilim verileri çok geniş yer kapladığından veri boyutunu düşürmek için verinin ön işleme tabi tutulması gereklidir. Verinin asıl özelliğini kaybetmeden veriyi temsil edebilecek ve bunun yanında veri boyutunu daha az boyuta indirgeyecek literatürde kullanılan pek çok yöntem bulunmaktadır. Bozucuların önemli bilgilerini çıkartmak için güç kalitesi olaylarının çözümlemesinde kullanılan işaret işleme yöntemleri FD (Fourier Dönüşümü) ve FD'nin daha hızlı ve verimli şekli olan HFD (Hızlı Fourier Dönüşümü), parça tabanlı yöntem (Huang ve Hsieh, 2001), S dönüşümü yöntemi (Nguyen ve Liao, 2009), zaman sıklık belirsiz düzlemi (Wang ve ark., 2001), kısa zamanlı güç ve ilinti dönüşüm yöntemi (Wen and Liu, 2002), dalgacık dönüşüm yöntemi (Santosa ve ark., 1996), Hilbert dönüşümü (David, 2004), Chirp-Z dönüşüm yöntemi (Aiello, 2005), d-q dönüşüm yöntemi (Xu ve ark., 2004), Kalman süzgeci (Styvaktakis ve ark., 2002) olarak sıralanabilir.

Yine veri boyutunu en aza indirgeyebilmek için en yüksek yıllık akım ve gerilim verileri tutulurdu. Ancak aylara göre en yüksek yük akımı ve gerilimi istendiğinde bu da sorun yaratmaktaydı. Sıklık bilgisi de güç kalitesi bozucularında önemli olduğundan bunun için kayan pencereli HFD kullanılan yöntemler arasındadır (Heydt ve ark., 1999). Bu nedenle, güç kalitesi verilerini sınıflandırmak için pencerelenmiş HFD kullanılmıştır (Heydt ve ark., 1999). Heydt ve ark. (1999) tarafından gerilim yükselmesi, çökmesi ve

kesintiler genliklerine ve sürelerine göre kayan pencereli HFD' yle sınıflandırılmışlardır. Fourier gösterimi, işaretteki spektrum bileşenlerini göstermekte ve bu bileşenlerin zaman bilgisini içermemektedir. FD çeşitli yöntemlerle birlikte günümüzdeki spektral çözümlemenin temelini oluşturmaktadır. Bu dönüşüm, özellikleri zamanla değişmeyen durağan işaretlerin çözümlemelerinde oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. Ancak durağan olmayan işaretlerin çözümlemelerinde FD yetersiz kalmaktadır.

Doğadaki birçok işaretin kaynağında değişkenlik olduğundan; bu tür işaretlerin çözümlemesini bölgesel olarak yapabilecek FD' ndeki ilk değişiklik 1946 yılında Dennis GABOR tarafından "kısa zaman Fourier dönüşümü" (KZFD) ortaya atılarak yapıldı. Bu yöntem ile aynı pencere kullanılarak işaretin tamamı çözümlenmeye kalkışıldığında tüm sıklıklar için sabit çözünürlük değeri vermesi bir sorundur. KZFD' de seçilen pencerenin genişliği zaman sıklık çözünürlüğünü etkilemektedir. Kullanılan pencere fonksiyonunun sabit genişlikte olması, işaretin hızlı değişen yüksek sıklıklı bileşenlerinin zaman bölgesinde tam olarak değerlendirilememesine neden olur (Lin ve ark., 2008; Moravej ve ark., 2009). Yine birçok uygulamada parçalı geometri zamanla değişen işaretlerin çözümlemesinde kullanılmış ve diğer yöntemlere göre başarımları verilmiştir. Gerilim çökmesi, gerilim yükselmesi, anlık kesinti, salımlı geçici olay ve harmonik bozucudan oluşan güç kalitesi bozucuları parça tabanlı yöntem kullanılarak görsel olarak ayırt edilmiştir. Ancak bu yöntemle bozucuların başlangıç ve bitiş yerleri görsel olarak kestirilebilmektedir ve parçalar sıklık bilgisi içermediğinden bozucunun sıklık bilgisi elde edilememektedir (Huang ve Hsieh, 2001). Yine Chirp-Z dönüşüm yöntemi de AFD (Ayrık Fourier Dönüşümü) gibi yeterli zaman bilgisi sağlamazken, DD (Dalgacık Dönüşümü) uygun zaman sıklık çözünürlüğü sağlamaktadır (Heydt ve ark., 1999; Aiello ve ark., 2005). S dönüşümünün karmaşık bir hesaplamasının olması ve Gauss pencere parametresine gereksinim duyması (Nguyen ve Liao, 2009), parça tabanlı yöntemin ve Hilbert dönüşümünün yüksek sınıflandırma doğruluğuna sahip olmaması (Huang ve Hsieh, 2001; Moravej ve ark., 2009) geleneksel yöntemlerde görülen eksikliklerdir.

Söz edilen sorunların üstesinden gelebilmek için DD yeni bir teknik olarak karşımıza çıkmaktadır. DD, hem sıklık hem de zaman bilgisini aynı anda vermektedir. FD' nde kullanılan pencerenin boyutu aynı kalırken DD' de yüksek sıklıkta dar pencereler kullanılırken alçak sıklıkta geniş pencereler kullanılmaktadır. Dalgacık güç



sisteminde durağan olmayan harmonik bozucuların çözümlemesi için ilk olarak Riberio (1994) tarafından önerilmiştir. Bu yöntemin hem zaman hem de sıklık düzlemindeki çözümlemelerin gerçekleştirebildiğinin etkisi görüldüğü için güç kalitesi bozucularının yerini bulmada ve belirlemede kullanılmıştır (Santosa ve ark., 1996).

Meyer, Daubechies, Symlet, Coiflet güç sistemleri çözümlemelerinde sıkça kullanılan dalgacık türlerindedir. Başlangıç ve sonu sıfır olan salınımlı birer fonksiyon olmaları, kullanılan dalgacık tiplerinin önemli özelliğidir. Ancak uygun dalgacık fonksiyonunun seçimi önemli bir konudur. Bu da sınıflandırmanın başarımını etkilemektedir. Uygun olmayan dalgacık seçimi yeniden yapılandırılan işarete bozulmalara neden olmaktadır. Dalgacık düzleminde uygun dalgacık tipinin seçimi en küçük tanımlama uzunluğu olarak adlandırılan yöntemle belirlenmektedir. En küçük tanımlama uzunluğu dalgacık katsayılarının sayısı ve yeniden yapılandırılan işarettaki hata arasında uzlaşmayı sağlamaktadır. Yöntem bir tane uygun dalgacık tipinin seçimine ve işaretin dalgacık katsayılarının en uygun seviyesinin seçimine izin vermektedir (Hamid ve Kawasaki, 2002). Daubechies-4 dalgacık tipi güç kalitesi bozucularının sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılan dalgacık tipidir (Gauda 1999; Borrás ve ark. 2001; Gaing 2004). Bir çalışmada dalgacık fonksiyonlarından ortogonal özellik gösteren Daubechies, Haar, Symlets ve Coiflets dalgacıkları kullanılarak sınıflandırıcıya verildiğinde başarım olarak çok fazla fark gözlemlenmediğinden hesaplama zamanının az olması açısından Daubechies 4 dalgacık fonksiyonu kullanılmıştır (He ve Starzyk, 2006). Daubechies-4 dalgacık tipinin oluşan bozucuların türüne yakın bir karakteristik sergilemesi, bu dalgacık tipinin güç kalitesi bozucu türlerinin sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılmasının nedenidir (Uyar, 2008).

Önerilen yeni işaret işleme yöntemleriyle akıllı sistemlerin birlikte kullanıldığı izleme sistemlerine 2000'li yılların başından itibaren gereksinim duyulmuştur. Böylece bir işaret işleme yöntemiyle farklı türden işaret işlenir ve akıllı sistemlerin genelleme yeteneğiyle işaretlerin sınıfına karar verilir. Güç kalitesi uygulamalarında, çıkarılan özellik eğitim aşamasında ağa verilir ve ağ bilmediği veri geldiğinde kendini yeni duruma göre düzenler.

Güç kalitesi bozucularının sınıflandırılması için en çok kullanılan yapay us araçları uzman sistemler, bulanık mantık, yapay sinir ağları, genetik algoritmalarıdır (He ve Starzyk, 2006). Son yıllarda olasılıksal sinir ağları ve destek vektör makineleri daha

etkili yeni öğrenme makineleri olarak karşımıza çıkmaktadır (Moravej ve ark., 2009). Kural tabanlı uzman sistemler ve bulanık mantık GKB (Güç Kalitesi Bozucu) işaretlerinin sınıflandırılmasında karar verme aşamasında kullanılan yöntemler arasındadır (Liao ve Lee, 2004; Andami ve Jalilian, 2003).

Bu tez çalışmasında özellik çıkarım aşamasında DD' den elde edilen detay katsayılarının enerji dağılım özellikleri çıkarılarak özellik vektörü oluşturulmuş ve sınıflandırıcı olarak kullanılan DVM' ye (Destek Vektör Makinesi) giriş olarak verilmiştir. Kullanılan bu yöntemle GKB işaretlerinin doğru sınıflandırma başarımları yüzdesi DVM tabanlı basit bir bozucu sınıflandırıcı ile artırılabilir. Önerilen bu yöntemin üstünlükleri şu şekilde sıralanabilir:

- Yüksek doğrulukta sınıflandırma başarımının elde edilmesi
- Dalgacık tabanlı çıkarılan yeni özelliklerin işaretin özelliğini kaybetmeksizin elde edilebilmesi (Daubechies, 1992; Heydt ve Galli, 1997)
- DVM' nin olasılıksal sinir ağları ve ileri beslemeli sinir ağları gibi diğer sınıflandırıcılarla karşılaştırıldığında güçlü bir sınıflandırıcı olarak karşımıza çıkması (Cerqueira ve ark., 2008; Moravej ve ark., 2009)
- Gürültülü durumlarda (pratik uygulamalarda) yüksek ve güçlü sınıflandırma sağlanması
- Oluşturulan verilerin matematiksel eşitliklerden yararlanılarak elde edilmiş olması, sınav ve eğitim aşamasında işaretlerin geniş bir alanda değiştirilebilmesini ve denetimini sağlamasıdır.

Geliştirilen eğitim yöntemleri ve yeni ağ topolojileriyle yapay sinir ağları güç sistem uygulamalarında FD' nün yetersizliğini göstermiştir. Bir çalışmada güç sistemlerinde sıkça görülen gerilim çökmesi, gerilim yükselmesi, gerilim kesintisi, harmonik bozucu, geçici olay ve kırışmadan oluşan güç kalitesi bozucularının bilinen özellikleri Fourier ve DD' lerinden yararlanılarak elde edilmiştir. Bu bozucuları içeren işaretlerin özellik vektörü temel bileşen, düşük harmonik bozucu (lower harmonic distortion), toplam harmonik bozucu, dalgacık katsayılarının enerjisi ve dalgacık katsayılarının enerji değişiminden yararlanılarak çıkarılmış ve Gauss çekirdek fonksiyonu ile eğitilen destek vektör makinesi kullanılarak sınıflandırma yapılmıştır (Zang ve Yu, 2008; Zang ve Zhao, 2009; Yu ve Wang, 2009). Bir başka çalışmada gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, gerilim kesintisi, harmonikler, kırışma, salınımlı

geçici olay, darbeleri geçici olay ve sıklık sapmasından oluşan güç kalitesi bozucularının sınıflandırılmasında özellik vektörü için temel bileşen, faz açısı kayması, toplam harmonik bozucu, alçak sıklık harmonik bozucu oranı ve dalgacık katsayılarının enerjisi kullanılmış ve sınıflandırıcı olarak destek vektör makinesi kullanılmıştır. Gauss radyal tabanlı çekirdek fonksiyonu kullanıldığında sınıflandırıcıda diğer çekirdek fonksiyonlarına göre oldukça iyi sonuçlar alınmıştır (Chuling ve ark., 2009). Diğer bir çalışmada gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, harmonikler, kırpışma ve geçici olaydan oluşan güç kalitesi bozucularının Daubechies-4 dalgacık fonksiyonu kullanılarak, bir dönem alınan pencere boyutuyla karakteristik vektörleri çıkarılmış ve destek vektör makinesine giriş olarak verilerek sınıflandırma yapılmıştır (Gao ve Wu, 2006). Yine gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, harmonikler, kesinti, harmonikli yükselme ve harmonikli çökmeyi sınıflandırmak için dalgacık katsayılarının enerjisi çıkarılarak enerji tabanlı öğrenme algoritması olan kendinden yapılandırılmalı öğrenen dizi (Self Organizing Learning ARray-SOLAR) sınıflandırma aşamasında kullanılmıştır. Gaouda ve ark. (1999), gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, harmonikler, harmonikli yükselme ve harmonikli çökmenin yerinin belirlenmesinde DD'nü kullanmışlar ve dalgacık katsayılarının enerjisinin standart sapma değerini hesaplayarak sınıflandırma işlemini yapmışlardır.

Bir başka çalışmada gerilim çökmesi, kesinti, gerilim yükselmesi, harmonik, çentik, salınımlı geçici olay ve ani geçici olaydan oluşan güç kalitesi bozucularının özellik vektörü ilişkili dalgacık Shannon enerji dağılımı kullanılarak çıkarılmış ve en küçük kareler destek vektör makineleri kullanılarak sınıflandırma yapılmıştır (Zhang ve Li, 2009). Yine gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, harmonikler ve kesintinin özellik vektörü DD yapılarak elde edilmiş ve bozucu sayısı kadar destek vektör makinesi sınıflandırıcı olarak kullanılmıştır. Her bir destek vektör makinesine giriş olarak saf sinüs ve ayrıştırılmak istenen bozucu verilmiştir (Lin ve ark., 2008). Hu ve ark., (2005) gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, gerilim kesintisi, harmonikler, kırpışma, salınımlı geçici olay, darbeleri geçici olay ve çentikten oluşan güç kalitesi bozucularını ayırt etmek için FD ve DD' nü birlikte kullanarak bulanık destek vektör makinesini kullanmışlardır. Diğer bir çalışmada temel bileşen, faz açısı kayması, toplam harmonik bozunum, dalgacık katsayılarının enerjisi ve etkin değer değişimlerinin salınım sayısı özellik vektörünün oluşturulmasında kullanılmış ve bulanık destek vektör makinesine giriş olarak verilmiştir. Garcia ve ark. (2007), gerilim çökmesi, gerilim yükselmesi, geçici

olay, kırpışma ve harmoniklerden oluşan güç kalitesi bozucuları bozunuma uğramış dalgacık katsayılarının enerjileri, bozunuma uğramış dalgacık katsayılarının enerjileri saf sinüsün dalgacık katsayılarının enerjilerinden çıkarılarak elde edilen enerji katsayıları ve bozunuma uğramış işaretin etkin değerinin en büyük değeri ve bozunuma uğramış işaretin etkin değerinin en küçük değeri saf sinüsün etkin değerinin ortalamasından çıkarılarak elde edilen üç özellik destek vektör makinesine verilerek sınıflandırma yapmışlardır.

Yine gerilim çökmesi, gerilim yükselmesi, geçici olay, kırpışma ve harmoniklerden oluşan güç kalitesi bozucuları, dalgacık katsayılarının enerji katsayıları ve bozunuma uğramış işaretin etkin değeri destek vektör makinesine giriş olarak verilerek sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir (Vega ve ark., 2009). Tong ve ark., (2006) gerilim çökmesi, gerilim yükselmesi, kesinti, geçici olay, çentik, darbeli geçici olay, harmonik ve kırpışmadan oluşan güç kalitesi bozucularını dalgacık paket dönüşümüyle enerji özelliklerini çıkartarak oluşturulan altı adet destek vektör makinesine vererek sınıflandırma yapmışlardır. Bir diğerinde gerilim çökmesi, gerilim yükselmesi, gerilim kesintisi, çentik ve harmoniklerden oluşan güç kalitesi bozucularının ayırt edilmesinde özellik vektörü olarak S dönüşümü kullanılmış ve yine sınıflandırıcı olarak destek vektör makinesi kullanılmıştır (Shangwei ve Yaming, 2008). Güç kalitesi bozucuları bozunuma uğramış dalgacık katsayılarının enerjileri ve saf sinüs işaretinin dalgacık katsayılarının arasındaki oran özellik vektörü olarak ele alınmış ve destek vektör makineleri sınıflandırıcı olarak kullanılmıştır (Lazzaretti ve ark., 2009).

Gerilim çökmesi, gerilim yükselmesi, harmonikler, geçici olay ve kırpışmadan oluşan güç kalitesi bozucularının başlangıç ve bitiş yeri DD kullanılarak elde edilmiş ve uzay vektörü yöntemiyle her bir bozucuya ait özellik çıkarılmış ve bu vektör her bir bozucuda farklı duruş ve bükülme çizdiğinden sınıflandırıcıya verilmiştir. Sınıflandırıcı olarak radyal tabanlı fonksiyon ağları (RBF) ve destek vektör makineleri kullanılmış ve destek vektör makinelerinin daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir (Janik ve ark., 2005).

Bir çalışmada zaman-sıklık belirsizlik uzayı kavramı ile Fisher'in ayrışım oranı çekirdeğinin bir değiştirilmiş durumu birleştirilerek özellik çıkarımında kullanılmıştır. Sınıflandırma işlemi ise bir ileri beslemeli yapay sinir ağı yardımıyla yapılmıştır. Önerilen yapı ile harmoniklerin, hızlı sığaç anahtarlamalarından oluşan geçici olayları, yavaş sığaç anahtarlamalarından oluşan geçici olayları, ani gerilim çökmeleri, kademeli

gerilim çökmeleri ve gerilim yükselmelerinin algılanıp sınıflandırılabilirdiği yapılan benzetim çalışmaları ile gösterilmiştir (Wang ve ark., 2001). Gnacinski ve ark. (2008) öncelikle bir güç sistemindeki bozucuların her zaman kullanılan standartlara uygun olması durumunda bunun zararlı etkilerinden uzak olamayacağımızı açıklamışlardır. Öyle ki bir gemi güç sisteminde aynı anda standartları geçmeyen oranda birden fazla güç kalitesizliğinin oluşması durumunda, bunun yine de indüksiyon motorlarının sargılarında aşırı ısınmaya neden olarak motora zarar verdiği deneysel çalışmalarla gösterilmiştir. Bu yüzden gemi güç sistemindeki güç kalitesizliğinin derecesini belirlemede kullanılmak üzere motor sargı sıcaklığına dayalı yeni bir kavram geliştirilmiştir. Bu yöntem güç kalitesi sıcaklık katsayısı olarak adlandırılmıştır. Yang ve Qu (2008), “parça çözümlenmesi” yöntemiyle güç kalitesizliklerinin sınıflandırılması amacıyla yeni bir yöntem sunmuşlardır. Bu amaçla öncelikle verinin genel ve yerel parça bileşenleri bulunmaktadır. Daha sonra 3 fazın genel parça bileşenlerinin değişimlerine bakılarak bozucunun simetrikliği ya da asimetrikliği belirlenmektedir. Son adımda ise bu veriler simetrik veya asimetrik olmasına göre ayrı ayrı bir hızlı kümeleme algoritması yardımıyla sınıflandırılmaktadır. Hu ve ark. (2007), güç kalitesi bozucularının DD’ leri ve bir olasılıksal sinir ağı yardımıyla sınıflandırılabilirdiği yeni bir yöntem önermiştir. Dalgacık çözümlenmesi güç kalitesizliklerine özgü özellik vektörlerinin hesaplanmasında kullanılırken olasılıksal sinir ağı girişine verilen bu özellik vektörleri yardımıyla sınıflandırma yapmaktadır. Bu çalışmada DD’ nün farklı ayrışım seviyelerinin sınıflandırma doğruluğuna etkisi incelenmiş ve 8 ila 10 seviyesindeki ayrıştırmanın en uygun seviyeler olduğu sonucuna varılmıştır. Yine yapılan çalışmalarda kullanılan dalgacık ailesinin sonuca kayda değer bir etkide bulunmadığı sonucuna varılmıştır. Kezunovik (2000), güç kalitesizliklerinin tespiti, sınıflandırılması ve karakterinin çıkarılması amacıyla bir yapı önerilmiştir. Bu yapıda öncelikle gerilim verilerinden HFD ve DD’ leri kullanılarak özellik vektörleri çıkarılmakta ve daha sonra bu özellik vektörleri bir bulanık uzman sisteminde kullanılarak güç kalitesizliklerinin tespiti ve sınıflandırılması yapılmaktadır. Yine bu çalışmada Fourier ve dalgacık dönüşümleri yardımıyla güç kalitesizliğin karakterini ortaya koyan parametrelerin bulunması da anlatılmıştır. Uyar ve ark. (2009)’ nin yaptığı çalışmada ise özellik vektörü çıkarımı için S-dönüşümünden yararlanılmış ve bu veriler bir yapay sinir ağına verilerek güç kalitesizliklerinin sınıflandırılması yapılmıştır. Lixia ve ark. (2010) ise yine S-dönüşümü ve AFD kullanılarak güç kalitesizliği içeren

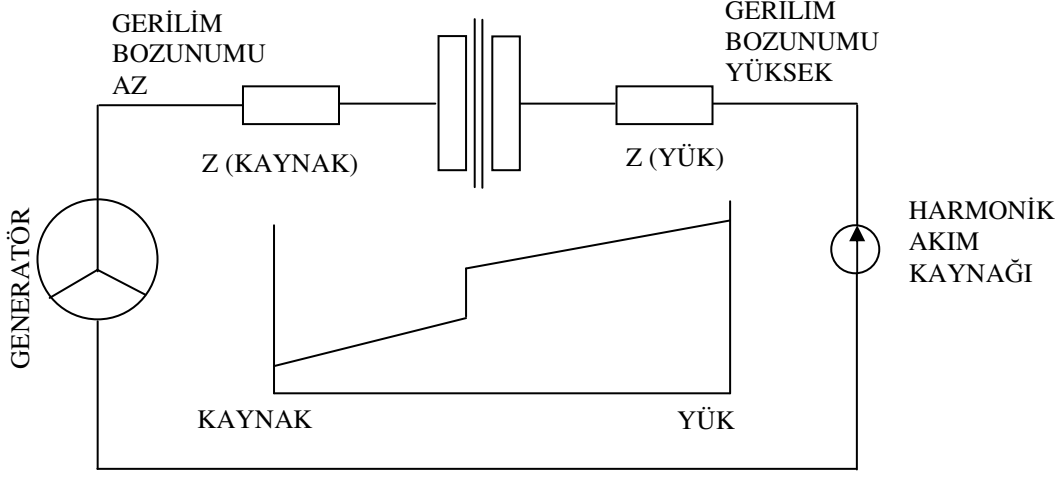
verilerden özellik vektörlerini elde etmişler ve bu veriler bir sinir ağına verilerek sınıflandırma yapılmıştır. Bir diğer çalışmada öncelikle verilere çoklu çözünürlük çözümlemesi uygulanmış ve DD ile özellik vektörü çıkarımına gidilmiştir. Bu özellik vektörleri bir yapay sinir ağına verilerek güç kalitesizliğinin sınıflandırılması yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilen sınıflandırıcı ile 12 çeşit güç kalitesizliği arasındaki ayırım ortaya konulmuştur (Talaat ve Ilic, 2008). Uyar ve ark. (2008) ise güç kalitesizlikleri için yeni bir özellik çıkarım yöntemi sunmuştur. Bu özellik çıkarım yönteminde verilere ADD (Ayrık Dalgacık Dönüşümü) ve çoklu çözünürlük çözümlemesi uygulanarak elde edilen vektörler bir dalgacık-entropi yöntemine tabi tutulmuşlardır. Böylece istenilen özellik vektörleri elde edilmiştir. Ortaya konulan yöntem ile hem özellik vektörünün boyutu azaltılmış hem de sınıflandırıcı olarak kullanılacak bir yapay sinir ağının sınıflandırma doğruluğunun arttırılabileceği gösterilmiştir.

## **2.2. Güç Kalitesi Sorunlarının Kaynakları**

Hassas yükleri etkileyen bozucu etkilerin birçok nedeni olabilir. Bunlar fırtına veya yıldırım gibi atmosferik etkiler olabileceği gibi küçük kesitli nötr iletkenler, hatalı topraklamalar, gevşek bağlantılar ve hasarlı iletkenler gibi şebeke bağlanma işlemleri veya elektrik kesintilerinden kaynaklanabilir. Bunların yanı sıra, yüklerin anahtarlanması veya aygıtların olağan çalışması sırasında tüketicilerin kendileri de neden olabilmektedir (Uyar, 2008; Kocatepe ve ark., 2005).

Harmonik bozunumu olmayan saf sinüs dalga şekli pratikte yoktur. Gerilim dalga şeklindeki bozunum az da olsa üretim noktasında bile vardır. (Generatör stator yarıklarının etrafındaki bobinlerin ayrık uzaysal dağılımından ve manyetik alandaki bozunumdan dolayı). Üretim noktasındaki bozunum çok küçüktür, %1'den daha azdır. Harmonik akımlar yükler tarafından üretilmektedir. Harmonik akımları kaynağa doğru taşındığı için akımdaki bozunum gerilimde de bozunuma neden olur. Şekil 2.1.'de görülen eğimli grafikte akım bozunumunun neden olduğu gerilim bozunumunun kaynaktan yüke nasıl değiştiği görülmektedir. Ancak gerilimdeki bozunuma her zaman yük akımı neden olmaz. UPS ' ler (Uninterruptable Power Supply, Kesintisiz Güç Kaynağı) gibi aygıtlarda aygıtın kendi işleyiş doğasından dolayı gerilim bozunumu vardır. Akım bozunumlarının çoğu yükler tarafından oluşur. Yükler doğrusal olsa bile eğer kaynak doğrusal olmayan bir kaynak ise doğrusal olmayan akım üretilir. Ortak güç

hattını kullanan kullanıcılardan birisi harmonikli akım ürettiğinde bu durum diğer kullanıcıları da etkileyecektir (Sankaran, 2002).



**Şekil 2.1.** Akım bozunumunun neden olduğu gerilim bozunumu (Sankaran, 2002)

Yapılan bir araştırmada ise yer altı sistemlerinde ve yer altı şebekelerinde bozucu etkilerin oluşum yüzdesinin havai hat sistemine göre önemli ölçüde az olduğu gözlemlenmiştir. Bu araştırma, enerji dağıtım sistemi tipinin bozucu etkilerin üzerinde önemli rol oynadığını göstermektedir (Kocatepe ve ark., 2005).

Elektrik enerji kalitesizliğinin yol açtığı sorunlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır (Kocatepe ve ark., 2005):

- *Gerilim düşmesi*
  - ✓ Lambaların sönmesine
  - ✓ Denetim sistemlerinin hatalı çalışmasına
  - ✓ Motor hızının değişmesine veya durmasına
  - ✓ Kontaktörlerin kontaklarının açılmasına
  - ✓ Bilgisayar sistemlerinde arızalara
- *Gerilim yükselmesi*
  - ✓ Denetim elemanlarını ve motor sürücülerini olumsuz yönde etkiler.
  - ✓ Ayarlanabilir hız sürücülerini koruma elemanlarından dolayı durdurabilir.
  - ✓ Bilgisayar donanımının ve akkor flamanlı lambaların ömrünü azaltır.
- *Kırpışma*
  - ✓ Motor sürücülerini ve denetim elemanlarını olumsuz yönde etkiler.

- *Gerilim Dalgalanması*
  - ✓ Gerilim dalgalanması için varsayılan değer  $\mp \%10$ dur. Bu değer çoğu aygıtın tolerans sınırları içindedir.
- *Dengesizlik*
  - ✓ Artan dengesiz akımlardan dolayı makinelerde ısı artışı oluşturur. Motor ve generatörler dengesizliklere karşı korunmalıdır.
- *Harmonikler*
  - ✓ Generatör ve şebeke dalga şeklinin bozulmasına
  - ✓ Ek kayıpların oluşmasına
  - ✓ Üretim, iletim ve dağıtımda verimin düşmesine
  - ✓ Gerilim düşümünün artmasına
  - ✓ Temel sıklık için tasarlanmış kompanzasyon tesislerindeki sığaçların harmonik sıklığında düşük kapasitif reaktans göstermeleri nedeniyle aşırı yüklenmesine ve yalıtımın zorlanması nedeniyle hasar görmelerine
  - ✓ Koruma sistemlerinin hatalı çalışmasına
  - ✓ UPS'lerin veriminin düşmesine
  - ✓ Aydınlatma elemanlarında ve monitörlerde görüntü titremesi oluşturmasına
  - ✓ Endüksiyon tipi sayaçların yanlış ölçüm yapmasına
  - ✓ Yalıtım malzemesinin zorlanması ve delinmesine
  - ✓ Temel sıklıkta rezonans olayı olmadığı durumda harmonik sıklıklarında şebekede rezonans olayları oluşması ve aşırı gerilim veya akımların oluşmasına
  - ✓ Elektrikli aygıtların ömrünün kılmasına
  - ✓ Sesli ve görüntülü iletişim araçlarının parazitli ve olağan dışı çalışmasına
  - ✓ Mikroişlemcilerin hatalı çalışmasına
  - ✓ Harmoniklerden kaynaklanan gürültü nedeniyle denetim sistemlerinin hatalı işletimine
  - ✓ Başta motor olmak üzere diğer aygıtlarda ek gürültülere neden olur.



### 2.3. Güç Kalitesi Sorunlarının Özellikleri

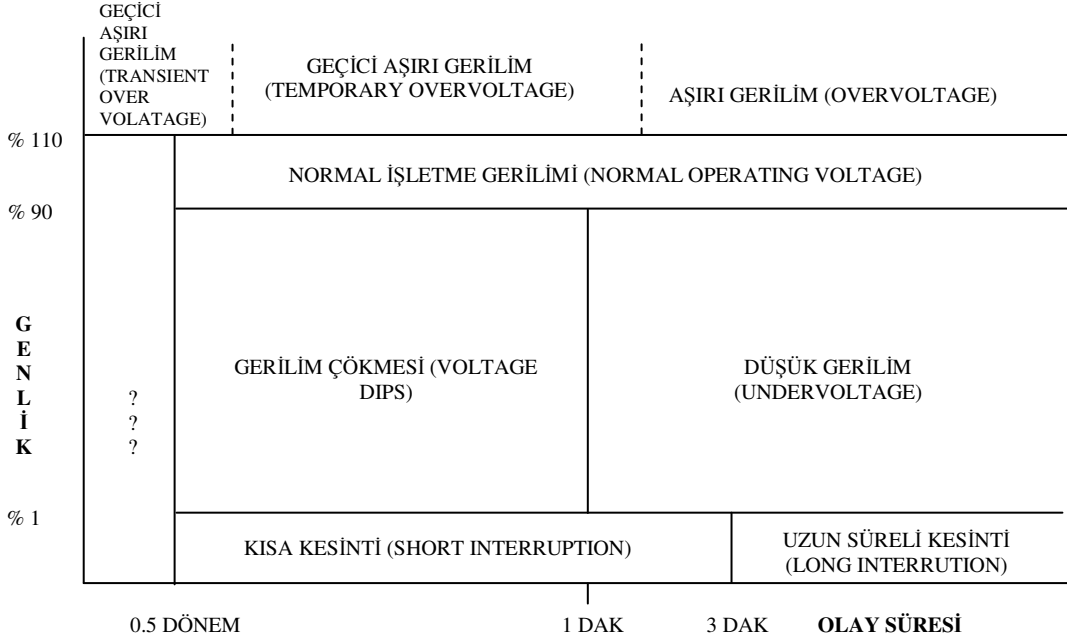
Güç kalitesini düzeltmek için gerekli önlemleri almadan önce, bu tür bozucuların kaynakları ve nedenleri bilinmelidir. Bozucuların kaynağının bulunması ve bozucuların etkilerinin belirlenmesi, bozucuların doğru sınıflandırılmasına bağlıdır. Böylece belirlenen bozunmaya ait önlemler alınabilir. Bozucu belirlendikten sonra standartlarda belirtilen değerlere göre bozucunun karşılaştırılması gerekmektedir. Standartlarda belirtilen bozunum değerleri aşıldığı zaman çözüm önerileri ortaya konulmalıdır.

IEEE, IEC, ANSI (American National Standards Institute, Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü), CBEMA (Computer and Business Equipment Manufacturer Association, Bilgisayar ve İş Teçhizat Yapımcı Kurumu), EPRI (Electric Power Research Institute, Elektrik Güç Araştırma Enstitüsü) güç kalitesi sorunlarını tanımlayan farklı standartlar oluşturmuşlardır. Bu standartlar, güç katsayısı seviyesinin belirlenmesini, gerilimlerin dengeli olmasını, gerilimdeki kırpışmanın belirli bir seviyenin altında olmasını, sistemdeki harmonik bileşenlerin sınırlandırılmasını, gerilim ve sıklıktaki değişimlerin belirli bir aralıkta kalmasını amaçlamaktadırlar.

Literatürde yapılan çalışmalarda genellikle IEEE veya IEC standartları kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında IEEE standartları referans olarak alınmıştır. Çizelge 2.1.'de şebeke sıklığında oluşan bozucuların IEEE tanımlamaları, Çizelge 2.2.'de şebeke sıklığında oluşan bozucuların IEC tanımlamaları verilmektedir.

**Çizelge 2.1.** Gerilim büyüklüğü olayları (IEEE Tanımlamaları) (Sanino, 2005)

G E N L İ K	Ç E N T İ K ( N O T C H	GERİLİM YÜKSELMESİ (SWELL)		AŞIRI GERİLİM (OVERVOLTAGE)
		NORMAL İŞLETME GERİLİMİ (NORMAL OPERATING VOLTAGE)		
%	110	GERİLİM ÇÖKMESİ (VOLTAGE SAG)		DÜŞÜK GERİLİM (UNDER VOLTAGE)
		ANLIK (MOMENTARY)	GEÇİCİ (TEMPORARY)	UZUN SÜRELİ KESİNTİ (SUSTAINED INTERRUPTION)
		0.5 DÖNEM	3 SN	1 DAK
		OLAY SÜRESİ		

**Çizelge 2.2.** Gerilim büyüklüğü olayları (IEC Tanımlamaları) (Sanino, 2005).**Çizelge 2.3.** IEEE 1159-1995'e göre güç sistemindeki elektromanyetik olayların karakteristikleri ve sınıfları (IEEE Std. 1159, 1995)

Bozucu Türü	Sıklık Spektrumu	Olay Süresi	Gerilimin Genliği
<b>1. Geçici Durum</b>			
1.1. Darbeli			
1.1.1. Nanosaniye	5 ns yükselme	<50 ns	
1.1.2. Mikrosaniye	1 µs yükselme	50 ns – 1 ms	
1.1.3. Milisaniye	0.1 ms yükselme	>1ms	
1.2. Salımlı			
1.2.1. Düşük Sıklık	<5 kHz	0.3-50 ms	0-4 pu
1.2.2. Orta Sıklık	5-500 kHz	20 µs	0-8 pu
1.2.3. Yüksek Sıklık	0.5-5 MHz	5 µs	0-4 pu
<b>2. Kısa Süreli Değişimler</b>			
2.1. Ani			
2.1.1. Kesinti		0.5-30 dönem	<0.1
2.1.2. Çökme		0.5-30 dönem	0.1-0.9 pu
2.1.3. Yükselme		0.5-30 dönem	1.1-1.8 pu
2.2. Kısa Süreli			
2.2.1. Kesinti		30 dönem-3sn	<0.1
2.2.2. Çökme		30 dönem-3sn	0.1-0.9 pu
2.2.3. Yükselme		30 dönem-3sn	1.1-1.4 pu
2.3. Geçici			
2.3.1. Kesinti		3sn-1dak	<0.1
2.3.2. Çökme		3sn-1dak	0.1-0.9 pu
2.3.3. Yükselme		3sn-1dak	1.1-1.2 pu
<b>3. Uzun Süreli Değişimler</b>			
3.1. Kalıcı Kesinti		>1 dk	0.0 pu
3.2. Düşük Gerilim		>1 dk	0.8-0.9 pu
3.3. Aşırı Gerilim		>1 dk	1.1-1.2 pu
<b>4. Gerilim Dengesizliği</b>			
		Sürekli Durum	%0.5-2
<b>5. Dalga Şekli Bozucuları</b>			
5.1. Doğru Akım Bileşeni		Sürekli Durum	%0-0.1
5.2. Harmonikler	0-100 Harmonik	Sürekli Durum	%0-20
5.3. Ara Harmonikler	0-6 kHz	Sürekli Durum	%0-2
5.4. Çentik		Sürekli Durum	
5.5. Gürültü	Geniş Bant	Sürekli Durum	%0-1
<b>6. Gerilim Salımları</b>			
	<25 Hz	Kesintili	%0.1-7
<b>7. Sıklık Değişimleri</b>			
		<10 sn	

Çizelge 2.3.'te IEEE 1159-1995' e göre güç sistemindeki elektromanyetik olayların karakteristikleri ve sınıfları verilmektedir. Farklı sınıflardaki güç kalitesi sorunları için, bozucu süresi, bozucuun genliği ve sıklık spektrumuna ait özellikler bu çizelgede görülmektedir. Gerçek sistemden alınan ölçüm sonuçlarının sınıflandırılması ve bozucunun tanımlanmasında bu sınıflar ve açıklamalar önemlidir.

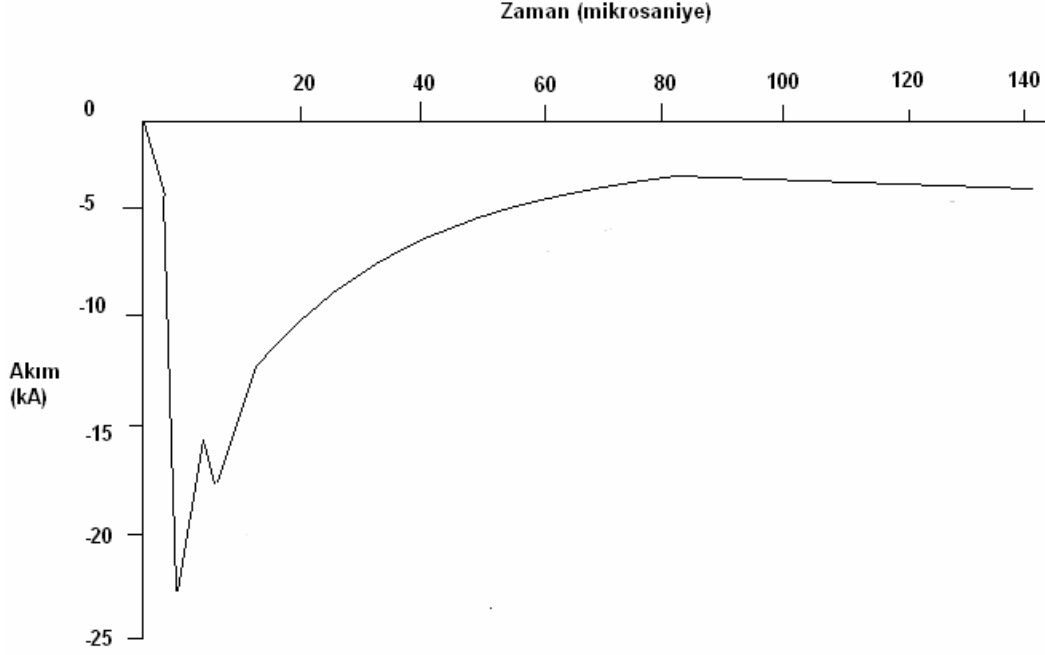
IEEE 1159-1995 standartlarına göre güç kalitesi sorunları; geçici durumlar, kısa süreli gerilim değişimleri, uzun süreli gerilim değişimleri, gerilim dengesizlikleri, dalga şekli bozulmaları, gerilim salınımları ve sıklık değişimleri olmak üzere yedi sınıfa ayrılır.

### **2.3.1. Geçici Olaylar**

Geçici olaylar terimi, kısa süren ve güç sistemlerinin çözümlemelerinde istenmeyen olayları anlatmak için kullanılmaktadır (Atasal, 2000; Pehlivantürk, 2004). Geçici durumları tanımlayan gerilim veya akımdaki ani artış veya azalış durumudur (IEEE Std. 1159, 1995). Gerilim yükselmesi veya gerilim çökmesi bozucularına göre geçici olayların süre bakımından anlık, yarım dalga boyundan daha kısa sürede oluşması bu bozucular arasındaki farkı göstermektedir. Bu kısa süre içerisinde gerilimin genliği 5-10 kat artabilmektedir. Bir başka ifadeyle geçici olaylar bir sistemin bir kalıcı durumundan diğerine geçişi sırasında oluşan değişikliklerdir. Geçici olaylar darbesele geçici olaylar ve salınımlı geçici olaylar olarak iki sınıfa ayrılır (IEEE Std. 1159, 1995).

#### **2.3.1.1. Darbesel Geçici Olaylar**

Darbesele geçici olaylar akım, gerilim veya her iki büyüklükte de sürekli durum şartlarında oluşan pozitif ya da negatif (tek kutuplu) anlık değişimlerdir. Darbesele geçici olaylar yükselme ve azalma zamanlarına göre tanımlanmaktadır.  $1.2 \times 50 \mu s$ , 2000 V ile belirtilen darbesele geçici olaydan söz edildiğinde, 2000 V tepe değerine  $1.2 \mu s$ 'de çıktığı ve tepe değerinin %50 değerine  $50 \mu s$ 'de geldiği anlaşılmaktadır. Darbesele geçici olayların büyük çoğunluğu yıldırım düşmesi gibi atmosferik olaylardan kaynaklanmaktadır. Şekil 2.2.' de yıldırım düşmesi sonucunda oluşan darbesele geçici olay görülmektedir (IEEE Std. 1159, 1995).

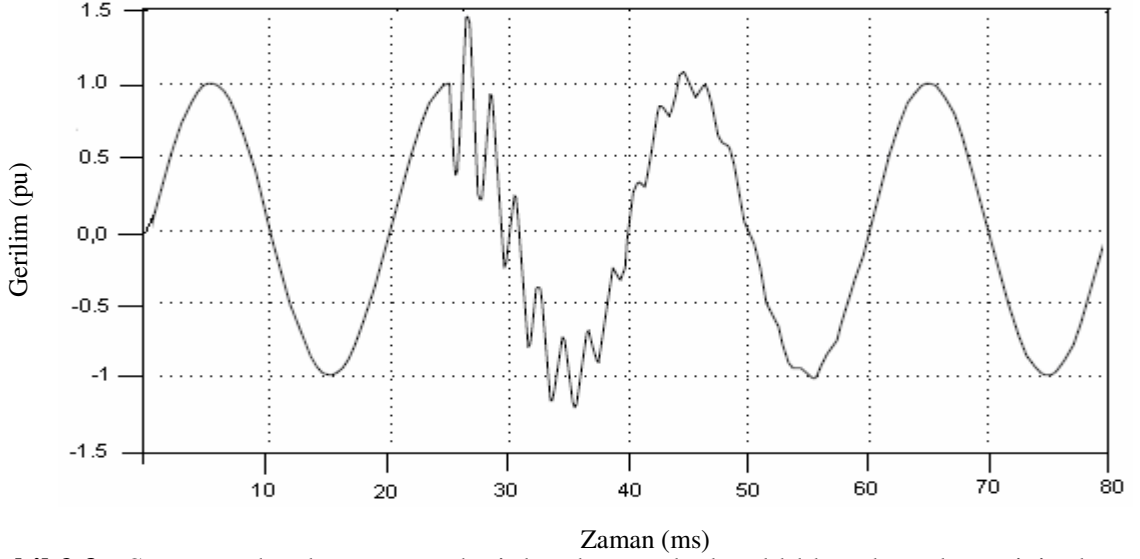


**Şekil 2.2.** Yıldırım düşmesi sonucu oluşan darbesel geçici olay

Bu durumda oluşan gerilim ve akımların sıklığı yüksek olduğu için dalga biçimleri hızlı bir şekilde değişmektedir. Dolayısıyla akım ve gerilimler güç sisteminin farklı bölümlerinden izlendiğinde farklı özellikler gösterebilir. Darbesel geçici olaylar, genellikle güç sistemine girdikleri kaynaktan çok uzak bir mesafeye kadar iletilmezler. Aynı zamanda bu bozucunun neden olduğu gerilim ve akımlar güç sisteminin doğal sıklığından büyük olduklarından salınımsal geçici olaylara da neden olurlar (IEEE Std. 1159-1995).

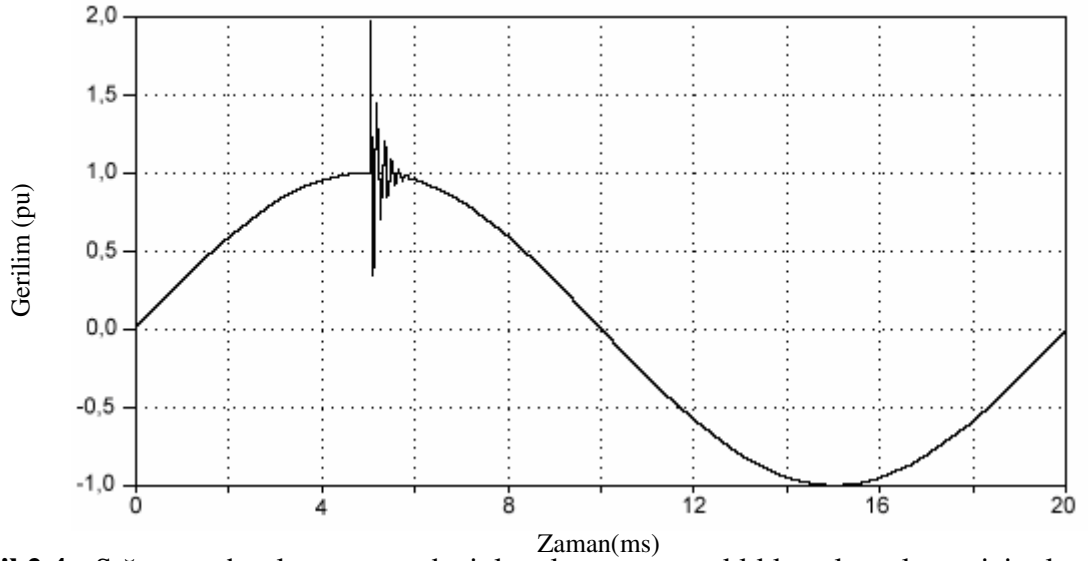
### 2.3.1.2. Salınımlı Geçici Olaylar

Salınımlı geçici olaylar, akım, gerilim veya her ikisinde de sürekli durum koşullarında oluşan ve hem pozitif hem de negatif değerler alan anlık değişimlerdir. Bu geçici durumlar süre, genlik ve sıklık spektrumu değerleriyle tanımlanır. Yüksek sıklıklı, orta sıklıklı ve düşük sıklıklı olmak üzere salınımlı geçici olaylar sıklık bilgisine göre üç sınıfa ayrılmaktadırlar. 5 kHz' den küçük sıklık bileşenine sahip olan ve 0.3-50 ms arasında süren bir geçici durum alçak sıklıklı geçici olay olarak ele alınır. Şekil 2.3.' te temel sıklığı 300-900 Hz arasında olan ve en çok sığaç grubunun enerjilenmesi sırasında oluşan alçak sıklıklı salınımlı geçici duruma örnek gösterilmiştir.



**Şekil 2.3.** Sığaç anahtarlanması nedeniyle oluşan alçak sıklıklı salınımlı geçici olay (IEEE Std. 1159-1995)

Bozucunun süresi  $10 \mu s$  civarında olan ve 5-500 kHz arasında temel sıklık bileşenine sahip geçici olaylar orta sıklıklı geçici olay olarak adlandırılmaktadır. Yaygın olarak sığaç anahtarlanması nedeniyle oluşan orta sıklıklı salınımlı geçici duruma örnek Şekil 2.4.' te verilmektedir.



**Şekil 2.4.** Sığaç anahtarlanması nedeniyle oluşan orta sıklıklı salınımlı geçici olay (Uyar, 2008).

Genellikle yerel sistemlerin darbeli geçici olaylara verdiği yanıtın sonucu olarak görülen ve 500 kHz' den büyük sıklık bileşenine sahip ve  $\mu s$  cinsinden bozucu süresi devam eden geçici olaylar yüksek sıklıklı salınımlı geçici olay olarak adlandırılmaktadır (IEEE Std. 1159-1995).

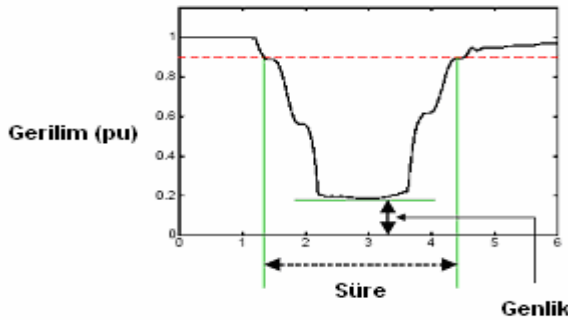
### 2.3.2. Kısa Süreli Gerilim Değişimleri

Ani, geçici ve kısa süreli olmak üzere sürelerine göre bu sınıfa giren bozucular üç sınıfta incelenmektedir. Bozucu süresi 0.5-30 dönem arasında ise ani bozucu, 3 sn ile 1 dakika arasında sürüyorsa geçici bozucu, 30 dönemle 3 sn arasında sürüyorsa kısa süreli bozucu olarak ele alınırlar. Yüksek değerde yol alma akımı çeken büyük yüklerin devreye girmesinden kısa süreli gerilim değişimleri oluşabileceği gibi güç iletkenlerinde oluşan bağlantı kopuklukları gibi güç sistemindeki hatalardan da oluşabilmektedir. Hatanın yerine ve sistem koşullarına bağlı olarak hata gerilim yükselmesine, gerilim çökmesine veya gerilimin tamamen kesilmesine neden olabilir (IEEE Std. 1159-1995).

#### 2.3.2.1. Gerilim Çökmesi

En çok görülen temel güç sıklığındaki bozuculardan birisi de gerilim çökmesidir. Gerilim çökmesi, yalnızca iki parametre ile tanımlanmaktadır: genlik ve süre (Andersson ve Nilsson, 2002).

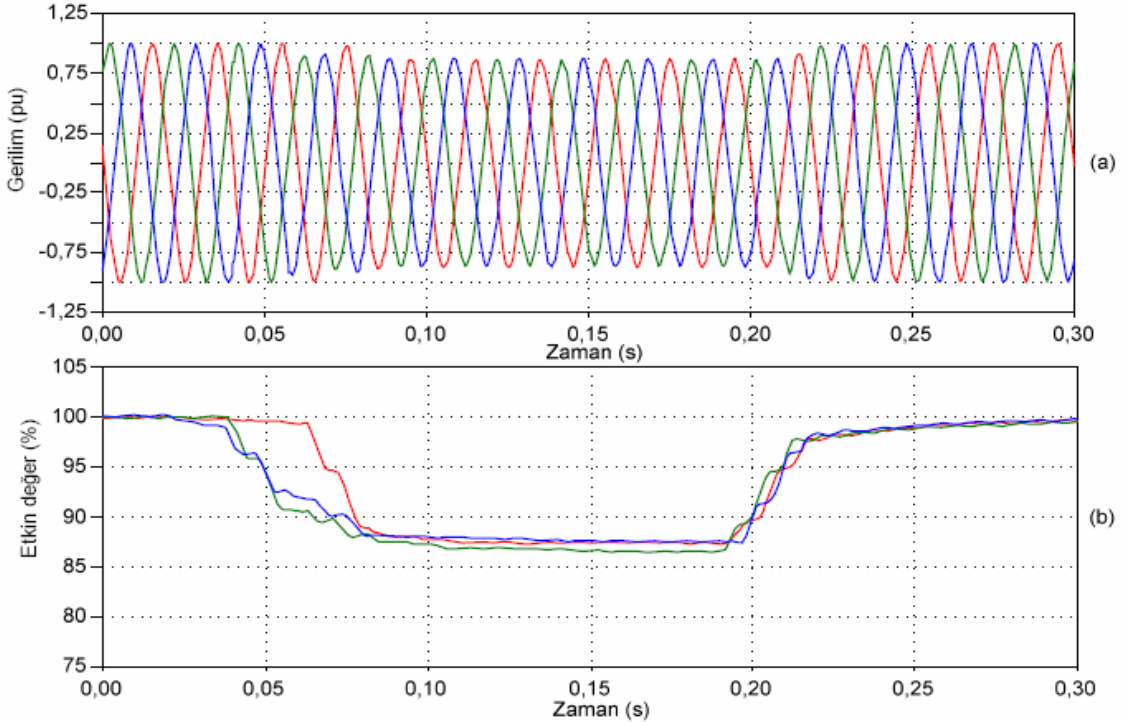
Gerilimin 0.1 pu ile 0.9 pu değerleri arasındaki azalmayı 0.5 dönemden 1 dakikaya kadar geçen zaman içerisinde göstermesi çökme olarak tanımlanmaktadır (Sankaran, 2002). IEEE 1159-1995 standardında ise gerilim çökmesi ifadesinin yanlış kullanıldığına değinilmektedir. Örneğin, %20 çökmeden söz edilmesi anma geriliminin %20 azaldığı anlamına gelmemekte, anma geriliminin % 20' sine düştüğünü belirtmektedir. Çoğu bozucu çözümlenmelerinde ise gerilim çökmesinin arta kalan gerilimi belirttiğine değinilmektedir. Nasıl belirtilmeyen gerilim fazlar arası gerilim olarak ele alınıyorsa, belirtilmemiş olan çökmede arta kalan gerilim büyüklüğü alınır. Eğer mümkünse, anma, baz veya arta kalan gerilim olduğu belirtilmelidir (IEEE Std. 1159-1995). Şekil 2.5.'de gerilim çökmesi bozucusunun genliği ve süresi gösterilmektedir.



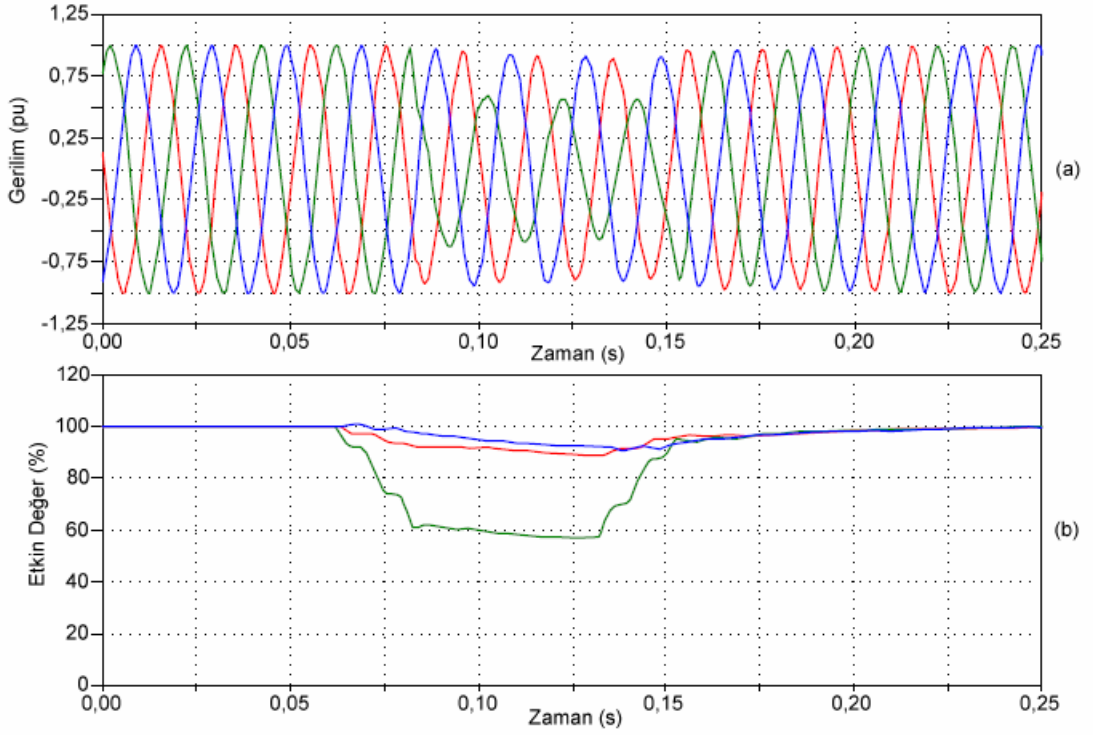
**Şekil 2.5.** Gerilim çökmesinin genliği arta kalan gerilimi göstermektedir (Sanino, 2005)

IEEE 1159-1995' e göre çökme (sag) kısa süreli gerilimdeki azalmadır. Açıkça görüleceği gibi, çökme sözcüğü literatürdeki anlamıyla aynıdır. IEC' de ise çökme 'dip' terimi kullanılarak belirtilmektedir. İki terim de birbirinin yerine kullanılabilir; ancak US güç kalitesi topluluğunda çökme terimi kullanılmaktadır. Önceden, çökmenin süresi açıkça belirtilmemekteydi. Bazı yayınlarda, çökme süresinin 2 ms' den birkaç dakika arasında değiştiği belirtilmektedir. Yarım dönemden daha az süren düşük gerilimler, temel sıklık değerinin etkin değerindeki değişim olarak tanımlanmazlar. Bu tip olaylar geçici olaylar olarak ele alınır (IEC 1000-2-1,1990). 1 dakikadan daha uzun süren değişimler ise uzun süreli değişimler olarak sınıflandırılmaktadır. Bu standartta, çökme üç sınıfta incelenmektedir. Bu sınıflar ani (0.5 ile 30 dönem arası), kısa süreli ( 30 dönem ile 3 saniye arası) ve geçici (3 saniye ile 1 dakika arası) dir (IEEE Std. 1159-1995).

Gerilim çökmeleri genellikle sistemde bir arıza olduğunda, büyük yüklerin (elektrik motoru ya da bir ark fırını olabilir) devreye alındığında veya güçlü motorların yol alması sırasında oluşur (Sankaran, 2002). Şekil 2.6 'de simetrik (üç faz-toprak) ve Şekil 2.7' de simetrik olmayan (tek faz-toprak) arıza sonucu oluşan gerilim çökmesi bozucusu verilmektedir.

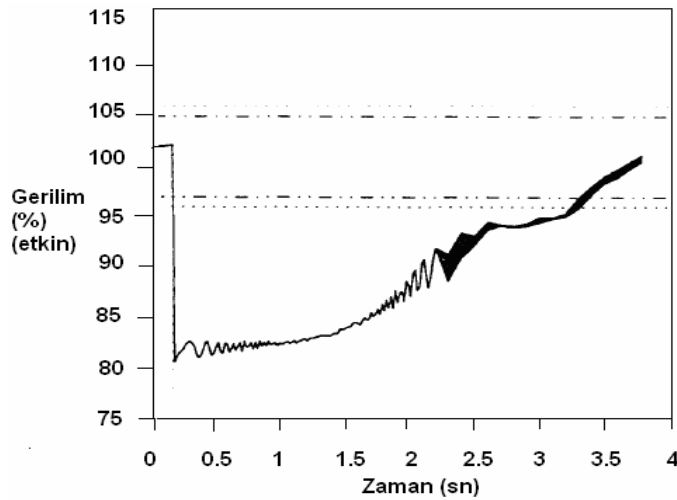


**Şekil 2.6.** Simetrik bir arızanın neden olduğu gerilim çökmesi (Uyar, 2008)  
**a.** Gerilimin dalga şekli    **b.** Gerilimin etkin değeri



**Şekil 2.7.** Simetrik olmayan bir arızanın neden olduğu gerilim çökmesi (Uyar, 2008)  
**a.** Gerilimin dalga şekli **b.** Gerilimin etkin değeri

Asenkron motorlar kalkışları sırasında tam yük akımlarının 6-10 katı arasında akım çekerler. Çekilen bu akım eğer sisteme bağlı olduğu noktadaki olası arıza akımlarına göre yüksekse, ortaya çıkan gerilim çökmesi büyük olabilir. Gerilim hızlı bir şekilde %80'ine kadar düşebilir ve yavaşça eski değerine döner (IEEE Std. 1159- 1995). Yol alan bir asenkron motorun neden olduğu gerilim çökmesi Şekil 2.8.'de verilmiştir.

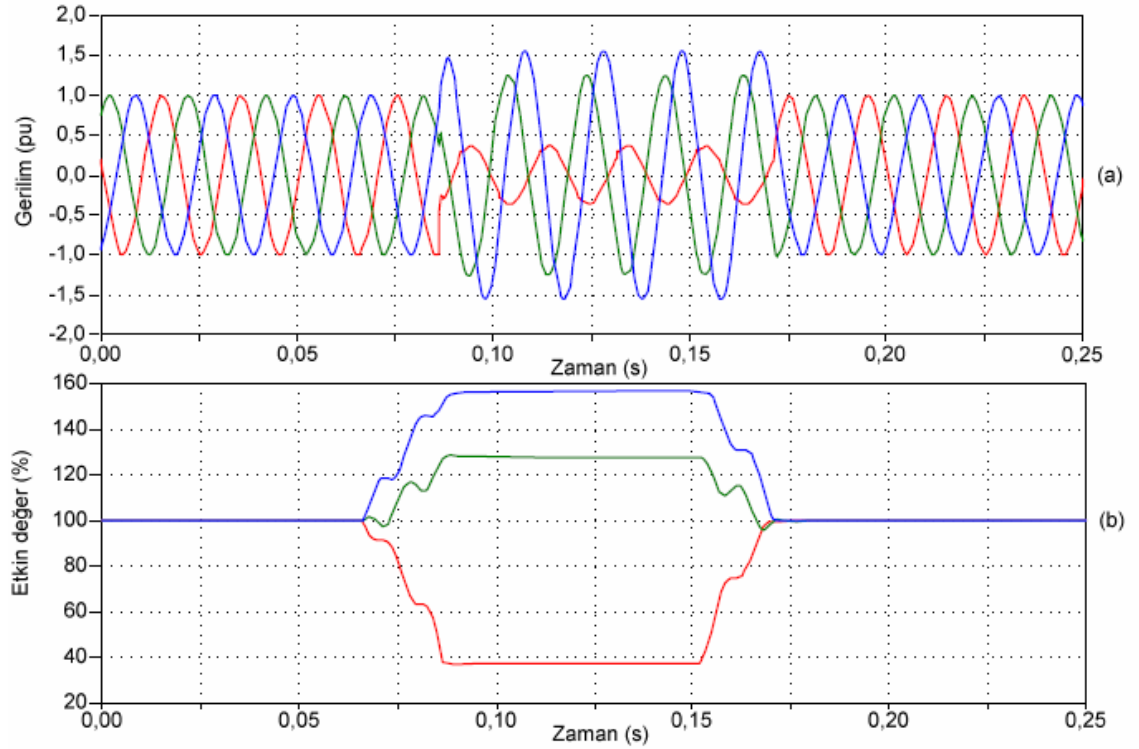


**Şekil 2.8.** Yol alan asenkron motorun neden olduğu gerilim çökmesi (IEEE Std. 1159-1995)



### 2.3.2.2. Gerilim Yükselmesi

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. Gerilim yükselmesi genliği de arta kalan gerilimle tanımlanmaktadır ve daima 1 pu' den büyüktür. Gerilim çökmelerinde olduğu gibi gerilim yükselmeleri de sistemdeki arızalarla ilgilidir. Ancak gerilim yükselmeleri gerilim çökmelerinden çok daha az oluşmaktadır. Gerilim yükselmesi (swell) sistemdeki tek faz toprak arızasından dolayı arızasız fazlarda gerilim yükselmesiyle oluşur (IEEE Std. 1159-1995). Ayrıca büyük bir yükün devreden çıkarılması ya da büyük ölçekte sığaç grubunun devreye girmesi de gerilim yükselmelerine neden olmaktadır. Şekil 2.9' da kısa devre arızası sonucu oluşan ani gerilim yükselmesinin dalga şekli ve gerilimin etkin değeri görülmektedir.



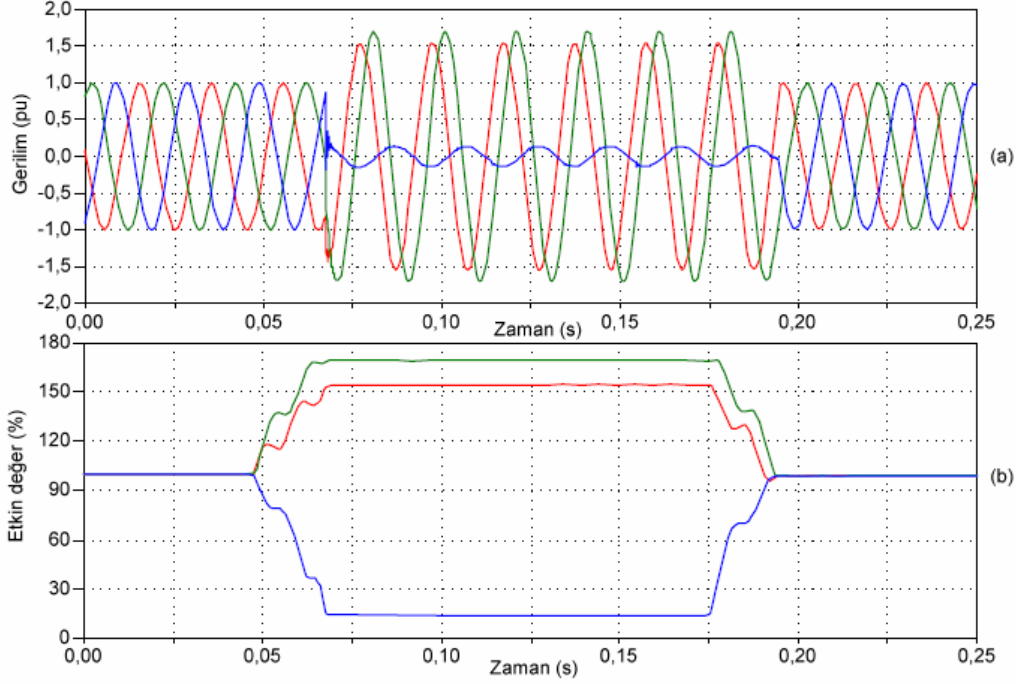
**Şekil 2.9.** Kısa devre arızası sonucu oluşan ani gerilim yükselmesi (Uyar, 2008)  
**a.** Gerilimin dalga şekli    **b.** Gerilimin etkin değeri

Gerilim yükselmeleri, genlikleri ve süreleriyle tanımlanmaktadır. Arıza süresince gerilimin yükselmesi arıza bölgesine, sistemin empedansına ve topraklamaya bağlıdır. Bazı yayınlarda, anlık aşırı gerilim (momentary overvoltage) gerilim yükselmesinin (swell) 'in eş anlamlısı olarak kullanılmaktadır. IEEE Std C62.41-1991'de gerilim yükselmesinin tanımı, bir dönemden fazla birkaç saniyeden daha az

süren olağan toleransların dışındaki güç sıklık gerilimindeki anlık artış olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlama, güç kalitesi topluluğu tarafından tercih edilmemektedir.

### 2.3.2.3. Gerilim Kesintisi

Gerilim kesintisi kaynak geriliminin 1 dakikayı geçmeyen bir süre boyunca 0.1 p.u' in altına düşmesi sonucunda oluşur. Güç sistemi hataları, aygıt hataları ve denetim sisteminin yanlış çalışması sonucu gerilim kesintileri oluşabilir. Kesinti sırasında gerilimin genliği genellikle anma gerilimin %10'nunun altına düştüğünden kesintiler sürelerine göre değerlendirilir (IEEE Std. 1159-1995). Şekil 2.10 'de tek faz-toprak kısa devre arızası sonucu oluşan bir gerilim kesintisi olayı görülmektedir.



**Şekil 2.10.** Kısa süreli gerilim kesintisi (Uyar, 2008)  
a. Gerilimin dalga şekli    b. Gerilimin etkin değeri

### 2.3.3. Uzun Süreli Gerilim Değişimleri

Uzun süreli gerilim değişimleri şebeke sıklığında 1 dakikadan daha uzun süren etkin değer değişimleri olarak ifade edilmektedir. Aşırı gerilim, düşük gerilim ve kalıcı gerilim kesintisi uzun süreli gerilim değişiklikleri sonucunda oluşur. Aşırı ve düşük gerilimler genellikle sistem arızalarından oluşmamakta, yük değişimleri ve sistem anahtarlama işlemleri bunlara neden olmaktadır (IEEE Std. 1159-1995).

### 2.3.3.1. Aşırı Gerilim

Aşırı gerilim, güç sıklığında 1 dakikadan uzun bir süre boyunca gerilimin etkin değerinin %110'unu aşacak kadar yükselmesidir. Büyük yüklerin devre dışı bırakılması veya bir sığaç grubunun devreye alınması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Ayrıca sistemdeki yükün azalması, gerilim denetleyicilerinin yetersiz olması ve transformatör kademe ayarının doğru yapılamaması da aşırı gerilimin nedenleri arasındadır (IEEE Std. 1159-1995).

### 2.3.3.2. Düşük Gerilim

Düşük gerilim, şebeke sıklığındaki 1 dakikadan uzun süre boyunca gerilimin etkin değerinin %90'nın altına düştüğü durum olarak tanımlanmaktadır. Büyük yüklerin devreye girmesi veya sığaç gruplarının devreden çıkması gibi anahtarlama olayları ile aşırı yüklenmiş devreler düşük gerilimin nedenleri arasındadır (IEEE Std. 1159-1995).

### 2.3.3.3. Kalıcı Gerilim Kesintisi

Besleme gerilimi 1 dakikadan daha fazla süre boyunca sıfır olduğu durum kalıcı gerilim kesintisi olarak tanımlanmaktadır. Gerilim kesintisi bir dakikadan fazla olduğunda çoğunlukla kalıcıdır ve bu kesintilerde sistemin düzenlenip eski durumuna dönmesi için insan müdahalesi gereklidir (IEEE Std. 1159-1995).

### 2.3.4. Gerilim Dengesizliği

Gerilim dengesizliği, üç faz gerilim veya akım ortalamasından elde edilen en büyük sapma değerinin üç faz gerilim veya akım ortalamasına bölümü olarak tanımlanır. Örneğin fazlar arası gerilim değerlerinin 230 V, 232 V ve 225 V olduğu düşünülürse bu gerilimlerin ortalama değeri 229 V olarak hesaplanır. Okunan bu üç değer ortalamasından elde edilen en büyük sapma değeri 4 V' tur. Faz dengesizliğinin yüzde olarak değeri ise  $100 \times (4/229) = \%1.7$  olarak hesaplanır. Ayrıca dengesizlik simetrik bileşenler kullanılarak da hesaplanır. Negatif veya sıfır bileşenin pozitif bileşene oranı ile dengesizlik yüzdesi belirlenebilir. %2' den az olan gerilim dengesizliğinin ana sebebi üç fazlı sistemler üzerindeki tek fazlı yüklerdir. %5'ten büyük olan ve gerçekten büyük sorun oluşturan gerilim dengesizlikleri üç fazlı bir yükün veya üç fazlı bir sığaç grubunun tek faza kaldığı durumlarda oluşur (IEEE Std. 1159-1995). Ayrıca dengesiz bir kaynaktan beslenen bir makinede üç faz akımları

farklılık gösterir ve makinede sıcaklık artışı başlar. Motor ve generatörler bu tür büyük dengesizliklerden korunmak amacıyla koruma aygıtlarıyla donatılırlar.

### **2.3.5. Dalga Şekli Bozucuları**

Dalga şekli bozucuları temel sıklıktaki sinüs biçimli şeklin bozulması olarak tanımlanır. Doğru akım bileşeni, harmonikler, ara harmonikler, çentik ve gürültü olmak üzere beş çeşit dalga şekli bozucusu vardır (IEEE Std. 1159-1995).

#### **2.3.5.1. Doğru Akım Bileşeni**

Doğru akım bileşeni bir alternatif akım güç sisteminde doğru akım veya doğru gerilimin bulunması olarak tanımlanır. Güç sistemlerinde doğru akım bileşeni yarım dalga doğrultucular gibi yüklerden dolayı oluşur. Akkor telli lambaların ömrünü uzatmak için konulan diyot içeren devreler, devrenin doğru akım bileşeni içermesine neden olur. Alternatif akım şebekelerinde doğru akım bileşeni transformatörlerin olağan çalışma durumlarında doymaya geçmelerine neden olabilir. Bu etki ek ısı kaybına neden olmakta ve transformatörün ömrünü kısaltmaktadır. Doğru akım bileşeni aynı zamanda toprak bağlantılarının ve diğer bağlantıların aşınmasına da neden olurlar (IEEE Std. 1159-1995).

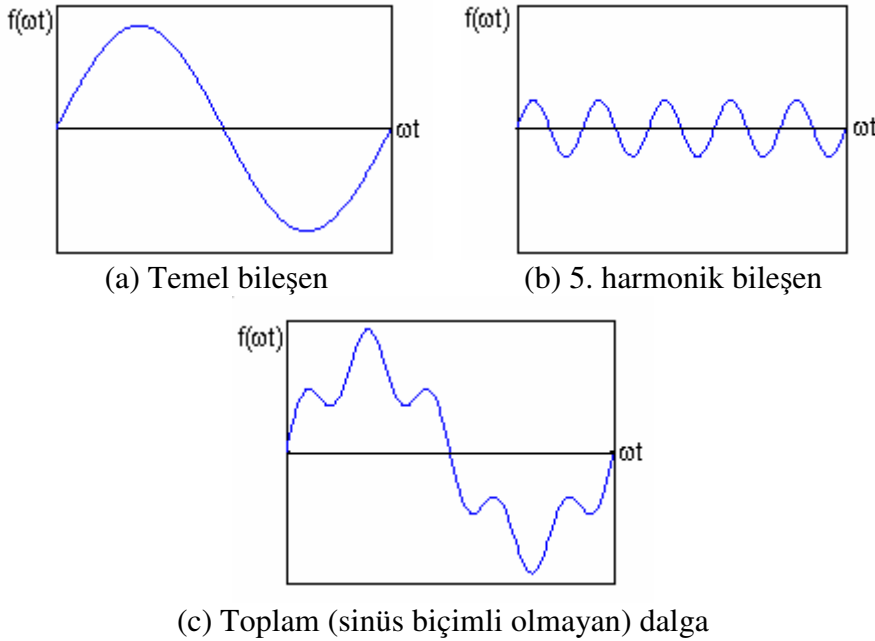
#### **2.3.5.2. Harmonikler**

Güç sistemlerinde harmonikler, akım ve gerilimde temel sıklığın tam katı sıklıkta oluşan bileşenlerdir. Bir güç sisteminde akım ve gerilim dalga şekillerinin sinüs biçiminde olması istenir. Akım ve gerilim sinüs biçimli ise sadece temel bileşen vardır, harmonikler bulunmaz (Balcells, 2001). Gerilim ve akım dalga şeklinin sinüs biçiminden sapmasına neden harmonik bileşenlerdir. Harmonik bileşenler akım gerilim karakteristiği doğrusal olmayan elemanlar tarafından üretilmektedir. Akım gerilim karakteristiği doğrusal olan yüklere doğrusal yük; akım gerilim karakteristiği doğrusal olmayan yüklere doğrusal olmayan yük adı verilmektedir. Doğrusal yüke sinüs biçimli gerilim uygulanırsa yük akımı harmonik bileşen içermez ve yük akımı sinüs biçimli olur. Doğrultucular, motor sürücü devreleri, eviriciler gibi güç elektroniği devreleri, ark fırınları, gaz deşarj lambaları doğrusal olmayan yüke örnek olarak verilebilir. Kaynak gerilimi sinüs biçimli olsa bile doğrusal olmayan bir yük şebekeye bağlandığında harmonikli akım çekecektir. Dolayısıyla kaynak çıkışında sinüs biçimli olan gerilimin

dalga şekli doğrusal olmayan yükün bağlı olduğu barada bozularak harmonikli duruma gelecektir. Bara gerilimi harmonikli olacağından aynı baraya bağlı bulunan doğrusal yükler de bu durumdan etkilenecek harmonikli akım çekerler.

Eviriciler, generatörler, motorlar, transformatörler, gaz boşalma ilkesi ile çalışan aydınlatma elemanları, fotovoltaj sistemler, ofis ekipmanları (Bilgisayar, yazıcı, tarayıcı, ...v.b.), elektronik balastlar, kesintisiz güç kaynakları, anahtarlamalı güç kaynakları, kaynak makineleri, denetim devreleri, sıklık dönüştürücüler, statik VAR kompanzatorler, ark ocakları, yüksek gerilim doğru akım (HVDC) iletim sistemleri, elektrikli ulaşım sistemleri başlıca harmonik kaynaklarıdır.

Sinüs biçimli olmayan dalgalar, temel sıklık ve temel sıklığın tam katları olan periyodik sinüs biçimli dalgaların toplamı olarak ifade edilebilir. Şekil 2.11.'de temel sıklık (50 Hz) ve 5. harmonik bileşen sıklığındaki (250 Hz) iki periyodik dalga şekli ve bunların toplamı gösterilmiştir (Kocatepe vd, 2003).



**Şekil 2.11.** Sinüs biçimli olmayan dalga ve bileşenleri

Sinüs biçimli olmayan dalgaların çözülmesi harmoniklerin tanımlanabilmesi ve etkilerinin çözümlenebilmesi için gereklidir. İlk olarak Fransız fizikçisi ve matematikçisi olan Joseph Fourier tarafından 1882'de yayınlanan "Analytical Theory of Heat" isimli makalesinde tanıtılan Fourier Serileri sinüs biçimli olmayan dalgaların çözümlenmelerinde kullanılır. Fourier, periyodik doğrusal olmayan fonksiyonun ana sıklığın katlarındaki sıklıklara sahip sinüs biçimli fonksiyonların toplamından

oluşturduğunu belirtmiştir. Eş. (2.1)' de periyodik olmayan bir dalganın Fourier açılımı verilmektedir.

$$v(t) = V_0 + V_1 \sin(\omega t) + V_2 \sin(2\omega t) + V_3 \sin(3\omega t) + \dots + V_n \sin(n\omega t) \quad (2.1)$$

Eş. (2.1)' de  $V_0$  doğru akım bileşenini,  $V_1, V_2, \dots, V_n$  harmonik bileşenlerin tepe değerlerini göstermektedir.  $n$  ise harmonik derecesini ifade etmektedir.

Elektriksel büyüklüklerin tanımları sistemde harmonik bileşenler bulunduğunda değişecektir. Fourier serileri yardımıyla gerilim ve akımın ani değerleri Eş. (2.2) ve (2.3)' te verilmektedir.

$$v(t) = \sum_{n=1}^{\infty} v_n(t) = V_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{2} V_n \sin(n\omega_1 t + \theta_n) \quad (2.2)$$

$$i(t) = \sum_{n=1}^{\infty} i_n(t) = I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{2} I_n \sin(n\omega_1 t + \delta_n) \quad (2.3)$$

Bu eşitliklerde

$n$  : Harmonik derecesini

$v_n$  :  $n$ . harmonik geriliminin ani değerini

$i_n$  :  $n$ . harmonik akımının ani değerini

$V_0$  : Gerilimin doğru akım bileşenini

$I_0$  : Akımın doğru akım bileşenini

$V_n$  :  $n$ . harmonik geriliminin etkin değerini

$I_n$  :  $n$ . harmonik akımının etkin değerini

$\omega_1$  : Temel sıklığa ait açısal sıklığı

$\theta_n$  :  $n$ . harmonik geriliminin faz açısını

$\delta_n$  :  $n$ . harmonik akımının faz açısını

belirtmektedir. Doğru akım bileşenleri göz ardı edilerek yukarıdaki eşitlikler yardımıyla etkin güç Eş. (2.4)' te belirtildiği gibidir.

$$P = \sum_{n=1}^{\infty} V_n I_n \cos(\theta_n - \delta_n) = \sum_{n=1}^{\infty} P_n \quad (2.4)$$

Eş. (2.2) ve Eş. (2.3)'de verilen ifadelerinden harmonikli akım ve gerilimin etkin değerleri Eş. (2.5) ve (2.6)' da belirtildiği gibidir.

$$V = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt} = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} V_n^2} \quad (2.5)$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2} \quad (2.6)$$

Görünür güç Eş. (2.7) ile tanımlanır.

$$S = V.I \quad (2.7)$$

Bu gücün, harmonikli durumda genel tanımı Eş. (2.8) ile verilir.

$$S^2 = P^2 + Q^2 + D^2 \quad (2.8)$$

Eş. (2.8) 'de D bozucu gücüdür ve Eş. (2.9)' da belirtildiği gibidir.

$$D = (S^2 - P^2 - Q^2)^{1/2} \quad (2.9)$$

Görünür güç eşitliğindeki Q tepkin güçtür ve Eş. (2.10)'daki gibi tanımlanır.

$$Q = \sum_{n=1}^{\infty} V_n I_n \sin(\theta_n - \delta_n) \quad (2.10)$$

Alternatif akım güç sistemlerinde çekilen akımın ne kadar verimlilikle kullanıldığı güç katsayısı kavramı ile tanımlanır. Dalga şekli sinüs biçiminde ve sinüs biçiminde olmadığı durumlarda güç katsayısı Eş. (2.11) ile belirlenir.

$$GK = \frac{P}{S} \quad (2.11)$$

Harmonik bileşenlerin güç sistemlerinde oluşturduğu etkinin belirlenmesi ve harmonikli sisteme sınırlamalar getirilmesi amacıyla çeşitli büyüklükler tanımlanmıştır. Bu tanımlar uluslararası ve ulusal standartlarda belirtilmektedir. Üretici firmalar ile müşterilerin bu tanımlar yardımıyla konulan sınırlara uymaları istenmektedir.

Gerilim ve akımda harmonik bileşenler sebebiyle oluşan bozulmayı belirlemede Toplam Harmonik Bozunumu (THD) kullanılır ve yüzde olarak ifade edilir. THD, temel bileşen dışındaki harmonik bileşenlerin temel bileşene oranıyla belirlenir. Eş. (2.12)' de gerilim ve Eş. (2.13)' te akım için THD değeri verilmektedir.

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \quad (2.12)$$

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \quad (2.13)$$

IEEE 519 (1992) standartında Toplam Talep Bozunumu (TTD) adı verilen yeni bir kavram tanımlanmıştır (IEEE Std. 1159-1995). TTD değeri bir yüke ait değerdir ve Eş. (2.14)'te verildiği gibi tanımlanmaktadır.

$$TTD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_L} \quad (2.14)$$

Eş. (2.14)'te  $I_L$ , yük tarafından ortak bağlantı noktasından 12 ay boyunca çekilen en büyük akımların ortalamasını ifade etmektedir. Eş. (2.13)'te ifade edilen akım için THD değeri ile Eş. (2.14)'te ifade edilen TTD değeri hemen hemen aynıdır. Akım için tanımlanan THD değeri ile TTD değeri arasındaki fark THD değeri hesaplanırken temel akımın kullanılması TTD değeri hesaplanırken yük akımlarının kullanılmasıdır.

Yine her bir harmonik bileşenin temel bileşene göre büyüklüğünü tekil Harmonik Bozunumu (HB) gösterir. Gerilim ve akım için HB değerleri Eş. (2.15) ve Eş. (2.16)'da verilmektedir.

$$HB_V = \frac{V_n}{V_1} \quad (2.15)$$

$$HB_I = \frac{I_n}{I_1} \quad (2.16)$$

### 2.3.5.3. Ara Harmonikler

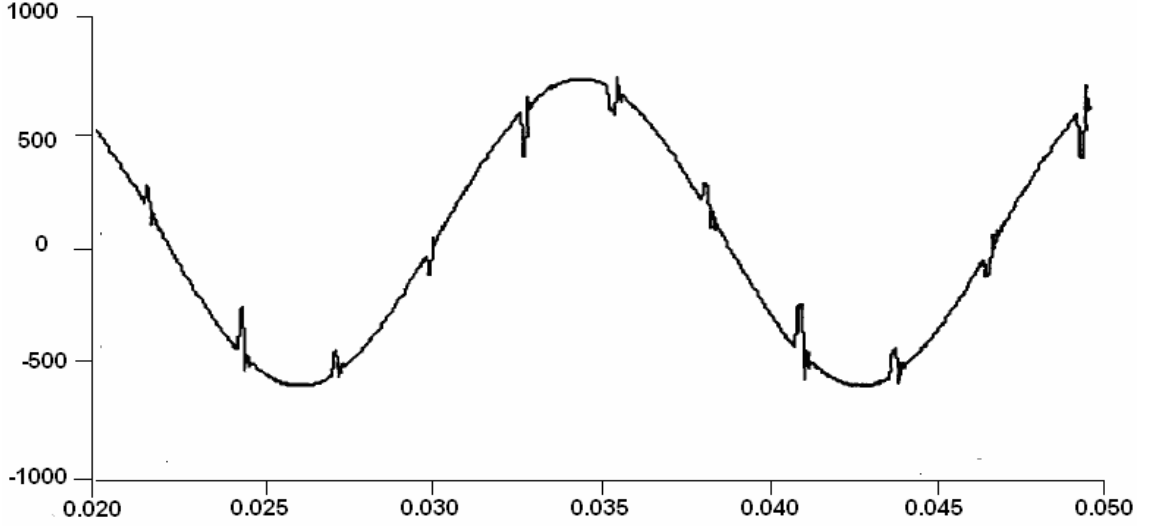
Ara harmonik, 50 Hz veya 60 Hz olan şebeke sıklığının tam katı olmayan sıklık bileşenlerine sahip akımlar veya gerilimlerde gözlemlenir. Güç sistem şebekelerindeki tüm gerilim sınıflarında ara harmonikler bulunabilir. Statik sıklık dönüştürücüleri, çevrim çeviriciler, indüksiyon fırınları, ark fırınları ve kaynak makineleri ara harmonikleri oluşturan temel kaynaklardır. Ayrıca güç sisteminde iletim hattı ile sıklık bindirmesi yolu ile taşınan işaretler de ara harmonikler olarak ele alınabilir (IEEE Std. 1159-1995).

### 2.3.5.4. Çentik

Çentik, olağan çalışma durumunda güç elektroniği aygıtlarında bir fazdan diğer faza akımın geçişi (komutasyonu) nedeniyle oluşan periyodik gerilim bozucusudur.



Çentik etkisi periyodik olduğundan harmonik spektrumu ile tanımlanabilir. Fakat çentiğin sıklık bileşenleri oldukça yüksek olabileceği için harmonik çözümlemesi için kullanılan ölçüm donanımı ile kolayca anlaşılabilir (IEEE Std. 1159-1995). Şekil 2.12.'de çentiğe en fazla neden olan üç fazlı bir eviricinin gerilim dalga şeklinde oluşan çentikler görülmektedir.



**Şekil 2.12.** Üç fazlı evirici tarafından oluşturulan çentik etkisi (IEEE Std. 1159-1995)

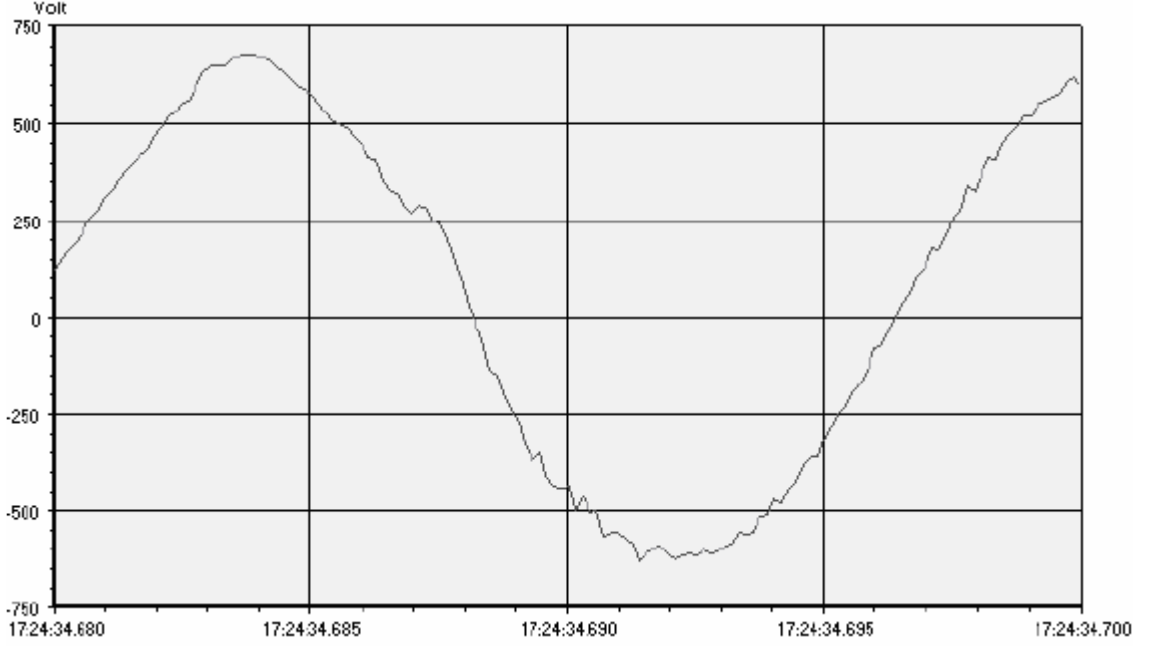
Çentik etkisi sırasında iki faz arasında gerilim, sistem empedansının izin verdiği sifıra yakın bir değere çekilerek anlık bir kısa devre oluşmasına neden olur.

### 2.3.5.5. Gürültü

Gürültü, temel güç sıklığının üstüne eklenen bir güç kalitesi sorunudur ve temel güç sıklığının katları olan sıklıklara sahiptir (Sankaran, 2002).

IEEE 1159-1995' e göre gürültü, hem faz iletkenlerinde hem de nötr iletkenleri üzerinden taşınabilen saf sinüs şeklindeki akım veya gerilim üzerine eklenen 200 kHz' den daha küçük sıklığa sahip istenmeyen elektriksel işaretlerdir. Güç sistemlerindeki gürültülere güç elektroniği aygıtları, denetim devreleri, arkla çalışan aygıtlar, tristörlü doğrultucu içeren yükler ve anahtarlamalı güç kaynakları neden olmaktadır. Gürültü sorunlarını, uygun olmayan topraklama sistemleri daha da kötüleştirmektedir. Gürültü mikroişlemciler, PLC' ler (programable logic controller, programlanabilir mantık denetleyici) gibi elektronik aygıtlarda zararlı etkiler yaratmaktadır. Bu sorun, süzgeçler ve izolasyon transformatörleri gibi aygıtlar kullanılarak giderilebilir.

Şekil 2.13., bir alüminyum eritme fabrikasındaki gerilim dalga şeklini göstermektedir. Bu tesiste, alüminyum eritme hatları çalışırken, güç katsayısını iyileştirmek için güç katsayısını düzeltici sığaçlar devrededir. Sığaçlar devrede iken gerilim dalga şeklinde önemli bir gürültü gözükmemektedir (Sankaran, 2002). Sığaç grupları devreden çıkarıldığında Şekil 2.13 'te görüldüğü gibi gerilim dalga şeklinde gürültü gözükür.



**Şekil 2.13.** Alüminyum eritme fabrikasındaki gerilim dalga şekli (Sankaran, 2002)

### 2.3.6. Kırpışma

Teknolojinin gelişimiyle beraber güç kalitesi tabanlı şikayetlerin bir kısmının da gerilim dalgalanması ve kırpışma sorunlarından kaynaklandığı görülmektedir (Zhang ve ark., 2005). Gerilim dalgalanması (voltage fluctuation), gerilim dalga şeklindeki periyodik veya rastgele olan değişimler demektir. Bu değişimler anma geriliminin %90'ından %110'una kadar olabilir. Kırpışma (flicker) (akkor veya diğer lamba tiplerinde görülen) ise gerilim dalgalanmasından dolayı oluşmaktadır ve insan gözü tarafından fark edilebilmektedir. Yapılan araştırmalarda insan gözünün, 0.5 Hz ile 25 Hz sıklık bandındaki gerilim kırpışmalarına duyarlı olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle uygulamada gerilim kırpışması veya sadece kırpışma, 0.5 ile 25 Hz arasındaki gerilim dalgalanmalarının, elektrik ışık kaynağında oluşturduğu gözle hissedilebilen değişimler olarak adlandırılmaktadır.

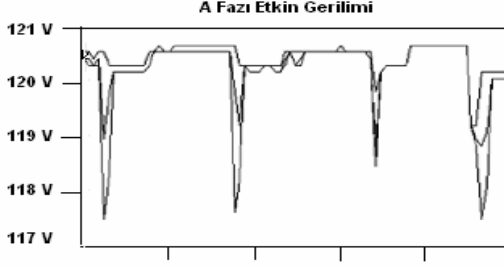
Kırpışma, ANSI C84.1 tarafından genliği 0.9-1.1 pu değerleri arasındaki gerilim bölgesinde kalan rastgele veya sistematik gerilim değişimleridir (Kocatepe ve ark., 2005).

IEEE 1159-1995' te, besleme gerilimindeki dalgalanmanın (fluctuation) deşarjlı ve akkor lambalardaki ışık şiddetinde rahatsız etki yarattığı söylenmektedir. Gerilimdeki %0.5' ten daha az olan ani bir azalma, akkor lambanın ışık şiddetinde fark edilebilir bir azalma yaratmakta fakat gazlı deşarjlı lambada daha az fark edilebilir etki yaratmaktadır. Genlikteki %7' den daha az olan gerilim dalgalanmaları diğer tüketici yükleri üzerinde daha az etki yaratmaktadır (IEEE Std. 1159-1995).

Günümüzde kırpışma üzerinde çalışan araştırmacılar, akkor ve floresan lambalarda görülen kırpışmaya yoğunlaşmışlardır ve güç sistemlerinde oluşan kırpışmayı doğru olarak ölçebilecek yeni yöntemleri araştırmaktadırlar. Kırpışma değişken hızlı sürücü düzenekleri (VFD), ark fırınları, motorlar gibi yükler tarafından üretildiğinden kırpışma sorunu gözlemlendiği zaman kırpışma kaynağının yerini öğrenmek gereklidir. Güç piyasası geliştiği için elektrik şirketleri tüketicilerine kaliteli enerjiyi sağlamakla yükümlüdürler. Kırpışma sorunları ortaya çıktığında elektrik şirketleri şikayetlerle karşılaşacak ve müşterilerinden bunu gidermelerini isteyeceklerdir. Sonuçta, elektrik şirketleri kırpışma sorunlarına neyin neden olduğu konusunu araştırmaktadırlar ve kırpışma kaynağını bulmak bu sorunu çözecektir. Kırpışma kaynağı belirlendiği zaman bu sorunu gidermek için uygun önlemler alınabilir (Zhang ve ark., 2005).

Eğer yükün akım talebi her bir dönemde bir yükselip bir azalıyorsa kırpışma oluşur. Kırpışmaya neden olan yükler asansörler, ark fırınları, kaynak makineleri olarak sıralanabilir. Bu aygıtlar yük akımında hızlı değişiklikler yaparak kırpışma etkisi olarak da adlandırılan gerilim salınımlarına neden olurlar (IEEE Std. 1159-1995).

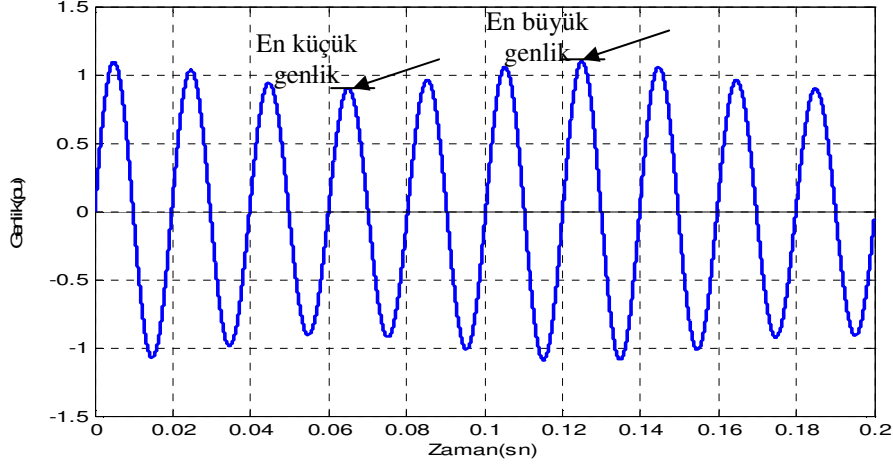
Şekil 2.14 'te çok katlı bir konutu besleyen bir aydınlatma panelindeki gerilim görülmektedir. Şekilde, binadaki asansörlerden biri çalıştırıldığında gerilimdeki değişim görülmektedir. Bu yapıdaki sorun hem aydınlatma panelinin hem de asansörün aynı yerden beslenmesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle eğer yükü besleyen kaynak büyük değilse asansör ile aydınlatma paneli birbirinden etkilenecektir (Sankaran, 2002).



**Şekil 2.14.** Çok katlı bir binadaki asansörün çalışması sırasında görülen gerilim değişimi. Gerilimdeki bu değişim fark edilebilir ışık kırışmasına neden olur (Sankaran, 2002).

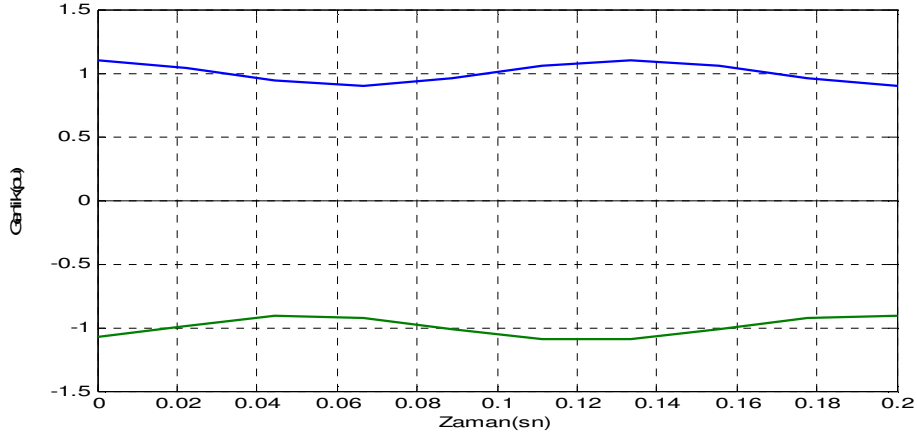
Kırışma insan gözünü rahatsız edebildiği gibi, motorların güvenilirliğini ve ürünlerin kalitesini de bozmaktadır (Zhang ve ark., 2005).

Ark fırını da kırışmaya neden olmaktadır. Ark fırınları endüstride oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ark fırını besleyen hattaki gerilim aşağıdaki Şekil 2.15.'te görülmektedir (Sankaran, 2002).



**Şekil 2.15.** Kırışma sıklığındaki gerilim dalgalanmasını gösteren tipik ark fırını besleme gerilimi

Şekil 2.16'da ise Şekil 2.15.'teki gerilim dalga şeklinin zarfı verilmektedir.



**Şekil 2.16.** Şekil 2.15'deki gerilim dalga şeklinin zarfı

Temel sıklık bileşeni ve sadece bir tane ara harmoniğe sahip işaretin göz önüne alalım:

$$v(t) = V_1 [\sin(2\pi f_1 t) + m \sin(2\pi f_{IH} t + \theta_{IH})] \quad (2.17)$$

$V_1$  : Temel bileşenin en büyük genlik değeri

$f_1$  : Temel sıklık

$m$  : Ara harmonik genliği

$f_{IH}$  : Ara harmonik sıklığı

$\theta_{IH}$  : Ara harmonik faz açısı

$$f_{IH} = hf_1 - \Delta f_h \quad (2.18)$$

$\Delta f_h$  : Bindirim sıklığı

$h$  : Ara harmoniğin en yakın olduğu harmonik bileşenin katsayısı (1,2,3,...)

Ara harmonik faz açısı 0 alındığında ve (2.18) 'deki eşitlik Eş. (2.17)'deki eşitlikte yerine konulursa Eş. (2.19) elde edilir.

$$v(t) = V_1 \sin(2\pi f_1 t) + V_1 (m \cos(2\pi \Delta f_h t) \sin(2\pi h f_1 t)) - V_1 m \sin(2\pi \Delta f_h t) \cos(2\pi h f_1 t) \quad (2.19)$$

Burada harmonik bileşen  $hf_1$ 'in  $V_1 m \sin(2\pi \Delta f_h t)$  ile değiştiği görülmektedir. Eğer  $\Delta f_h = 0$  ise sadece harmonik bileşen oluşacaktır. Bu durumda genlikte dalgalanma olmayacaktır. Fakat  $\Delta f_h \neq 0$  ise ara harmonik oluşacak, dalgalanma oluşacak, dalgalanma sıklığı  $|\Delta f_h|$  olacaktır. Zarf sinüs biçimli olacak şekilde değişecektir.

Hesaplamalar yapılırken etkin değer kullanılmaktadır; fakat gerilim sinüs biçimli olduğundan en büyük değerlere göre de hesaplama yapabiliriz ve bu hesaplama da bize aynı sonuçları verecektir. % 0.3 - %0.4' lük gerilim değişiminde kırpışma sıklığı 8-10 Hz olarak bulunmaktadır ki bu değer de rahatsızlık yaratmaktadır (Sankaran, 2002). Ark fırınlarında kırpışmayı en az düzeye indirebilmek için fırının yeri de önem kazanmaktadır. Çoğunlukla, ark fırınları başka kullanıcılar tarafından kullanılmayan baralara yerleştirilirler. Eğer gerilim kaynağı büyütülürse ark fırınları tarafından üretilen gerilim kırpışmaları azaltılır (Sankaran, 2002).

Eğer işaret ara harmonikler içeriyorsa, işaretin hem etkin değeri hem de en büyük değeri değişecektir. Gerilim dalgalanmasının tanımı aşağıdaki gibi olacaktır: (Tayjasant ve ark., 2005)

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{(V_{x\_max} - V_{x\_min})}{2 V_{temel\_x}} \times 100\% \quad (2.20)$$

x: etkin veya en büyük değeri gösterir (Tayjasanant ve ark., 2005).

$$\frac{\Delta V}{V} rms \approx \left| \frac{m \sin(\pi \Delta f T_1)}{1 + \frac{\Delta f T_1}{2}} \right| = m \left| \frac{\sin \alpha}{\alpha \left[ 1 + \frac{\alpha}{2\pi} \right]} \right| \quad (2.21)$$

$$T_1 = \frac{1}{f_1}$$

$f_1$  : Temel sıklık

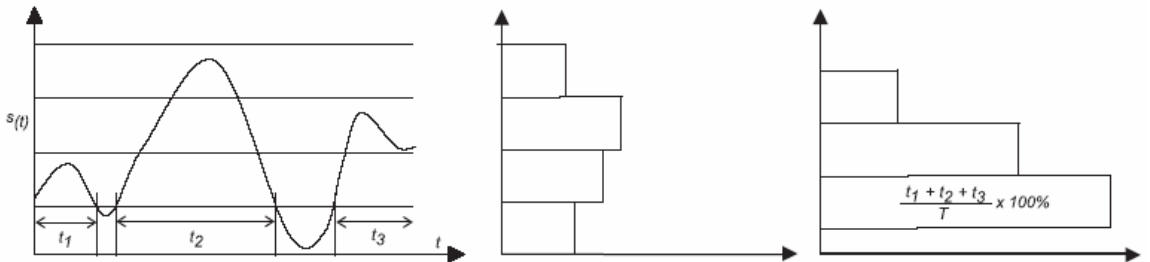
$m$  : Ara harmonik genliği

$\Delta f$  : Bindirim sıklığı

$\alpha = \pi \Delta f T_1$  olarak alınmıştır.

Yukarıdaki eşitlik, etkin değer dalgalılığın genliğinin ara harmoniğin genliğiyle orantılı olduğunu göstermektedir.  $\Delta f$ , dalgalılık seviyesinde önemli bir rol oynamaktadır.

IEC tarafından önerilen kırpışma ölçümü (kırpışma ölçer modeli) temel olarak iki kısma ayrılır. İlk kısım lamba-göz-beyin tepkisini benzeştirirken ikinci kısım elde edilen işaretin istatistiksel çözümlemesini içerir (Altıntaş ve ark., 2007). Anlık kırpışma hassasiyeti istatistiksel olarak değerlendirilerek 10 dakikalık kısa zamanlı kırpışma şiddeti (short term flicker severity)  $P_{st}$  ve 2 saatlik uzun zamanlı kırpışma şiddeti (long term flicker severity)  $P_{lt}$  elde edilir. İstatistiksel işlemde ilk olarak işaret %0.1, %1, %3 gibi çeşitli seviyelere ayrılır. Bu ayırım yapıldıktan sonra işaretin bu seviyelerde kalan zaman aralıkları belirlenir. Elde edilen zaman aralıklarının tüm zamana göre yüzdesi alınarak  $P_{st}$  değerleri elde edilir (Kepler ve Watson, 2000; Hanzelka ve Bie'n, 2005).



Şekil 2.17. İstatistiksel değerlendirme süreci

$P_{st}$  için gerekli aralıklar şu şekilde hesaplanır:

$$P_{1S} = (P_{0,7} + P_1 + P_{1,3})/3 \quad (2.22)$$

$$P_{3S} = (P_{2,2} + P_3 + P_4)/3 \quad (2.23)$$

$$P_{10S} = (P_6 + P_8 + P_{10} + P_{13} + P_{17})/5 \quad (2.24)$$

$$P_{50S} = (P_{30} + P_{50} + P_{80})/3 \quad (2.25)$$

$P_{st}$  değeri ise aşağıdaki denklem ile hesaplanır:

$$P_{ST} = \sqrt{0,034P_{0,1} + 0,0525P_{1S} + 0,0657P_{3S} + 0,28P_{10S} + 0,08P_{50S}} \quad (2.26)$$

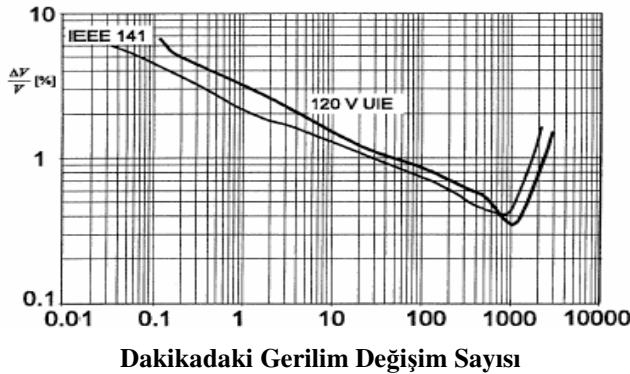
$P_{LT}$ , 10'ar dakikalık 12  $P_{st}$  değeri yardımıyla aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$P_{LT} = \sqrt[3]{\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} P_{ST}(i)^3} \quad (2.27)$$

Kırışma değerlendirme yöntemi ile ortaya çıkan sonuç kırışma düzeyinin kabul edilebilir olup olmadığını ortaya koyar ve bunun sonucunda kırışmaya karşı alınacak önlemlerin de temel noktası olur. Kırışma değerlendirmesi için çeşitli ölçüm teknikleri geliştirilmiştir. Ancak günümüzde Türkiye'de ve Avrupa ülkelerinde IEC standartları kullanılmakta olup Amerika'da hala kırışma eğrileri yöntemine dayanan IEEE standardı geçerlidir.

#### a) IEEE Kırışma Standartı

IEEE kırışma sınırlarını önerilen uygulama dökümanları olarak yayınlamıştır. Bunların en önemlileri IEEE 519-1992 ve IEEE 141-1995 dir (Atasal, 2000). Her iki dökümanda önerilen uygulama Şekil 2.18. 'de gösterilmiştir. IEEE kırışma eğrisindeki  $\Delta V/V$  ifadesine bağlı gerilim değişimi denilmektedir. Burada  $\Delta V$  sistem geriliminin ölçüm anındaki etkin değeri ile kalıcı durum geriliminin etkin değeri arasındaki farkı, V bir süre boyunca yapılan ölçüm sonucunda elde edilen gerilimin etkin değerini ifade etmektedir.



Şekil 2.18. IEEE kırışma eğrisi

Eğrinin altında kalan kısım rahatsız etmeyici durum olarak kabul edilmektedir.

#### b) IEC Kırpışma Standartı

IEC kırpışma standartı ile ilişkili olarak dört standart belirlenmiştir. Bunlar IEC 61000-4-15, IEC 1000-3-3, IEC 1000-3-5 ve IEC 1000-3-7 dir. IEC 61000-4-15 kırpışma ölçer standartı olup bir kırpışma ölçer yapmak için gerekli bilgiler verir. IEC 1000-3-3 ve IEC 3-5 standartı alçak gerilim sitemlerindeki kabul edilebilir kırpışma değerlerini vermektedir. IEC 1000-3-7 ise orta ve yüksek gerilim sistemlerindeki kırpışma sınırlarını ve yüklerin bu sınırlara uygun olup olmadıklarının nasıl belirleneceğini açıklamaktadır (Atasal, 2000).

Bu standartlar Pst ve Plt üzerine kuruludur. Buna göre öncelikle kırpışma ölçer tanımlanır ve bu kırpışma ölçerin çıkışından Pst ve bundan Plt değerleri elde edilir. Pst ve Plt değerleri yine IEC standartları tarafından tanımlanan yöntemler ile uygun olup olmadıkları belirlenir.

Alçak gerilim için kırpışma şiddeti değerleri IEC 1000-3-3 standartına göre:

- Kısa zamanlı kırpışma şiddeti  $Pst \leq 1$
- Uzun zamanlı kırpışma şiddetinin  $Plt \leq 0.65$  olarak verilmektedir.

Orta gerilim için kırpışma şiddeti değerleri IEC 1000-3-7 standartına göre:

- Kısa zamanlı kırpışma şiddeti  $Pst \leq 0.9$
- Uzun zamanlı kırpışma şiddetinin  $Plt \leq 0.7$  olarak verilmektedir.

Yüksek gerilim için kırpışma şiddeti değerleri IEC 1000-3-7 standartına göre:

- Kısa zamanlı kırpışma şiddeti  $Pst \leq 0.8$
- Uzun zamanlı kırpışma şiddetinin  $Plt \leq 0.6$  olarak verilmektedir (Halpin ve ark., 2003).

#### 2.3.7. Sıklık Değişimleri

Güç sisteminin temel sıklığının anma değerinden sapsması sıklık değişimleri olarak tanımlanır. Bilindiği gibi güç sisteminin sıklığı sistemi besleyen generatörün dönme hızıyla doğrudan bağlantılıdır. Yük ve üretim arasındaki dinamik denge değiştiğinde sıklıkta küçük değişiklikler oluşmaktadır. Sıklık değişiminin süresi ve boyutu, yükün özelliklerine ve yük değişikliklerine yol açan generatör denetim sisteminin tepkesine bağlıdır. Sıklık değişimlerine, arızalar, büyük güç üreten generatörlerin veya büyük güçlü yüklerin devre dışı kalması neden olmaktadır (IEEE Std. 1159-1995).



### 3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

Ele alınan işaretin bir çözümlene yöntemiyle ayrıştırılması işaretin temel yapısını oluşturan bilgileri ortaya çıkarmak için gereklidir. Genellikle ölçümler veya gözlemler sonucu ayırt edici bilgileri taşıyan değişkenler dizisine özellik adı verilmektedir. Bir çıkarım yöntemiyle betimlenecek nesneyi tanımlayacak şekilde bu değişkenler bir araya getirildiğinde N boyutlu bir vektör elde edilir. Bu vektöre özellik vektörü adı verilmektedir. Sınıflandırma yapılmadan önce özellik vektörünün çıkarılması gerekir ve bu işlem sınıflandırma aşamasının en önemli adımıdır. Ölçüm sonucu elde edilecek verilerin özellik vektörü elde edildiğinde sınıflandırıcıya girecek veri boyutu azalacağından sınıflandırıcı daha küçük hatalarla eğitimini tamamlayacak ve böylece karar verme süreci daha az zaman alacaktır (Uyar, 2008). Bu nedenle özellik vektörünün elde edilmesine gerek duyulur.

Özellik çıkarımında yapılacak ilk işlem, elde edilen veriler üzerine bir matematiksel dönüşüm uygulamaktır. FD temelli yöntemler işaret işleme yöntemlerinin en çok kullanılan yöntemlerindendir. FD, zaman düzlemindeki bir işaretin, farklı genlik ve sıklığa sahip sinüs taban fonksiyonlarının birleşimi temeline dayanmaktadır. Başka bir deyişle FD, zaman düzlemindeki işareti sıklık düzlemine dönüştüren matematiksel bir tekniktir (Misiti ve ark., 2002).

Ancak FD ile işaretin sıklık düzlemine geçişinde zaman bilgisi kaybolmaktadır ve işaret sadece sıklık bilgisi içermektedir. Diğer bir deyişle FD uygulanmış işaretin içerisindeki olayın veya bozucunun ne zaman oluştuğunu bilmek olanaksızdır. Eğer durağan işaretlerde olduğu gibi işaretin özellikleri zamanla değişmiyorsa zaman bilgisi çok önemli değildir. Fakat durağan olmayan veya geçici olay içeren işaretlerde zaman bilgisi önemlidir ve FD bu durumda yetersiz kalmaktadır. Denis Gabor 1946 yılında bu eksikliği gidermek için FD'yi işaretin bir kısmını incelemek için kullanmıştır ve bu tekniğe işaretin pencerelenmesi adını vermiştir. Gabor'un FD'yi işaretin belli bir kısmına uygulaması kısa zamanlı Fourier dönüşümü (KZFD) olarak adlandırılır ve bu yöntem işareti genlik ve sıklık olmak üzere iki boyutlu uzaya haritalar (Misiti ve ark., 2002). KZFD işaretin hangi zamanda ve hangi sıklıkta olduğu bilgisini vermektedir ancak her sıklıkta kullanılan pencere boyutu aynıdır. Bazı işaretler daha esnek yaklaşımlara gereksinim duyar. Dolayısıyla daha doğru zaman ve sıklık bilgisi almak için pencere boyutunun değişmesi, sabit kalmaması gerekmektedir (Misiti ve ark.,

2002). Bu nedenle DD, KZFD' ne seçenek olarak ortaya atılmıştır ve yeni bir teknik olarak karşımıza çıkmaktadır.

İstatistiksel yöntemler de GKB 'lerin belirlenmesi için kullanılmaktadır. İstatistiksel yöntemlerle de GKB' lerin oluşum yeri kestirilebilmektedir.

Bu tez çalışmasında beş adet GKB işaretinin ve saf sinüsün ayırt edilmesini sağlamak için öncelikle istatistiksel yöntem oluşturulan GKB 'lere bozucular sinüsün sıfır geçiş noktalarından geçerken oluşturulduğunda uygulanmıştır ve tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir. Fakat bozucuların oluşum yerleri değiştirildiğinde bu yöntemin oluşturulan bazı GKB işaretlerini ayırtmada yanılacağı gözlemlenmiştir. Bu nedenle oluşturulan GKB işaretlerine ADD uygulanmıştır. ADD ise bozucuların oluşum yerini belirleyebilmekte; fakat her bozucuya özgü farklı özellik sergilememesinden dolayı sadece ADD'nin yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir. Bundan dolayı ADD ile elde edilen detay katsayılarına enerji dağılım özelliği uygulanmıştır. Bu yöntemin ise bozucuların oluşum yerleri değiştirilse bile tatmin edici sonuçlar verdiği gözlemlendiğinden özellik vektörü oluşturulurken dalgacık tabanlı enerji dağılım özellikleri kullanılmıştır.

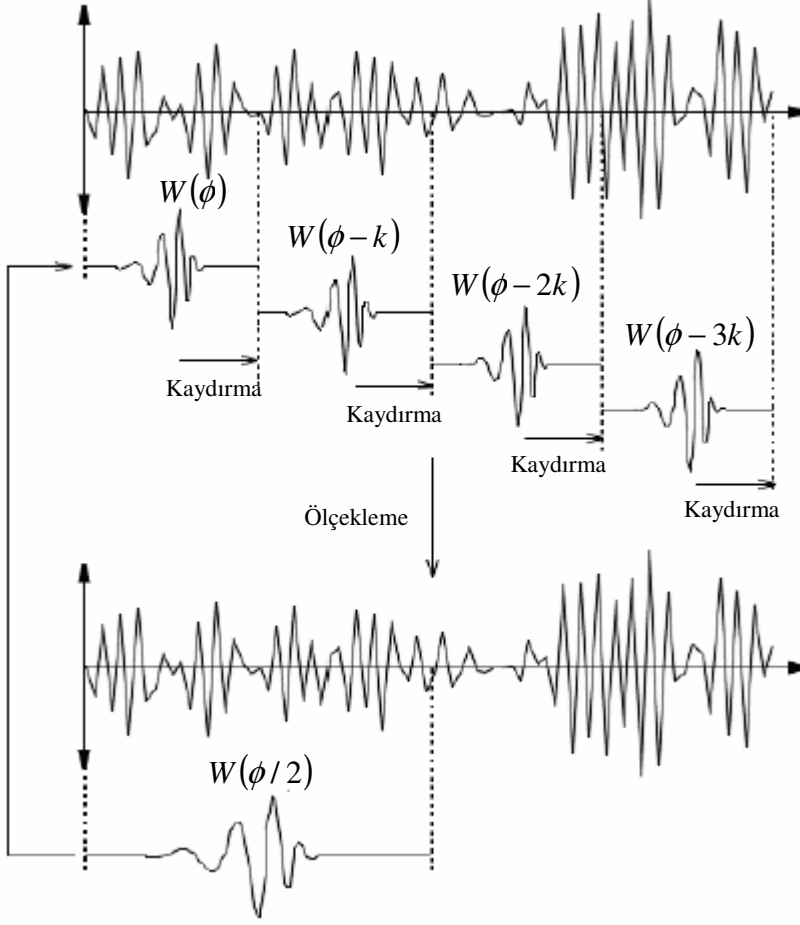
### 3.1. Dalgacık Dönüşümü

Matematikçiler tarafından ortaya atılan DD bir işaret işleme yöntemidir. 1909 yılında ilk olarak Haar tarafından ortaya atılan dalgacıklar teorik olarak ilk kez 1984 yılında Morlet ve Grosmann tarafından coğrafi bilgi sistemleri için kullanılmıştır. 1992 yılında Chui ve 1993 yılında Meyer tarafından temelleri sağlamlaştırılmıştır. 1988 yılında Mallat' ın çalışmalarıyla ana algoritma ortaya çıkmıştır. 1992 yılında Daubechies ve Coifman'nın çalışmaları dalgacıklara yeni ufuklar açılmıştır. Ancak tarihsel açıdan dalgacık yöntemi yeni kullanılmaya başladıysa da temeli Joseph Fourier'e kadar uzanmaktadır (Ağalar, 2003).

Uygulamalı matematik, işaret işleme teknikleri, ses ve görüntü sıkıştırma teknikleri, tıbbi uygulamalar, radar, akustik, sonar sistemleri, veri sıkıştırma gibi alanlarda dalgacıklar kullanılmaktadır (Ozgonenel ve ark., 2004). Son on yıl içerisinde farklı disiplinlerin bir araya gelmesiyle dalgacıklar, ayrıca resim sıkıştırma, insan görme gücü, depremi önceden tahmin etme gibi birçok alanda uygulanmaya başlanmıştır.

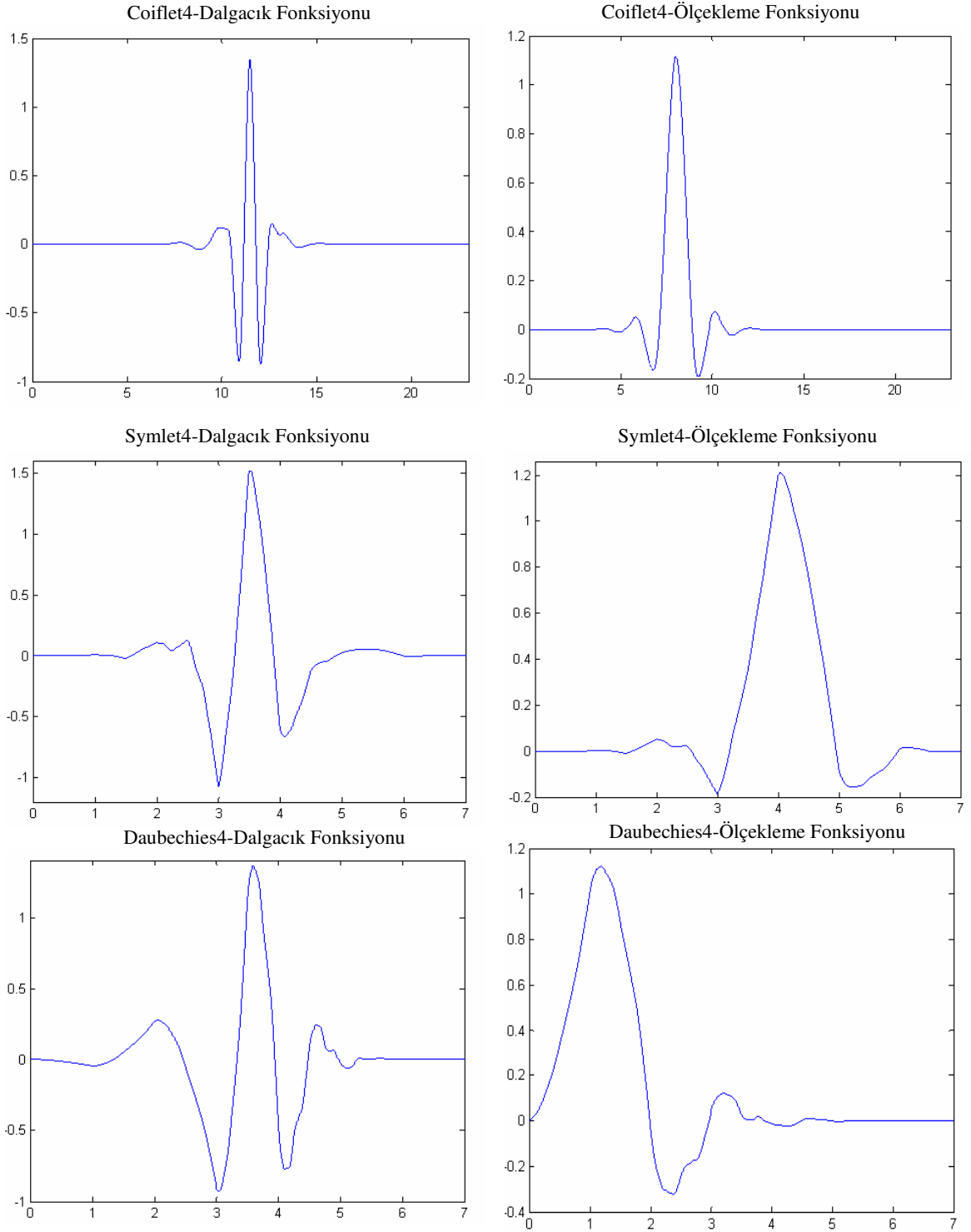
Dalgacık tanım olarak zamanla sınırlı ve ortalama değeri sıfır olan bir dalga şeklindedir. Dalgacıkların temelini zaman ekseninde kaydırma ve ölçekleme parametreleri oluşturmaktadır. Fourier serilerinin temel fonksiyonları sinüs ve cosinüs ifadelerinden

oluşurken çok sayıda dalgacık fonksiyonları vardır. DD’ de farklı pencere genişlikleri (ölçek çarpanı (katsayısı) değiştirilerek) “Ana dalgacık fonksiyonu” olarak adlandırılan tek bir fonksiyon ile sağlanır. Ana dalgacığa uygulanan kaydırma ve ölçekleme işlemleri, dalgacık ile işaretin yerel bölgeleri arasındaki ilişkiyi temsil edecek olan katsayıları belirlemek için kullanılır. Dalgacık çözümlemesinin aşamaları Şekil 3.1’ de verilmektedir.



**Şekil 3.1.** Dalgacık çözümlemesinin aşamaları (Aygün, 2006)

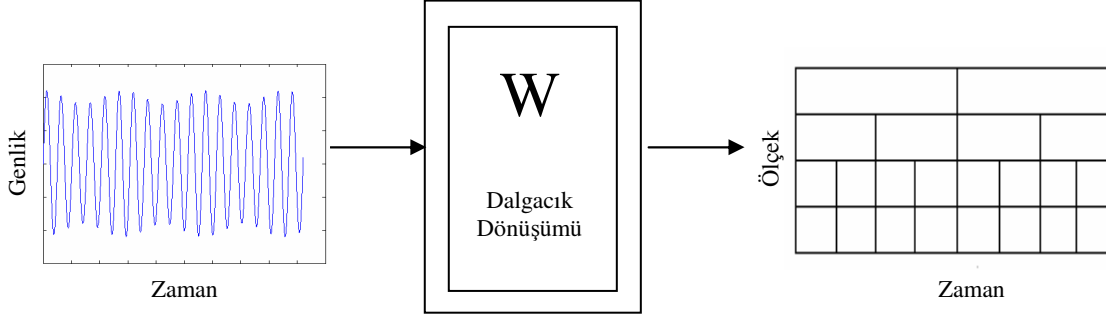
Yaygın olarak kullanılan dalgacıkların bir kısmı Şekil 3.2.’ de verilmektedir.



**Şekil 3.2.** Yaygın olarak kullanılan ölçekleme ve dalgacık fonksiyonları

Dalgacıklar, veriyi farklı sıklık bileşenlerinin ölçeğiyle eşleştirilmiş bir çözünürlükle çalışan matematiksel fonksiyonlardır. Fourier yöntemleri işaretin süreksizliklere ve sivri uçlara sahip olduğu durumlarda yetersiz kaldığı için dalgacıklar Fourier yöntemlerine üstünlük sağlamaktadır. DD, yüksek sıklık çözümlerinde kısa pencere seçimlerine, alçak sıklık çözümlerinde ise uzun pencere seçimlerine izin

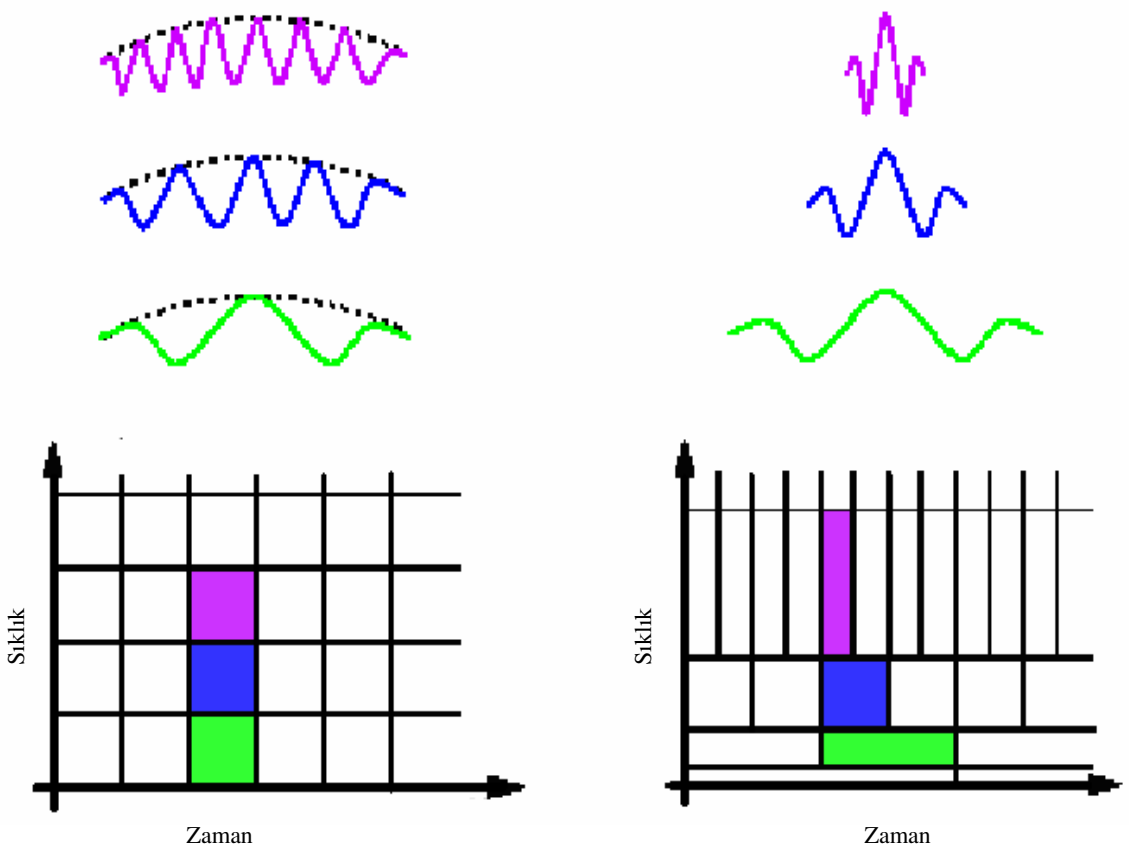
vermektedir (Misiti ve ark., 2002). Bu özellik Şekil 3.3.'te verilmektedir. Küçük özellikler işarete küçük bir pencereden bakıldığında fark edilirken benzer şekilde büyük özellikler de işarete büyük pencereden bakıldığında fark edilmektedir. Başka bir deyişle dalgacık çözümü hem ormanı hem de ağaçları görmemize yardımcı olur. Bu özellik dalgacıkları ilginç ve kullanışlı kılar (Aygün, 2006).



**Şekil 3.3.** Dalgacık dönüşümü (Misiti ve ark., 2002)

KZFD' nde kullanılan pencerenin sabit olmasına karşın DD' de sıklığa göre pencere boyutunun değiştirilmektedir. Böylece işaretin düşük sıklık eğilimlerini açmak için geniş bir pencere yüksek sıklık detaylarını çözümlmek için dar bir pencere kullanıldığı daha önce belirtilmişti. DD' nde kullanılan pencere boyutuyla kısa zamalı Fourier dönüşümünde kullanılan pencere boyutlarının karşılaştırılması Şekil 3.4.' te verilmektedir.

İşaretin zaman sıklık bölgeleri arasında bir ilişki elde etmek durağan olmayan türdeki işaretlerin işlenmesinde istenilen bir durumdur. FD sadece sıklık bölgesi hakkında bilgiler vermekte zaman bilgisi kaybolmaktadır. FD' nün tersine, DD ana dalgacığın ölçeklendirilmesiyle sıklık bölgesinde yerinin belirlenmesine izin verirken ana dalgacığın kaydırılmasıyla da zaman bölgesinde yerinin belirlenmesine izin vermektedir (Aygün, 2006).



**Şekil 3.4.** Kısa zamalı Fourier dönüşümünde kullanılan pencere ile DD' de kullanılan pencere boyutlarının karşılaştırılması (Kocaman, 2003)

### 3.1.1. Sürekli Dalgacık Dönüşümü

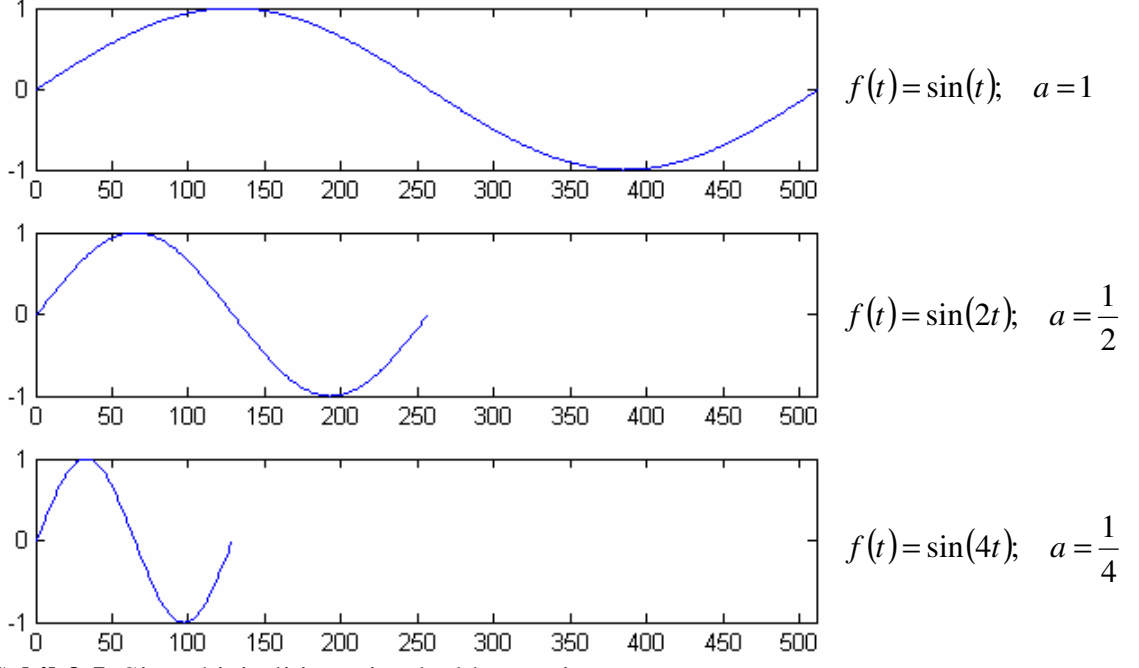
Sürekli dalgacık dönüşümü (SDD)' de ölçeklenmiş, kaydırılmış ana dalgacık fonksiyonunun ( $\psi$ ) giriş işaretinin tüm zaman boyunca çarpılıp toplanmasından oluşmaktadır (Misiti ve ark., 2002). SDD sonucunda elde edilen C katsayılarının ölçek ve konuma bağlı olduğu Eş. (3.1)'da görülmektedir. Eş. (3.2)'de ise SDD dönüşümünün genel durumu görülmektedir. Eş. (3.2)'deki,  $\psi(t)$  ana dalgacık fonksiyonu, a ölçekleme (sıklık) parametresi ve b de öteleme (zaman) parametresidir.

$$C(\text{ölçek}, \text{konum}) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)\psi(\text{ölçek}, \text{konum}, t)dt \quad (3.1)$$

$$W_{(a,b)} = \frac{1}{\sqrt{2}} \int \psi\left(\frac{t-b}{a}\right)f(t).dt \quad (3.2)$$

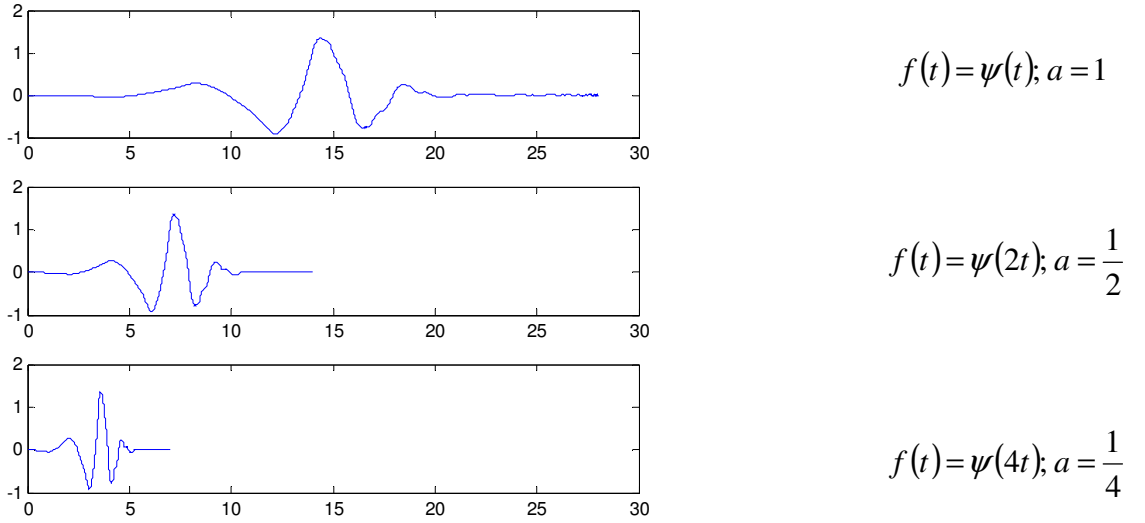
Ana işaret, DD sonucunda farklı ölçek ve konumlardaki dalgacıklardan oluşur (Misiti ve ark., 2002).

Burada ölçekleme ve ötelemenin ne demek olduğuna değinilmesi gerekmektedir. Ölçekleme basitçe işaretin genişletilmesi veya daraltılması anlamına gelmektedir. Ölçekleme parametresi 'a' ile verilmektedir. Şekil 3.5.'te sinüs biçimli işaretin ölçeklenmesine örnek verilmektedir.



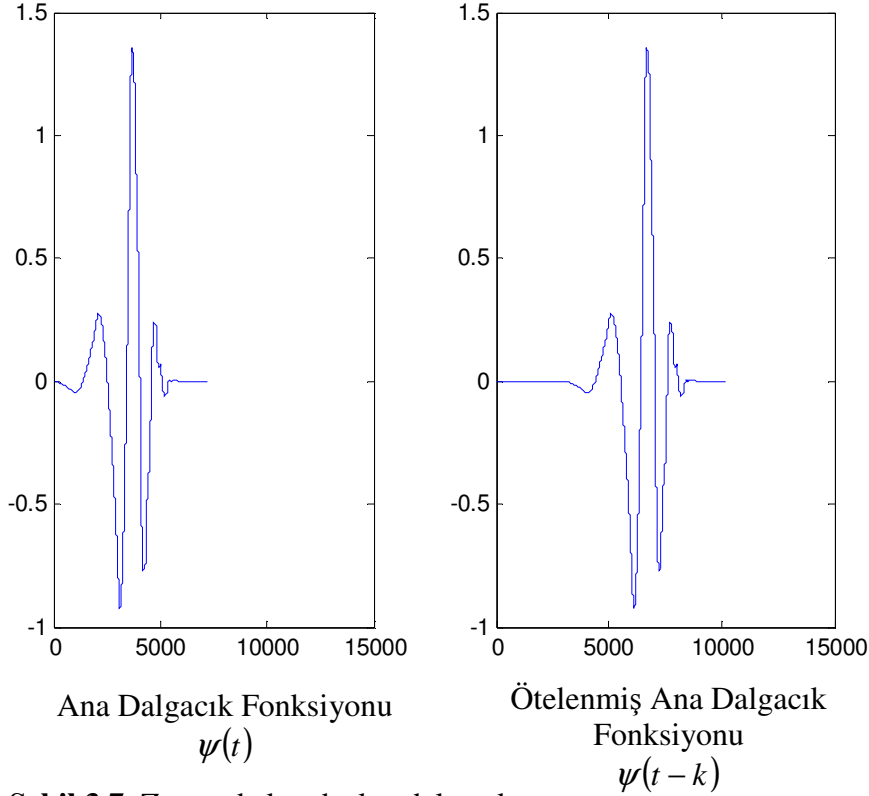
Şekil 3.5. Sinüs biçimli işaretin ölçeklenmesi

Benzer şekilde Şekil 3.6.'da dalgacıkların ölçeklenmesine örnek verilmektedir.



Şekil 3.6. Dalgacığın ölçeklenmesi

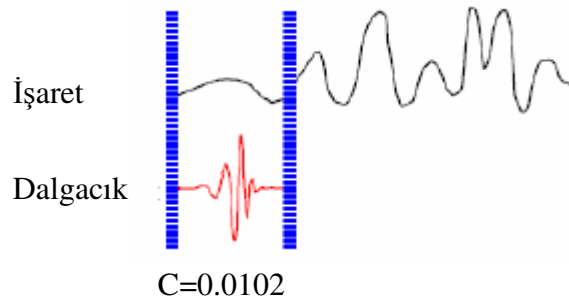
Basitçe dalgacığın ötelenmesi ise geciktirilmesi veya geri kaydırılmasıdır. Matematiksel olarak bir  $f(t)$  fonksiyonunun  $k$  zamanı kadar geciktirilmesi  $f(t-k)$  ile tanımlanır. Şekil 3.7.' de zamanda kaydırılan dalgacığa örnek verilmiştir.



Şekil 3.7. Zamanda kaydırılan dalgacık

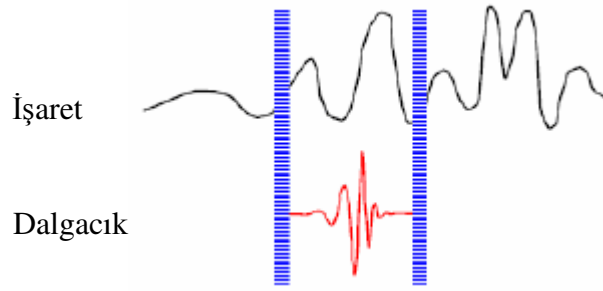
SDD beş adımda aşağıda belirtilen şekilde özetlenebilir (Misiti ve ark., 2002):

- 1- Bir dalgacık alınıp çözümlenecek işaretin başlangıç bölümüyle karşılaştırılır.
- 2- İşaretin dalgacık ile karşılaştırılan kısmının işarete ne kadar benzediğini gösteren 'C' katsayısı hesaplanır. 'C' katsayısının yüksek çıkması benzerliğin fazla olduğu anlamına gelmektedir. Seçilen dalgacık türüne bağlı olarak hesaplanan 'C' katsayısı değişecektir.

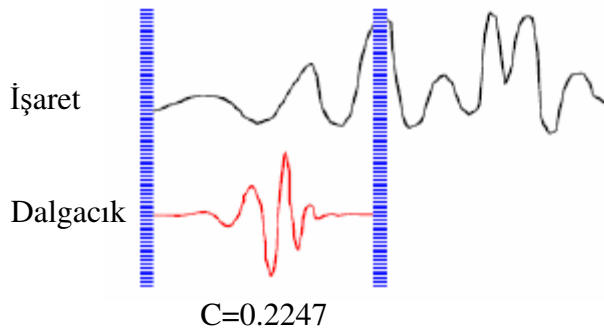


- 3- İşaretin tamamı çözümlenene kadar dalgacık sağ tarafa doğru kaydırılarak 1. ve 2. adımlar tekrarlanır.



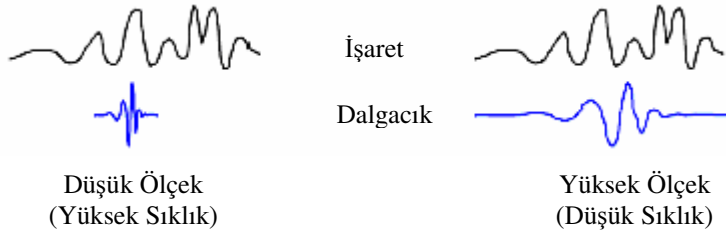


- 4- Zaman düzleminde ölçeklenmiş yeni bir dalgacık ile 1., 2. ve 3. adımlar tekrarlanır.



- 5- Tüm ölçekler için 1., 2., 3. ve 4. adımlar tekrarlanır.

DD' nde sıklık bilgisi doğrudan ölçek (skala) ile ilişkilidir. DD' nde ölçek sıklık ilişkisi Şekil 3.8' de verilmektedir.



**Şekil 3.8.** Ölçek sıklık ilişkisi (Misiti ve ark., 2002)

Düşük ölçek → Sıkıştırılmış dalgacık → Hızlıca değişen detaylar → Yüksek sıklık  
 Yüksek ölçek → Genişletilmiş dalgacık → Yavaşça değişen kaba özellikler → Alçak sıklık

### 3.1.2. Ayrık Dalgacık Dönüşümü

Her olası ölçekte dalgacık katsayılarını hesaplamak çok fazla işlem yapılmasına neden olur, dolayısıyla çok fazla veri elde edilmiş olur. Eğer ölçekler ve ötelemeler 2'nin katlarını temel alacak şekilde seçilirse, yapılan çözümler çok daha etkin ve

doğru olacaktır. Byolece ADD olarak adlandırılan ozmlleme elde edilmiş olur (Misiti ve ark., 2002). Bu proje süzgeçler kullanılarak ilk olarak 1988 yılında Mallat tarafından geliştirilmiştir. Sonsuz sayıda girişe gereksinim duyduğundan SDD bilgisayar ozmlmeleri için uygun değildir (Gaouda ve ark., 1999). Bilgisayar ozmlmeleri için Eş. (3.3) 'de verilen ADD kullanılır (Uyar, 2008). Verilen bir  $f(t)$  işaretinin j seviye ayrık dalgacık dönüşümü, hem ölçekleme hem de dalgacık fonksiyonu terimleriyle aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$f(t) = \sum_n a_j(n) \phi(t-n) + \sum_n \sum_{j=0}^{J-1} d_j(n) 2^{j/2} \psi(2^j t - n) \quad (3.3)$$

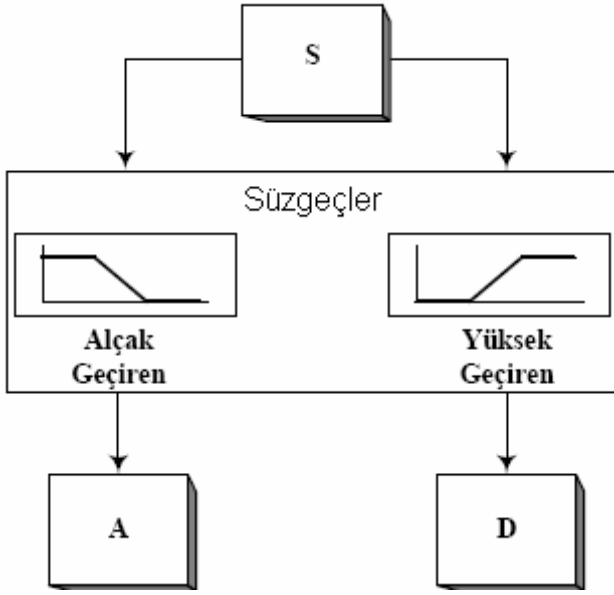
Burada  $a_j$ , J seviye yaklaşım katsayılarını,  $d_j$ , J seviye detay katsayılarını,  $\phi(t)$ , ölçek fonksiyonunu,  $\psi(t)$ , ana dalgacık fonksiyonunu, J dalgacık dönüşümünün en yüksek seviyesini ve t zamanı ifade etmektedir.

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

$\psi(t) = \sqrt{2} \sum_n h_1 \phi(2t - n)$ , ana dalgacık fonksiyonudur.  $h_0$  ve  $h_1$  ise sırasıyla alçak ve yüksek geçiren süzgeç katsayılarıdır (Nguyen ve Strang, 1996).

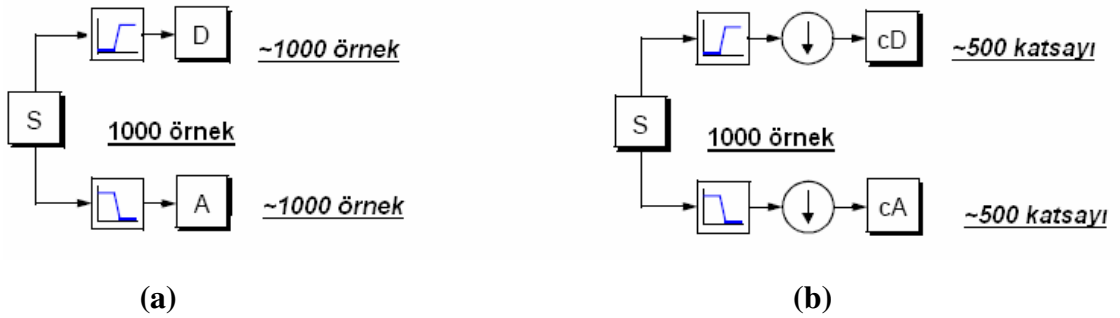
Birçok işaret için işaretin alçak sıklık bileşeni en önemli kısımdır. Çünkü alçak sıklık bilgisi işaretin kimliğini vermektedir. Diğer taraftan yüksek sıklık bileşeni işaretin ince ayrıntısını vermektedir. Ses işareti örnek alınacak olursa sesin yüksek sıklık bileşenini çıkarıldığında ses farklılaşır fakat ne söylendiğini anlayabiliriz. Diğer yandan alçak sıklık bileşenini çıkarıldığında anlamsız ses duyulur. DD' nde de sıkça yaklaşım ve detaylardan söz edilir. Yaklaşımlar yüksek ölçek diğer bir deyişle işaretin düşük sıklık bileşenlerini verir (Misiti ve ark., 2002). Detaylar düşük ölçek yani yüksek sıklık bileşenlerini belirtir. Kabaca süzgeçleme süreci Şekil 3.9.' da verildiği gibidir.

Şekil 3.9.' da ele alınan S işaretinin iki tamamlayıcı süzgeçten geçtiği ve iki işaret olarak ortaya çıktığı görülmektedir.



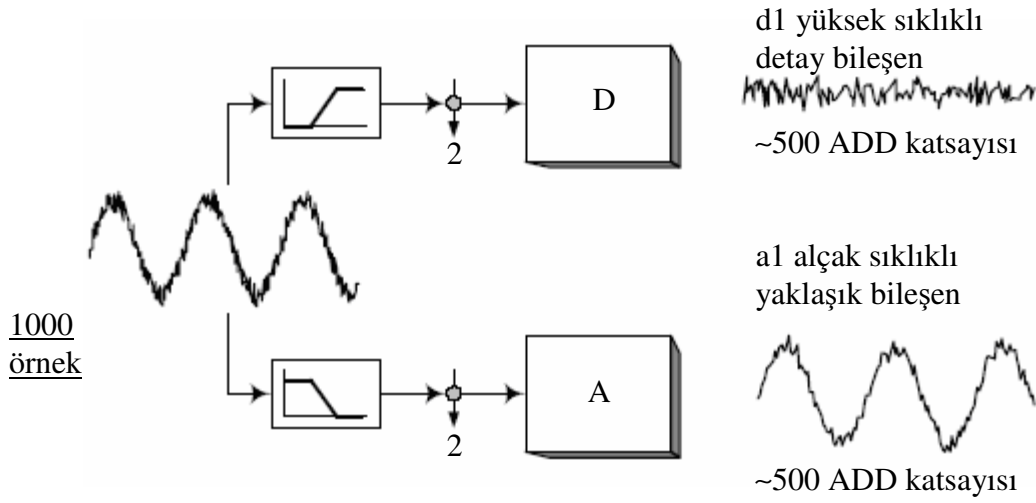
**Şekil 3.9.** S işaretinin A alçak geçiren (yaklaşım) ve D yüksek geçiren (detay) süzgeç katsayıları (Misiti ve ark., 2002)

Fakat gerçek sayısal bir işaret üzerine bir çalışma yapılırsa başlangıçtaki veri sayısı iki katına çıkar. Örneğin 1000 örnekli bir S işareti düşünülürse her bir süzgeç çıkışından 1000 tane olmak üzere toplam 2000 tane veri elde edilir. Her iki süzgeç çıkışında örnekleme sıklığı yarıya düşürülerek bu durum giderilebilir (Misiti ve ark., 2002). Şekil 3.10.b.' de bu durum verilmektedir.



**Şekil 3.10.a.** Veri sayısını iki katına çıkaran süzgeç yapısı **b.** ADD katsayılarını oluşturan indirgeme yapısı (Misiti ve ark., 2002)

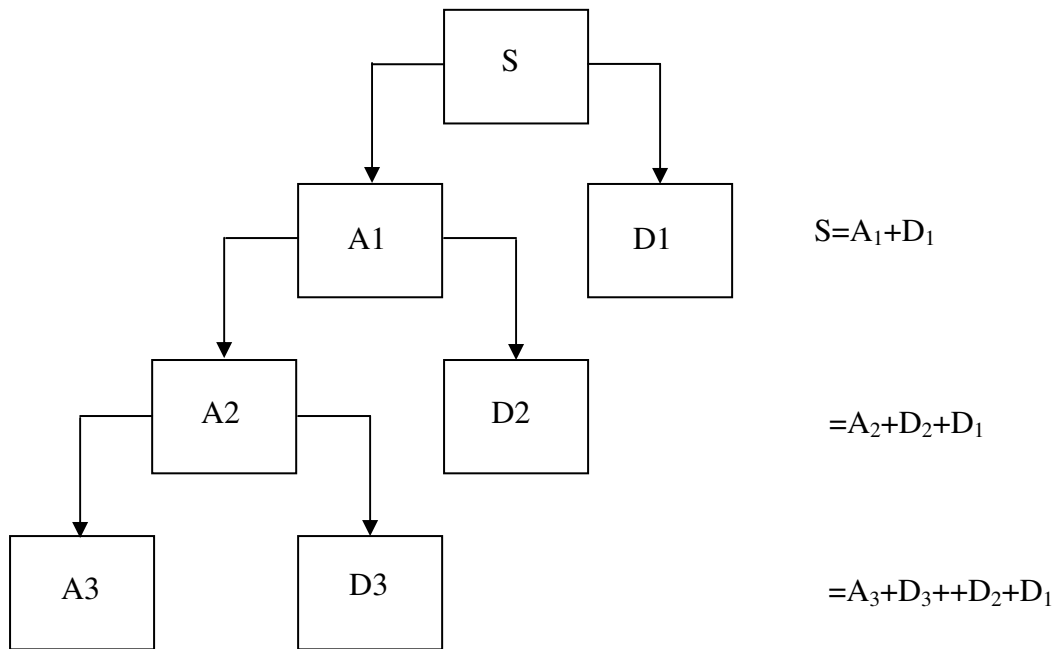
Şekil 3.10.'da verilen durumu gerçek bir işaretle açıklamak için Şekil 3.11.'de üzerine yüksek sıklıklı gürültü bindirilmiş bir sinüs işareti için tek seviyeli ADD katsayılarının hesaplanması verilmektedir.



Şekil 3.11. Tek seviyeli ADD (Misiti ve ark., 2002)

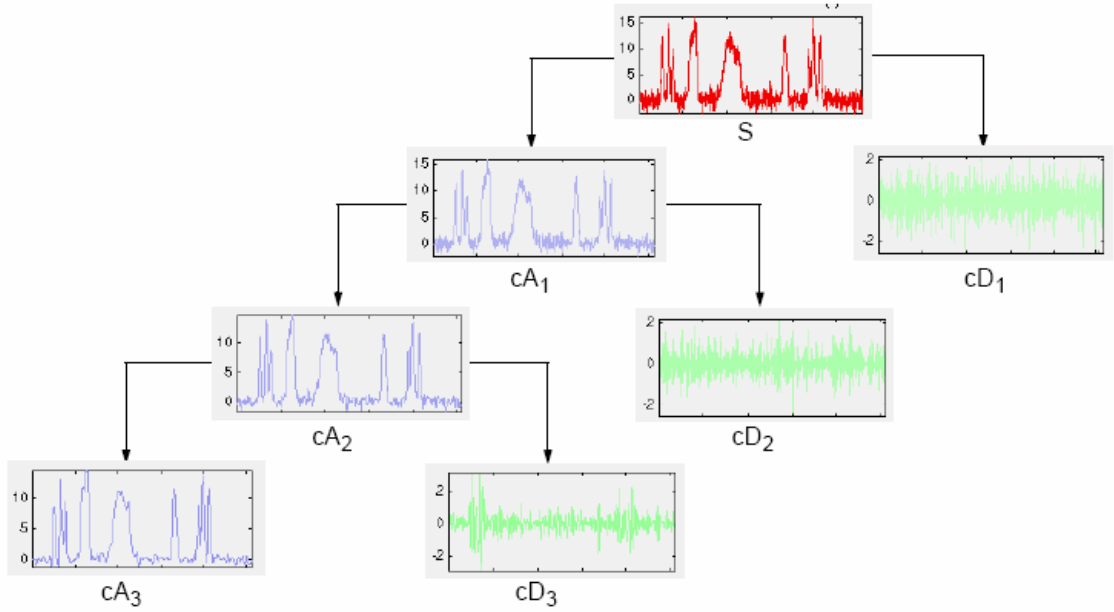
### 3.1.3. Çok Çözünürlüklü Ayrıştırma

Çok çözünürlüklü ayrıştırma işlemi yaklaşım katsayılarının sırasıyla daha az çözünürlüklü alt bileşenine ayırma işlemidir. Bu durum Şekil 3.12.'de gösterildiği gibi birçok kez yapılabilir. Teoride bu işlem sınırsız olarak devam ettirilebilecek gibi görülse de pratikte tek bir örnek kalıncaya kadar ayırma işlemine devam edilir. Pratikte işaretin yapısına veya entropi gibi bazı kriterlere göre uygun bir seviye sayısı seçilir (Misiti ve ark., 2002).



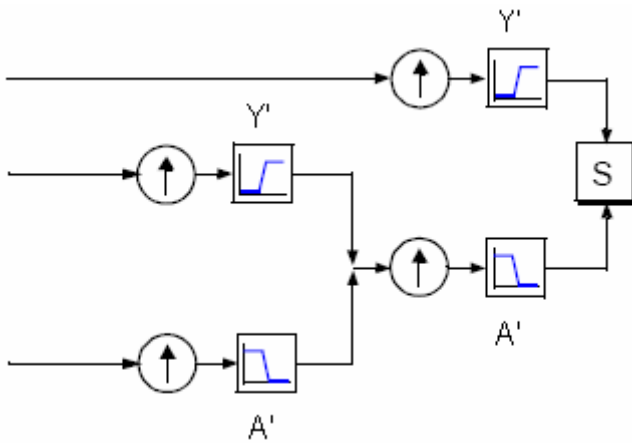
Şekil 3.12. Dalgacık ayrıştırma ağacı (Misiti ve ark., 2002)

Şekil 3.13.'te ise gerçek zamanlı gürültülü bir S işaretinin 3. seviyeden çok çözünürlüklü ayrışımı görülmektedir.



**Şekil 3.13.** Gerçek zamanlı bir S işaretinin 3. seviyeden çok çözünürlüklü ayrışımı (Misiti ve ark., 2002)

DD ana işarete bilgi kaybı olmaksızın işaretin yeniden yapılandırılmasına da olanak vermektedir. Matematiksel olarak ters ayrık dalgacık dönüşümü (TADD) olarak adlandırılır. İşareti yeniden yapılandırmak için dalgacık katsayılarından yararlanır. Bu durum Şekil 3.14.'te verilmektedir (Misiti ve ark., 2002).



**Şekil 3.14.** S işaretinin dalgacık katsayılarıyla yeniden yapılandırılması (Misiti ve ark., 2002)

Eş. (3.4)'te işaretin yeniden yapılandırılmasıyla ilgili eşitlikler verilmektedir. Elde edilen değerler kullanılarak işaret herhangi bir bilgi kaybı olmaksızın tekrar geriye elde edilebilir (Chamberlain, 2002).

$$\begin{aligned}
 S &= A_1 + D_1 \\
 S &= A_2 + D_2 + D_1 \\
 &\cdot \\
 &\cdot \\
 &\cdot \\
 S &= A_n + D_n + D_{n-1} + D_{n-2} + \dots
 \end{aligned} \tag{3.4}$$

Eş. (3.4)'te  $n$  ayrışım seviyesini göstermektedir.  $N$  örnek sayısını göstermekteyse  $N = 2^n$  için  $n$  seviyede ayrışım gerçekleştirilir.

### 3.1.3.1. Daubechies Dalgacık Dönüşümü

Daubechies dalgacık dönüşümü (DDD) Haar Dalgacık dönüşümü ile aynıdır. Tek fark dalgacık ve ölçek fonksiyonlarının içeriğindedir. Çok çeşitli DDD fonksiyonları türetilmiştir. Burada sadece Daubechies-4 yöntemi açıklanacaktır. Daubechies-4 için ölçek ve dalgacık vektörleri aşağıdaki gibi tanımlanmıştır. Daubechies dalgacıkları sonucunda elde edilen ayrışım dik olup, işaretin yeniden yapılandırılmasına da olanak sağlamaktadır (Chamberlain, 2002).

*Ölçek vektörleri:*

$$\begin{aligned}
 V_1^1 &= (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, 0, 0, 0, \dots) \\
 V_2^1 &= (0, 0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, 0, 0, 0, \dots) \\
 V_3^1 &= (0, 0, 0, 0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, 0, 0, 0, \dots) \\
 &\dots \\
 &\dots \\
 V_{\frac{N}{2}-1}^1 &= (0, 0, 0, \dots, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4) \\
 V_{\frac{N}{2}}^1 &= (\alpha_1, \alpha_2, 0, 0, 0, \dots, 0, 0, \alpha_3, \alpha_4)
 \end{aligned} \tag{3.5}$$

Eş. (3.5)'te;

$$\alpha_1 = \frac{1 + \sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, \alpha_2 = \frac{3 + \sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, \alpha_3 = \frac{3 - \sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, \alpha_4 = \frac{1 - \sqrt{3}}{4\sqrt{2}} \text{ dir.}$$

Eş. (3.5) genelleştirildiğinde Eş. (3.6) elde edilir.

$$V_m^1 = \alpha_1 V_{2m-1}^0 + \alpha_2 V_{2m}^0 + \alpha_3 V_{2m+1}^0 + \alpha_4 V_{2m+2}^0 \quad (3.6)$$

İkinci dereceden Daubechies - 4 ölçekleme vektörü Eş. (3.7)'deki gibi ifade edilir.

$$V_m^2 = \alpha_1 V_{2m-1}^1 + \alpha_2 V_{2m}^1 + \alpha_3 V_{2m+1}^1 + \alpha_4 V_{2m+2}^1 \quad (3.7)$$

*Dalgacık vektörleri:*

$$\begin{aligned} W_1^1 &= (\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, 0, 0, 0, \dots) \\ W_2^1 &= (0, 0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, 0, 0, \dots) \\ W_3^1 &= (0, 0, 0, 0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, 0, 0, \dots) \\ &\dots \\ &\dots \\ W_{\frac{N}{2}-1}^1 &= (0, 0, 0, \dots, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4) \\ W_{\frac{N}{2}}^1 &= (\beta_1, \beta_2, 0, 0, 0, \dots, 0, 0, \beta_3, \beta_4) \end{aligned} \quad (3.8)$$

Eş. (3.8)'de;

$$\beta_1 = \frac{1-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, \beta_2 = \frac{\sqrt{3}-3}{4\sqrt{2}}, \beta_3 = \frac{3+\sqrt{3}}{4\sqrt{2}}, \beta_4 = \frac{-1-\sqrt{3}}{4\sqrt{2}} \text{ dir. } N \text{ ise örnek sayısıdır.}$$

$$\beta \text{ ve } \alpha \text{ arasında şöyle bir ilişki vardır: } \beta_1 = \alpha_4, \beta_2 = -\alpha_3, \beta_3 = \alpha_2 \text{ ve } \beta_4 = -\alpha_1.$$

Eş. (3.8) genelleştirildiğinde Eş. (3.9) elde edilir.

$$W_m^1 = \beta_1 V_{2m-1}^0 + \beta_2 V_{2m}^0 + \beta_3 V_{2m+1}^0 + \beta_4 V_{2m+2}^0 \quad (3.9)$$

İkinci dereceden Daubechies -4 dalgacık vektörü Eş. (3.10)'daki gibi ifade edilir (Daubechies, 1992).

$$W_m^2 = \beta_1 V_{2m-1}^1 + \beta_2 V_{2m}^1 + \beta_3 V_{2m+1}^1 + \beta_4 V_{2m+2}^1 \quad (3.10)$$

### 3.2. İstatistiksel Yöntem

Bilindiği gibi enerji iletim ve dağıtım hattı işaretlerinde gürültü de yer almaktadır. Eklenen gürültülerle beraber işaretin Gauss dağılımı göstermesi beklenebilir. Herhangi bir bozucu olmadığında varyansı düşük Gauss karakteristiği

gösteren işaret, herhangi bir bozucu 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 (Hinich, 1982). Gerçek simetrik Gauss dağılımı gösteren sistemlerde çarpıklık (skewness) katsayıları sıfırdır (Ece ve Gerek, 2006). İstatistiksel çözümleme açısından ele alınan gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, harmonik içeren işaret, geçici olay içeren işaret ve kırpışmalı işaretlerin her birinin sırasıyla ortalama değer ( $\mu$ ); standart sapma ( $\sigma$ ); 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:

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.11)$$

olup aritmetik ortalamadır. Standart sapma değeri:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2} \quad (3.12)$$

Dağılımın simetri bozukluğunu gösteren çarpıklık (skewness) katsayısı ise:

$$c = \frac{\sum_{i=1}^N (x(i) - \mu)^3}{N\sigma^3} \quad (3.13)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Çarpıklık katsayılarının hesabında Gamma 1 istatistiği kullanılmıştır. Benzer şekilde en büyük değerinin keskinliğini tanımlayan basıklık (kurtosis) terimi ise Eş. (3.14)'teki gibi hesaplanır (Akıncı ve ark., 2006).

$$k = \frac{\sum_{i=1}^N (x(i) - \mu)^4}{N\sigma^4} \quad (3.14)$$

Dolayısıyla herhangi bir güç kalitesi bozucusu olduğunda işaretin istatistiksel olarak Gauss dağılımından sapsması beklenmektedir. Bu da hem çarpıklık hem de basıklık değerinin hiç bozucu yokken ki durumundan farklı olacağı anlamına gelmektedir (Kocaman ve Özdemir, 2009).



### 3.3. Enerji Yöntemiyle Özellik Çıkarımı

Parseval kuramına göre,  $1 \Omega$  ' luk direnç üzerinden akan akım ayrık bir  $f(n)$  işareti olarak düşünüldüğünde direncin üzerinde harcanan enerji sıklık bölgesinde FD' nün spektrum katsayılarının karelerinin toplamına eşittir (Gaing ve Huang, 2003).

$$\frac{1}{N} \sum_n |f(n)|^2 = \sum_k |a_k|^2 \quad (3.15)$$

Gaing ve Huang, 2003; Uyar ve ark., 2007)

Eş. (3.15)'te N örnekleme dönemini,  $a_k$  ise FD' nün spektrum katsayılarını göstermektedir (Gaing ve Huang, 2003; Uyar ve ark., 2007).

Bu kuramı Eş. (3.15)'i kullanarak ADD' ye uyguladığımızda Eş. (3.16) elde edilir:

$$\frac{1}{N} \sum_t |f(t)|^2 = \frac{1}{N_J} \sum_k |a_J(k)|^2 + \sum_{j=1}^J \left( \frac{1}{N_J} \sum_k |d_j(k)|^2 \right) \quad (3.16)$$

(Gaing ve Huang, 2003; Uyar ve ark., 2007)

Eş. (3.16) ile bozunuma uğramış işaretin enerjisi elde edilmektedir (Uyar ve ark., 2007). Eş. (3.16)'nin sağındaki ilk terim ayrıştırılmış işaretin yaklaşım seviyesini, ikinci terim ise ayrıştırılmış işaretin detay seviyesini belirlemektedir. Eş. (3.16)'daki j ise toplam çözünürlük seviyesini belirtmektedir. Bozunuma uğramış işaretin ayrıntı seviyelerinin enerji dağılımını veren ikinci terim güç kalitesi bozucularına ait özellikleri çıkarmak için kullanılacaktır (Gaing ve Huang, 2003; Uyar ve ark., 2007).

Bu süreç matematiksel olarak Eş. (3.17) ile açıklanabilmektedir (Gaing ve Huang, 2003):

$$P_J = \frac{1}{N_J} \sum_k |d_{j,k}|^2 = \frac{\|d_j\|^2}{N_J} \quad (3.17)$$

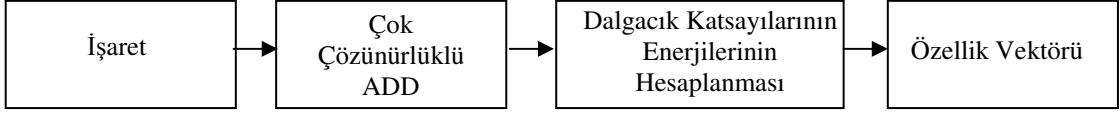
Eş. (3.17)'de,  $\|d_j\|$ ,  $d_j$  katsayılarının normalize edilmiş durumudur. Eş. (3.17), Eş. (3.18) yardımıyla normalize edilmektedir.

$$P_J^D = (P_J)^{1/2} \quad (3.18)$$

Eş. (3.19) ise normalize edilmiş özellik vektörünü belirtmektedir.

$$P_{isaret} = [P_1^D \quad P_2^D \quad \dots \quad P_n^D] \quad (3.19)$$

Önerilen dalgacık tabanlı enerji dağılım özelliği elde edilmesi yönteminin blok diyagramı Şekil 3.15.'te verilmektedir.



**Şekil 3.15.** Dalgacık tabanlı enerji dağılım özelliği elde edilmesi yönteminin blok diyagramı

Bu tez çalışmasında referans olarak saf sinüs işareti alınmış ve gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, harmonikli gerilim, geçici olay içeren gerilim ve kırpışmalı gerilim olmak üzere beş farklı GKB işareti üzerinde incelemeler yapılmış ve her bir işaretin uzunluğu 10 dönem sürecek şekilde alınmıştır. Örnekleme sıklığı 25.6 kHz olarak alındığı için bir döneminde 512 örnek bulunmaktadır. Toplamda 512x10 örnek bulunan işaretlerin özellik vektörü çıkarıldığında bu değer 12x1 boyutla ifade edilmektedir. Böylece veri boyutu yaklaşık olarak 1/427 oranında indirgenmektedir.

### 3.4. Destek Vektör Makineleri

İlk olarak ikili sınıflandırma sorunlarının çözümünde kullanılan destek vektör makineleri (DVM) Vladimir N. Vapnik tarafından ortaya konulan istatistiksel öğrenme teorisine dayalı öğrenme algoritmasıdır (Vapnik, 1999). Yaygın olarak yüz tanıma, el yazısı tanıma, kanser hücrelerinin tanınması, ses tanıma, uzaktan algılanmış görüntülerin sınıflandırılması gibi alanlarda kullanılmaktadır (Kaczmar ve Kubacki, 2005; Jun ve ark., 2005; Li ve ark., 2004).

Karşılaşacağımız veriler, doğrusal olarak ayrılabilen veriler olabileceği gibi çoğu zaman doğrusal olarak ayrılamayan veriler de olabilir. DVM doğrusal ve doğrusal olmayan durumlara uygulanabilir. DVM doğrusal olarak ayrılamayan örnek uzayını  $\emptyset$  dönüşüm fonksiyonu ya da koordinat dönüşüm fonksiyonu ile yüksek boyutlu bir uzaya haritalayarak doğrusal ayrılabilir bir duruma getirip farklı örnekler arasındaki en büyük sınırın bulunması ilkesine dayanmaktadır.

DVM iki sınıflı bir sınıflandırma yöntemidir ve doğrusal ayırım fonksiyonuna dayanmaktadır. Doğrusal olarak ayrılabilen durumlar için N boyutlu bir  $S = \{(x_i, y_i)\}^N$  eğitim kümesi verilmiş olsun. Burada,  $x_i$  giriş verisi,  $y_i \in \{-1, +1\}$ 'den oluşan etiket değerleridir. Başka bir deyişle  $x_i$  giriş verileri ya -1 kümesine ya da +1 kümesine ait

olacaktır. İki sınıfı birbirinden ayıran doğrusal ayırım fonksiyonu Eş. (3.20) 'de verilmektedir (Burges, 1998).

$$f(x) = w^T x + b \quad (3.20)$$

Eş. (3.20)'de  $w=[w_1, w_2, w_3, w_4, \dots, w_n]$ 'den oluşan ağırlık vektörünü,  $b$  sapma (eşik) vektörünü,  $x$  giriş vektörünü,  $f(x)$  çıkış (etiket) değerini göstermektedir. Bir  $x_i$  giriş verisi için  $f(x) > 0$  ise bu veriler birinci sınıfa,  $f(x) < 0$  ise veriler ikinci sınıfa aittir.

Eğer veriler doğrusal olarak ayrılmıyorsa; veriler çekirdek fonksiyonları adı verilen fonksiyonlardan geçirilerek doğrusal olarak ayrılacakları yeni bir uzaya haritalanırlar. Bu durumda ayırım fonksiyonu Eş. (3.21)'de gösterildiği gibi tanımlanmaktadır.

$$f(x) = w^T \phi(x) + b \quad (3.21)$$

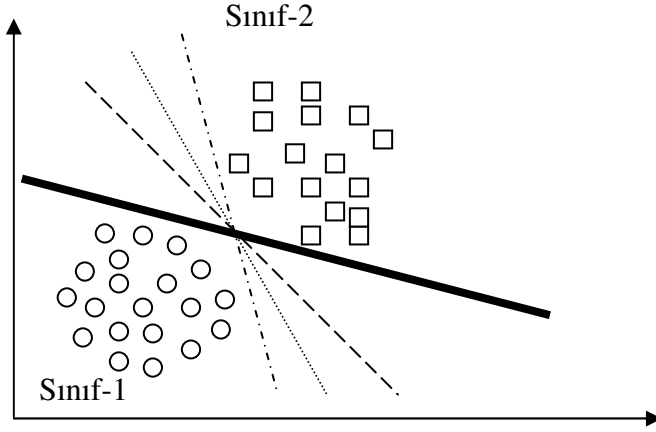
Eş. (3.21)'de  $\phi(x)$  terimi çekirdek fonksiyonundan geçen giriş verisini göstermektedir. Eğer fonksiyonun sonucu sıfırdan büyükse veri sınıf 1'e, sıfırdan küçükse sınıf 2'ye ait olacaktır.

### 3.4.1. Doğrusal Ayrılabilme Durumu

Temelde destek vektör makineleri doğrusal olarak ayırt edilebilen ikili sınıflandırma sorununa dayanmaktadır. DVM ikili sınıflandırma sorununun çözümünden yola çıkarak doğrusal olarak ayırt edilemeyen veya çoklu sınıf sorunlarının çözümünde de kullanılmaktadır.

Şekil 3.16.'da verildiği gibi veriler birbirinden doğrusal olarak ayrılabilirlerinde bu veri setini ayırabilen sonsuz sayıda ayırma düzlemi (hiper düzlem, aşırı düzlem) vardır. DVM bu iki sınıf arasındaki sınırı en büyük yapan ayırt etme yüzeyini belirlemektedir. Ancak sadece bir ayırma düzlemi bu düzlemler arasında en büyük sınıra sahiptir. İyi bir sınıflandırma yapabilmek için sınır genişliğinin en büyük yapılmasına çalışılır (Yıldırım, 2006). Sınır genişliğini sınırlandıran noktalara ise destek vektörleri (DV) adı verilmektedir. Sınır, DV' ler ile ayırma düzlemi arasındaki uzaklığa verilen addır.

Sınıflandırma için eğitim örneklerinden elde edilen destek vektörleri önemlidir. Sınama (karar) aşamasında ise eğitim aşamasında bulunan destek vektörleri kullanılarak daha önceden görülmemiş giriş değerinin hangi sınıfa ait olduğu belirlenmektedir.

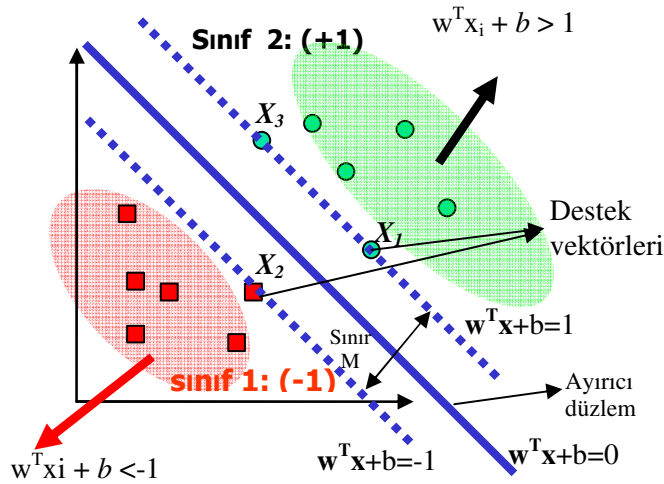


Şekil 3.16. Birden fazla ayırma düzlemi (Alpaslan, 2005)

Ayırma düzlemi üzerindeki noktalar  $w^T x + b = 0$  eşitliğini sağlamaktadır. Eş. (3.22)'de  $x$  noktasının ayırma düzlemine olan dik uzaklığı verilmektedir.

$$\frac{|w^T x + b|}{\|w\|} \quad (3.22)$$

Eş. (3.23)'te  $\|w\| = \sqrt{w^T w}$  ile tanımlanan  $\bar{w}$  vektörünün normunu göstermekte ve öklit uzaklığını belirtmektedir. Şekil 3.17.'de görüldüğü gibi sınıf 1'e ait destek vektörünü oluşturan noktanın ayırım fonksiyonunda aldığı değer -1; sınıf 2'ye ait destek vektörünü oluşturan noktanın ayırım fonksiyonunda aldığı değer +1'e eşittir.



Şekil 3.17. En iyi ayırma düzlemi

Şekil 3.17.'deki iki boyutlu girdiler için,  $x_2$  destek vektörü ile ayırıcı düzlem arasındaki uzaklık  $D$ ,  $x_1$  ve  $x_2$  destek vektörleri arasındaki uzaklık  $M$  ise  $D$  ile  $M$  arasındaki ifade Eş. (3.23)'te verilmektedir.

$$D = \frac{M}{2} = \frac{|w^T x + b|}{\|w\|} = \frac{1}{\|w\|} \quad (3.23)$$

Her iki sınıfa ait destek vektörlerinin ayırma düzlemine olan dik uzaklıklarının toplamı sınır (margin) Eş. (3.24)' te ifade edildiği gibi tanımlanır.

$$M = \frac{2}{\|w\|} \quad (3.24)$$

Eş. (3.24) aynı zamanda amaç fonksiyonumuzu oluşturmaktadır. Amaç, M' yi en büyük yapacak amaç fonksiyonundaki ağırlıkları bulmaktır. Amaç fonksiyonu matematiksel olarak elde edilebileceği gibi grafiksel olarak da elde edilebilmektedir.

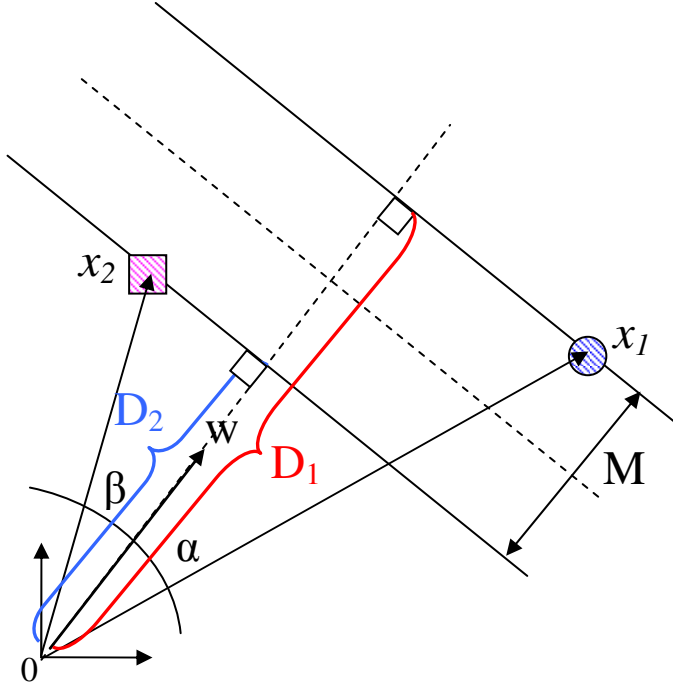
Şekil 3.18.'de  $x_1$  ve  $x_2$  noktaları sınırı sınırlandıran noktalardır.  $x_1$  ve  $x_2$  noktalarının orjinle oluşturdukları yönlü vektörler ise destek vektörleri olarak adlandırılmaktadır. M uzaklığı  $D_1$  ile  $D_2$  dik uzaklıkları arasındaki farktır. M uzaklığı,  $D_1$  ve  $D_2$  arasındaki ilişki Eş. (3.25)' te verilmektedir. İki vektör arasındaki  $\cos(\alpha)$  ve  $\cos(\beta)$ ' nin matematiksel eşitlikleri Eş. (3.26) 'da verilmiştir (Kecman, 2001).

$$D_1 = \|x_1\| \cos \alpha, \quad D_2 = \|x_2\| \cos \beta, \quad M = D_1 - D_2 \quad (3.25)$$

$$\cos(\alpha) = \frac{x_1^T w}{\|x_1\| \|w\|} \quad \text{ve} \quad \cos(\beta) = \frac{x_2^T w}{\|x_2\| \|w\|} \quad (3.26)$$

Eş. (3.26), Eş. (3.25)'da yerine konulursa Eş. (3.27) elde edilmektedir.

$$M = \frac{x_1^T w - x_2^T w}{\|w\|} = \frac{2}{\|w\|} \quad (3.27)$$



Şekil 3.18. En geniş sınıra sahip ayırma düzlemi (Kecman, 2001)

Daha önceden belirtildiği gibi, DVM yöntemindeki amaç eğer veriler doğrusal olarak ayrılabilirse  $y_i = +1$  ve  $y_i = -1$  etiketli örneklere eşit uzaklıkta bulunan en geniş sınıra sahip ayırma düzleminin bulunmasıdır. En geniş sınırın bulunabilmesi ağırlıkların en küçük yapılmasına dayanmaktadır. Bunun için Eş. (3.28)' deki amaç fonksiyonunun en küçük değeri Eş. (3.29) kısıtları altında bulunur (Joachims, 2002).

$$J(w) = \frac{1}{2} \|w\|^2 \quad (3.28)$$

$$y_i (w^T x_i + b) \geq 1 \quad (3.29)$$

Eş. (3.28)'de verilen ifade ikinci dereceden bir optimizasyon sorunudur. Amaç fonksiyonu ile kısıtları birleştirmek için Lagrange çarpanları yöntemi kullanılmaktadır. Lagrange oluşturmak için, kısıt denklemleri pozitif Lagrange çarpanlarıyla çarpılır ve amaç fonksiyonundan çıkarılarak Eş. (3.30) elde edilir. Lagrange çarpanlarının hesaplanmasının daha kolay olması ve sorunun doğrusal olmayan durum için de genelleştirilmesinin daha uygun olması nedeniyle bu çarpanlar kullanılmaktadır (Burges, 1998).

$$L(w, b, \alpha) = \frac{1}{2} \|w\|^2 - \sum_{i=1}^N \alpha_i [y_i (w^T x_i + b) - 1] \quad (3.30)$$

Bu fonksiyonda  $w$  ve  $b$ ' ler yok edilip denklemin sadece  $\alpha_i$ ' lerden (Lagrange çarpanlarından) oluşması sağlanır. Bunun için de fonksiyonun  $w$  ve  $b$ ' ye göre ayrı ayrı türevleri alınıp sıfıra eşitlenir.

$$\begin{aligned}\frac{\partial L(w, b, \alpha)}{\partial w} = 0 &\Rightarrow w = \sum_{i=1}^N \alpha_i y_i x_i \\ \frac{\partial L(w, b, \alpha)}{\partial b} = 0 &\Rightarrow \sum_{i=1}^N \alpha_i y_i = 0\end{aligned}\quad (3.31)$$

Eş. (3.31)'deki eşitlikler Eş. (3.30)'da yerine yazıldığında Eş. (3.32)' de verilen kısıtları içine katılmış, tek bir değişkene ( $\alpha_i$ ) bağlı olan amaç fonksiyonu elde edilmiş olur.

$$L(\alpha) = \sum_{i=1}^N \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \alpha_i \alpha_j y_i y_j x_i^T x_j \quad (3.32)$$

Eş. (3.32)'de,  $x$  giriş verilerini,  $y$  etiketleri göstermektedir. Eşitlikte sadece bilinmeyen Lagrange çarpanlarıdır.

Karush-Kuhn-Tucker (KKT) şartına göre her örnek Eş. (3.35)'i sağlamalıdır (Abe, 2005):

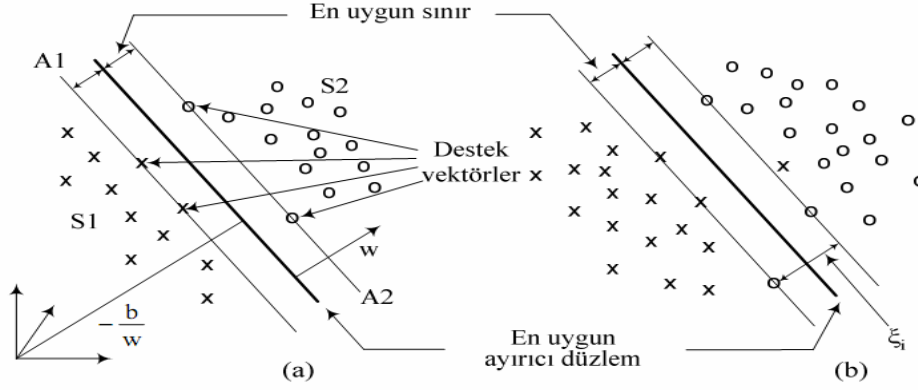
$$\alpha_i \geq 0 \quad (3.33)$$

$$y_i (w^T x_i + b) - 1 \geq 0 \quad (3.34)$$

$$\alpha_i [y_i (w^T x_i + b) - 1] = 0 \quad (3.35)$$

Eş. (3.35)'in sağlanması için ya  $\alpha_i = 0$  veya  $y_i (w^T x_i + b) - 1 = 0$  olmalıdır.  $\alpha_i = 0$  olduğunda  $i$ . veri destek vektörü olmamaktadır ve yeni verilerin sınıflandırılmasında herhangi bir etkisi yoktur. Ancak  $\alpha_i \neq 0$  ise  $i$ . veri destek vektörü olarak adlandırılmaktadır.

Buraya kadar belirtilen işlemler eğitim verilerinin doğrusal ayrılabilirliği durumları için geçerlidir. Eğer veriler doğrusal olarak ayrılamiyorsa kısıtları gevşetmek için yapay/aylak değişkenler ( $\zeta$ ) tanımlanır (Tan ve Wang, 2004). Verilerin doğrusal olarak ayrılabilirliği ve ayrılabilirliği durumlarına ilişkin temsili gösterim Şekil 3.19.'da verilmektedir.



**Şekil 3.19.a.** Doğrusal olarak ayrılabilir durumu **b.** Doğrusal olarak ayrılamama durumu (Uyar, 2008)

Doğrusal olarak ayrılamayan durumda aylak değişkenler Eş. (3.28)' de verilerin doğrusal olarak ayırt edilmesi durumundaki hem amaç fonksiyonuna hem de Eş. (3.29)' da verilen kısıtlara Eş. (3.36) ve Eş. (3.37)' de belirtildiği gibi eklenir (Tan ve Wang, 2004).

$$\frac{1}{2}\|w\|^2 + C \sum_{i=1}^N \zeta_i \quad (3.36)$$

$$\begin{aligned} y_i = +1 \text{ için, } w^T x_i + b &\geq +1 - \zeta_i \\ y_i = -1 \text{ için, } w^T x_i + b &\leq -1 + \zeta_i \\ \zeta_i &\geq 0 \end{aligned} \quad (3.37)$$

Eş. (3.36)'da C parametresi ceza katsayısını belirtmektedir ve kullanıcı girişlidir.  $\zeta_i = 0$  ise  $x_i$  örneği doğru sınıflandırılmıştır, eğer  $0 \leq \zeta_i \leq 1$  ise  $x_i$  örneği doğru sınıflandırılmıştır ancak aşırı düzlemler arasında yer almaktadır,  $\zeta_i > 1$  için  $x_i$  örneği yanlış sınıflandırılmıştır (Uyar, 2008).

Eş. (3.36)' da verilen amaç fonksiyonunu Eş. (3.37)'deki kısıtlar altında en küçük yapmak için Lagrange çarpanları yöntemi kullanılmaktadır.

$$L_p = \frac{1}{2}\|w\|^2 + C \sum_{i=1}^N \zeta_i - \sum_{i=1}^N \alpha_i \{y_i(w^T x_i + b) - 1 + \zeta_i\} - \sum_{i=1}^N \mu_i \zeta_i \quad (3.38)$$

Eş. (3.38)' de  $\mu_i$  terimi,  $\zeta_i$  değerlerinin pozitif olmasını sağlamak için eklenmiştir. Eş. (3.38)'in sadece Lagrange çarpanına bağlı değişimini elde etmek için ifadenin  $w$ ,  $b$  ve  $\zeta$ 'ye göre türevi alınıp sıfıra eşitlenir (Abe, 2005).



$$\begin{aligned}\frac{\partial L_p}{\partial w} = 0 &\Rightarrow w = \sum_{i=1}^N \alpha_i y_i x_i \\ \frac{\partial L_p}{\partial b} = 0 &\Rightarrow \sum_{i=1}^N \alpha_i y_i = 0 \\ \frac{\partial L_p}{\partial \xi_i} = 0 &\Rightarrow C = \alpha_i + \mu_i\end{aligned}\quad (3.39)$$

$$w^T . w = w^T . \sum_{i=1}^N \alpha_i y_i x_i = \sum_{i=1}^N \alpha_i y_i w^T x_i = \sum_{i=1}^N \alpha_i y_i \left[ \sum_{j=1}^N \alpha_j y_j x_j \right]^T x_i = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \alpha_i \alpha_j y_i y_j x_i^T x_j \quad (3.40)$$

Eş. (3.38)'de  $L_p$ ' yi açarsak Eş. (3.41) elde edilir.

$$L_p = \frac{1}{2} w^T . w + C \sum_i \zeta_i - \sum_i \alpha_i y_i w^T x_i - b \sum_i \alpha_i y_i + \sum_i \alpha_i - \sum_i \alpha_i \zeta_i - \sum_i \mu_i \zeta_i \quad (3.41)$$

Eş. (3.39) ve Eş. (3.40) eşitliklerinden elde edilen sonuçlar Eş. (3.41)'de yerine yazıldığında Eş. (3.42) elde edilir.

$$L_p = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \alpha_i \alpha_j y_i y_j x_i^T x_j - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \alpha_i \alpha_j y_i y_j x_i^T x_j + C \sum_{i=1}^N \zeta_i + \sum_{i=1}^N \alpha_i - C \sum_{i=1}^N \zeta_i \quad (3.42)$$

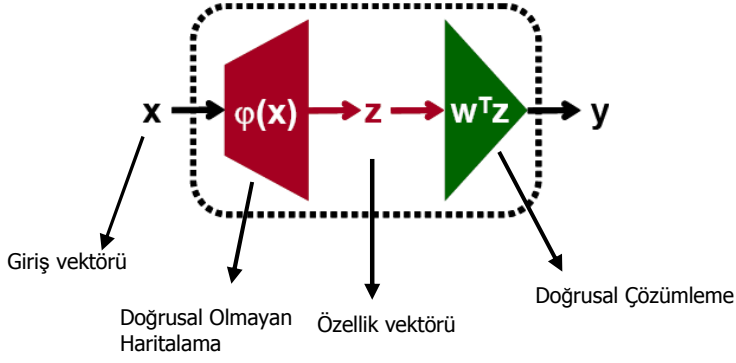
Eş. (3.43)'te Eş. (3.42)'nin en sadeleşmiş şekli verilmektedir.

$$L(\alpha) = \sum_{i=1}^N \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \alpha_i \alpha_j y_i y_j x_i^T x_j \quad (3.43)$$

Verilerin doğrusal olarak ayrılamadığı durumda da amaç fonksiyonu verilerin doğrusal olarak ayırt edildiği durumdaki amaç fonksiyonuyla aynı çıkmıştır. Sadece verilerin doğrusal olarak ayrılamadığı durumda Lagrange çarpanının sınırı  $0 \leq \alpha_i \leq C$  Lagrange çarpanlarının en büyük değeri ceza katsayısı olacak şekilde değişmiştir.

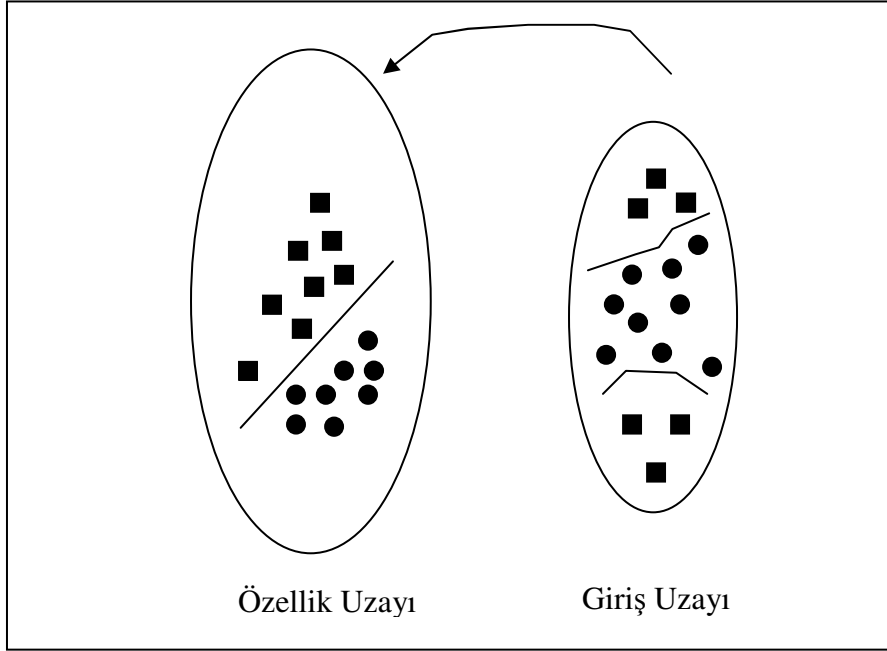
### 3.4.2. Doğrusal Ayrılamama Durumu

Giriş uzayındaki veriler doğrusal olarak ayrılamadığında Şekil 3.20.'de gösterildiği gibi doğrusal olmayan haritalama yapılarak, veriler dönüşüm matrisi ile doğrusal ayrılacakları bir uzaya taşınırlar.



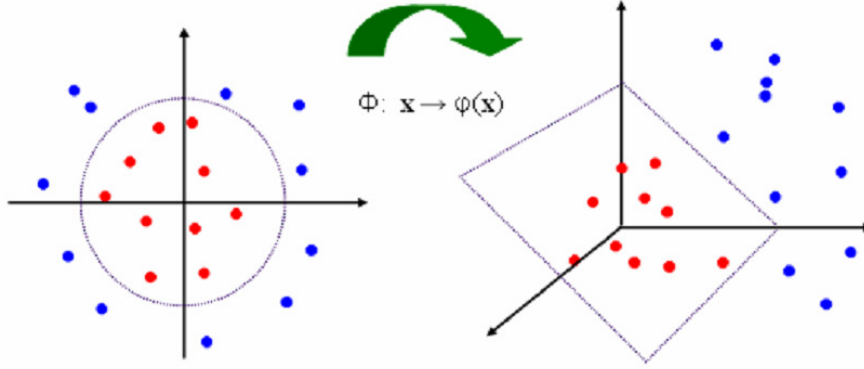
**Şekil 3.20.** Doğrusal olmayan haritalama(Gutierrez, 2010)

Şekil 3.21.'de giriş uzayında doğrusal olarak ayrılamayan verinin  $\phi$  dönüşümü kullanılarak özellik uzayında doğrusal olarak ayrılması sağlanmıştır.



**Şekil 3.21.** Giriş uzayından özellik uzayına geçiş

Şekil 3.21' de belirtildiği gibi doğrusal olarak verilerin ayrılamadığı durumlarda giriş uzayı ile özellik uzayının boyutlarının aynı kalacağı durumlar oluşabileceği gibi Şekil 3.22.'de verildiği gibi özellik uzayı giriş uzayından daha yüksek boyutlu da olabilmektedir. Yüksek boyutlu uzayda verilerin doğrusal olarak ayrılabilceğinin açıklaması, Cover kuramı ile gösterilmektedir (Cover, 1965).



**Şekil 3.22.** Yüksek boyutlu uzayda doğrusal olarak ayrılabilen veri (Demir, 2007)

$\phi$  Dönüşüm fonksiyonu genellikle hesaplanamamakta veya elde edilememektedir. Verilerin dönüşüm fonksiyonuyla aktarıldığı özellik uzayı iç çarpımın tanımlı olduğu Hilbert uzayı olmalıdır. DVM'lerin eğitim algoritması özellik uzayına aktarılan verilere karşılık gelen vektörlerin Eş. (3.44) 'te verildiği gibi iç çarpımlarına eşit olacaktır .

$$\phi(x_i)^T \phi(x_j) = K(x_i, x_j) \quad (3.44)$$

Bu çarpıma çekirdek (kernel) fonksiyonu denilir. DVM' da Mercer koşullarını sağlayan çekirdek fonksiyonları kullanılır (Vapnik, 1999). Mercer kuramı, herhangi bir simetrik pozitif tanımlı matrisin, bir uzaydaki iç çarpım matrisi olarak tanımlanabileceğini belirtmektedir (Pöyhönen, 2004). Doğrusal olarak ayırt edilemeyen sınıflarda çekirdek fonksiyonunun seçimi sınıflandırma başarımını etkilemektedir (Vapnik, 1999). DVM sınıflandırıcılarında yaygın olarak kullanılan çekirdek fonksiyonları Çizelge 3.1.'de verilmektedir.

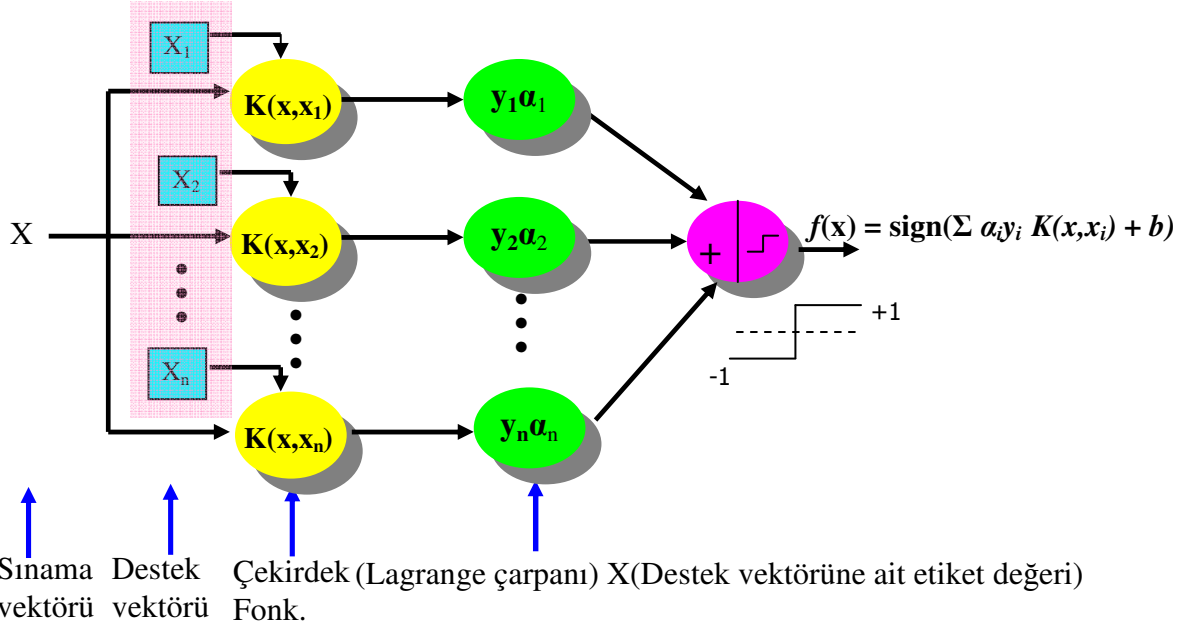
**Çizelge 3.1.** DVM sınıflandırıcılarında yaygın olarak kullanılan çekirdek fonksiyonları (Kocaman ve ark., 2010)

Çekirdek Türü	Çekirdek Fonksiyonu	Parametreler
Doğrusal	$K(x_i, x_j) = x_i^T x_j$	-
Sigmoid	$K(x_i, x_j) = \tanh(\gamma x_i^T x_j - \delta)$	$\gamma$ : kazanç $\delta$ : dengeleme parametresi
Polinomal	$K(x_i, x_j) = (x_i^T x_j + 1)^d$	$d$ : fonksiyonun derecesi
Radyal Tabanlı	$K(x_i, x_j) = \exp(-\gamma \ x_i - x_j\ ^2)$	$\gamma$ : fonksiyonun genişlik parametresi

Özellik uzayında çekirdek fonksiyonu iç çarpımı gerçekleştirdiğinde çekirdek fonksiyonunun belirlenmesi durumunda  $\phi$  dönüşüm fonksiyonunun analitik olarak bilinmesine gerek yoktur. Bu durumda Eş. (3.43)' teki eşitlik yerini Eş. (3.45)' e bırakmaktadır.

$$L(\alpha) = \sum_{i=1}^N \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \alpha_i \alpha_j y_i y_j \phi(x_i)^T \phi(x_j) \quad (3.45)$$

Şekil 3.23.'de DVM modeli iki katmanlı sigmoid bir çekirdek fonksiyonu kullanan, ileri beslemeli bir sinir ağı yapısına denktir (Tan ve Wang, 2004).



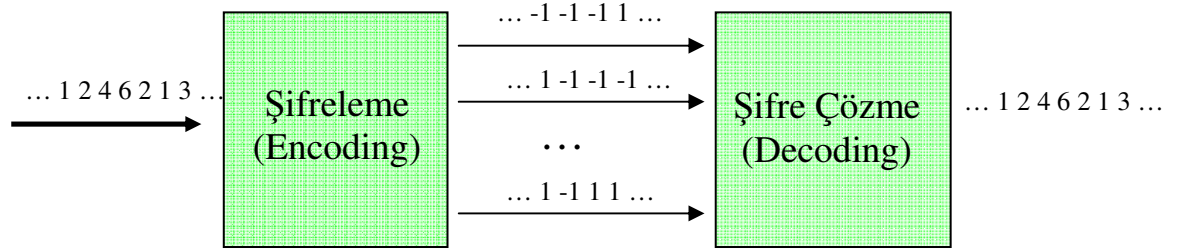
Şekil 3.23. DVM ağı yapısı

DVM yapısı eğitim ve sınav aşaması olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Eğitim aşamasında Eş. (3.45) 'te verilen amaç fonksiyonunun içinde sadece bilinmeyen olarak bulunan Lagrange çarpanlarını bulmak için kuadratik optimizasyon yöntemi kullanılır. Eğer  $\alpha_i > 0$  ise bu Lagrange çarpanlarına karşılık gelen veriler destek vektörleridir (Ganyun ve ark., 2005). Şekil 3.23.'te gösterildiği gibi sınav aşamasında bilinmeyen  $X$  verisi verildiğinde eğitim aşamasında saptanan destek vektörleriyle çekirdek fonksiyonundan geçirilir. Seçilen destek vektörlerinin etiketleri eğitim verisi olduklarından bilinmektedir. Sınav aşamasında  $f(x) = \text{sign}(\sum \alpha_i y_i K(x, x_i) + b)$  karar fonksiyonunun işaretine göre bilinmeyen  $X$  verisinin sınıfı belirlenmektedir.

### 3.4.3. Çok Sınıflı Destek Vektör Makineleri

DVM'ler aslında ikili sınıflandırma sorunlarına çözüm üretmek için tasarlanmıştır. Ancak gerçek uygulamaların çoğunda çok sınıflı DVM'lere gereksinim duyulmaktadır. Örneğin güç kalitesi bozucularını sınıflandırmada birçok bozucu olduğundan sağlıklı durumdan ayırt edilmesini çok sınıflı DVM'ler yapmaktadır. Bu nedenle, son yıllarda çok sınıflı DVM olarak isimlendirilen ve ikiden fazla veri kümesini sınıflandırabilen yöntemler önerilmiştir. En yaygın olarak kullanılan çoklu sınıflandırma yöntemleri bire karşı-bir (BKB) ve bire karşı-diğerleri (BKD) yöntemleridir (Hsu ve Lin, 2002)

Çok sınıflı DVM' de, DVM ikili sınıflandırma yapacak şekilde çalışacağından çok sınıflı sınıflandırma yapmadan önce verilere ait etiketler ikili sınıflandırmaya uygun şekle dönüştürülmektedir. Bu yüzden veriler sınıflandırma yapılmadan önce şifrelenir, sınıflandırma sonrasında ise verinin sınıf etiketi şifre çözme işlemi ile uygun sınıf etiketine dönüştürülür. Bu durum Şekil 3.24.'te verilmektedir.

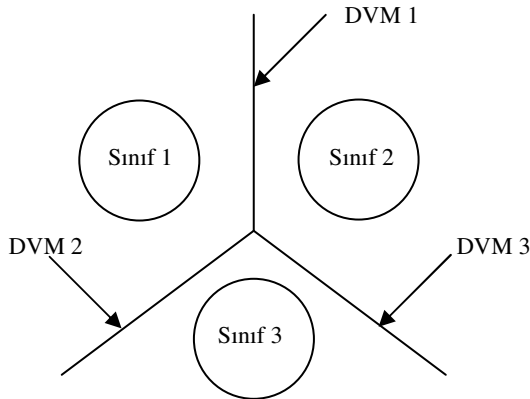


Şekil 3.24. Çoklu sınıflandırmada şifreleme-şifre çözme

BKB yönteminde her makine, bir sınıfa karşı diğer tek bir sınıf alınarak eğitilir.

Eğer  $k$  adet sınıf sayısı varsa  $\frac{k(k-1)}{2}$  tane sınıflandırıcı yapılandırılmaktadır. Şekil

3.25.'te BKB çoklu sınıflandırma yönteminin yapısı verilmektedir.



Şekil 3.25. BKB çoklu sınıflandırma yönteminin yapısı (Knerr ve ark.,1990)

i. ve j. sınıflara ait veriler bu sınıflandırıcılar ile eğitilir. Bu yöntem kullanılarak ikili sınıflandırma Eş. (3.46)'daki sorun çözümlenerek elde edilir.

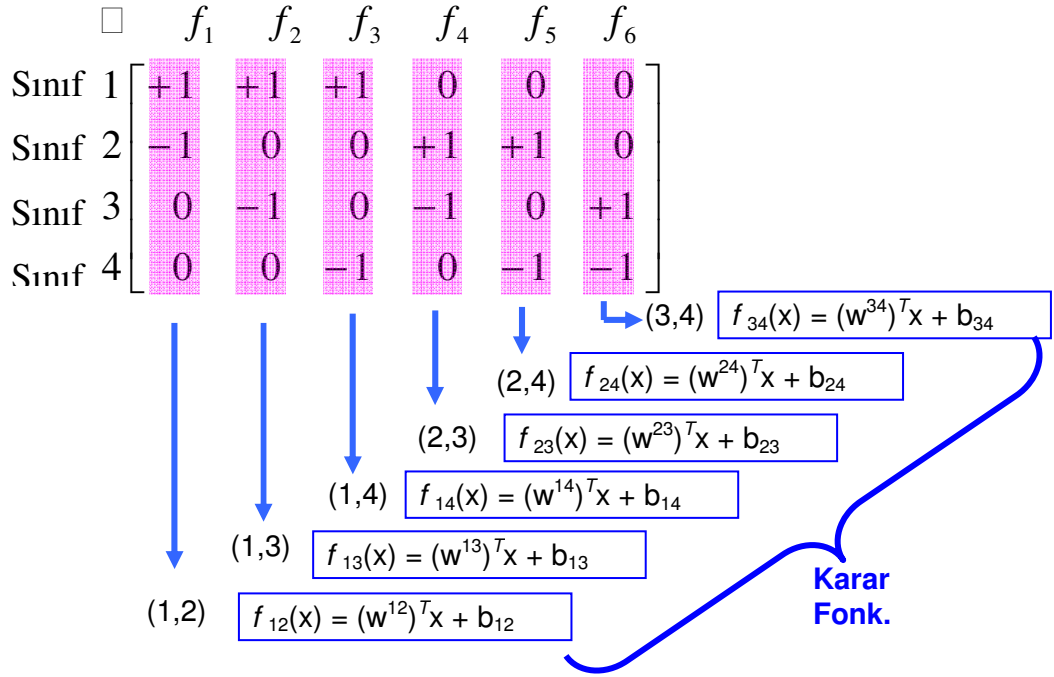
$$\min_{w^{ij}, b^{ij}, \xi^{ij}} \frac{1}{2} \left( (w^{ij})^T w^{ij} \right) + C \sum_t \xi_t^{ij} (w^{ij})^T$$

$$(w^{ij})^T \phi(x_t) + b^{ij} \geq 1 - \xi_t^{ij}, \quad \text{eger } y_t = i \quad (3.46)$$

$$(w^{ij})^T \phi(x_t) + b^{ij} \leq -1 + \xi_t^{ij}, \quad \text{eger } y_t = j$$

$$\xi_t^{ij} \geq 0$$

$\text{sgn} \left( (w^{ij})^T \phi(x_t) + b^{ij} \right)$  işaretinin değerine x verisinin hangi sınıfa ait olduğunu belirlemek için bakılır. Eğer  $\text{sgn} \left( (w^{ij})^T \phi(x_t) + b^{ij} \right)$  eşitliğinin işareti x verisinin i. sınıfa ait olduğunu gösterirse i. sınıfın oyu bir artar, değilse j. sınıfın oyu bir artmaktadır. En yüksek oyu alan sınıf x verisinin sınıfıdır. Eğer oylama sonuçları eşit çıkarsa indeksi küçük olan tercih edilmektedir (Knerr ve ark., 1990). Şekil 3.26.'da dört sınıfa ait altı sınıflandırıcı yapılandırılmış ve her bir sınıflandırıcı için etiketler yeniden düzenlenmiştir. Karar fonksiyonu kod matrisindeki her bir sütun için hesaplanır ve bu karar fonksiyonunun sonuçlarına bakılarak çoğunluk oylaması yapılır. X verisinin hangi sınıfa ait olduğunu belirlemek için o sınıfın puanı bir arttırılır ve sonunda en fazla oyu alan sınıf kazanır. Çizelge 3.2.'de oylama sonuçları ve Çizelge 3.3.'te oylama sonucunda kazanan sınıf verilmektedir. Çizelge 3.3.'e göre en fazla oyu alan sınıf 1 olduğundan x verisinin sınıf 1'e ait olduğu görülmektedir.



Şekil 3.26. BKB DVM (Kod Matrisi)

Çizelge 3.2. Oylama sonuçları

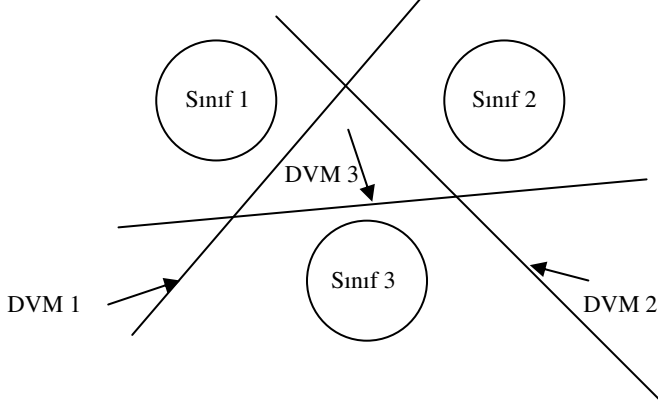
Sınıflar	Kazanan
1 2	1
1 3	1
1 4	1
2 3	2
2 4	4
3 4	3

Çizelge 3.3. Oylama sonucunda kazanan sınıf

Sınıf	1	2	3	4
Oylar	3	1	1	1

BKD yöntemi ise çoklu sınıflandırmada kullanılan en eski ve en yaygın yöntemdir. Bu yöntemde ise  $k$  adet sınıf varsa  $k$  adet ikili sınıflandırıcı oluşturulur (Yıldırım, 2006). Bu yöntemde her örnek kümesi, geri kalan tüm örnekler bir kümeye aitmiş gibi varsayılarak eğitilir ve  $k$  tane eğitim işlemi  $k$  adet sınıf olması durumunda yapılır.  $i$ . sınıftaki veriyi pozitif etiketli, diğerlerini negatif etiketli olarak alır (Yıldırım, 2006). Sınama aşamasında ise gelen örneğin hangi sınıfa ait olduğu eğitim aşamasında

elde edilen DV'ler kıyaslanarak bulunur. Şekil 3.27.'de BKD çoklu sınıflandırma yönteminin yapısı verilmektedir.

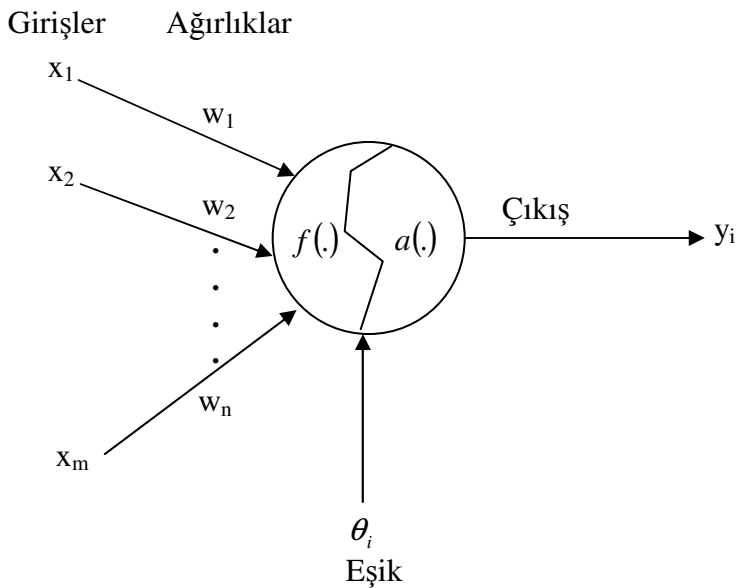


Şekil 3.27. BKD çoklu sınıflandırma yönteminin yapısı (Knerr ve ark.,1990)

### 3.5. Yapay Sinir Ağı Sınıflandırıcıları

Yapay sinir ağları (YSA), biyolojik nöron hücrelerinin öğrenme karakteristikleri ve yapısı temel alınarak oluşturulmuş bir hesaplama sistemidir. YSA, çok fazla sayıda birbirine bağlanan işlem elemanlarından oluşmakta, bağlantı ağırlıklarıyla bilgiyi tutmakta ve YSA'nın eğitim verisi ile ayarlanan bağlantı ağırlıklarıyla hatırlama, genelleme ve öğrenme yetenekleri sağlanmaktadır. YSA'nın tepkisi tamamen yerel bilgilere bağlıdır.

Şekil 3.28' de biyolojik nörondan yola çıkılarak ortaya konulmuş basit bir matematiksel model gösterilmektedir (Uyar, 2008).



Şekil 3.28. Bir nöron hücrelerinin matematiksel modeli



Eş. (3.47)' de bu modeldeki  $i$ . işlem elemanının çıkışı verilmektedir.

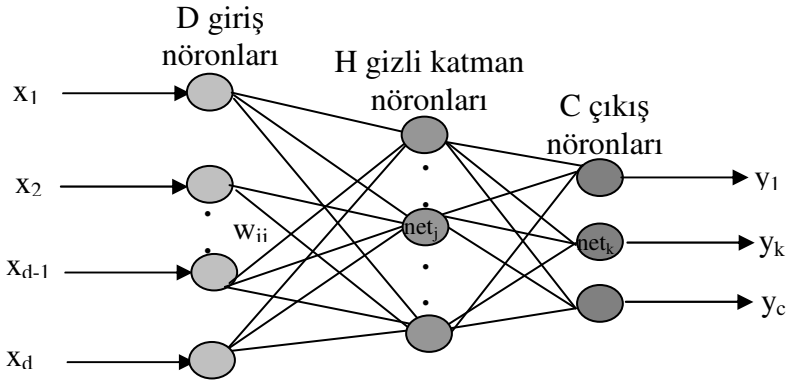
$$y(t+1) = a\left(\sum_{j=1}^m w_{ij}x_j(t) - \theta_i\right) \quad (3.47)$$

Eş. (3.47)' de,  $a(\cdot)$  etkinleştirme fonksiyonunu,  $\theta_i$ ,  $i$ . işlem elemanının eşik değerini,  $x_j$ , giriş bilgilerini,  $w_{ij}$ , ağırlıkları belirtmektedir.  $x_j$  giriş bilgilerini bir işlem elemanı bağlı buldukları  $w_{ij}$  ağırlıkları üzerinden birleştirerek bir net değeri üretir.  $i$ . işlem elemanının net değeri Eş. (3.48)' de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$f_i \underline{\Delta} net_i = \sum_{j=1}^m w_{ij}x_j - \theta_i \quad (3.48)$$

Net değerinin bir  $a(\cdot)$  etkinleştirme fonksiyonundan geçirilmesi her bir işlem elemanının çıkış değeri üretebilmesi için gereklidir. İşlem elemanlarının çok geniş aralıktaki çıkışını belirli aralıkta tutmak için etkinleştirme fonksiyonları kullanılmaktadır. Etkinleştirme fonksiyonlarından dolayı her bir işlem elemanının tepkisi yumuşak olmaktadır. Yaygın olarak kullanılan bazı etkinleştirme fonksiyonları, tek ve çift yönlü sigmoid fonksiyonlar, signum, rampa ve birim basamaktır. Genel olarak bir YSA' da 3 çeşit katman bulunmaktadır. Giriş katmanı sinir ağının dış dünya ile bağlantısını kurmaktadır. Bu katmanda genellikle bilgi işlenmez. Giriş katmanındaki işlem elemanları aldıkları bilgiyi herhangi bir değişikliğe uğratmadan ara katmandaki işlem elemanına aktarırlar. Ara katmanların gelen bilgiyi işleme yetenekleri bulunmaktadır. Çıkış katmanı ise sinir ağının kararlarını dış dünyaya aktarmaktadır.

Örüntü sınıflandırmak için tüm YSA modellerini kullanmak mümkündür. En güçlü ve en çok sıklıkla kullanılan örüntü sınıflandırıcısı olarak ileri beslemeli ağ görülmektedir. Şekil 3.29' da ise çok katmanlı ileri beslemeli YSA modeli verilmektedir (Uyar, 2008).



Şekil 3.29. Çok katmanlı ileri beslemeli YSA modeli

Çok katmanlı ileri beslemeli YSA'nın eğitiminde çeşitli eğitim yöntemleri kullanılmaktadır. Fakat literatürde en başarılı sonuçların geri yayılım yöntemiyle elde edildiği görülmektedir. YSA'nın katmanlarında kaç nöron olacağı ve YSA'nın kaç katmanlı olacağı ve yine etkinleştirme fonksiyonunun seçimi uygulamalara göre değişmektedir. YSA'nın farklı türleri güç kalitesi sorunlarının çözümlemelerinde kullanılmaktadır ve en yaygın olarak kullanılanı ise geri yayılım yöntemini kullanan çok katmanlı ileri beslemeli YSA sınıflandırıcılardır ancak kullanılacak ara katman nöron sayısının, YSA'nın kaç katmanlı olacağını, etkinleştirme fonksiyonunun seçiminin farklı denemeler sonucunda belirlenmesi, eğitim aşamasında yerel minimuma takılması ve eğitim sürelerinin uzun olması nedeniyle YSA'nın kullanım zorluğu bulunmaktadır.

### 3.6. Bayes Karar Kuramı

Sınıflandırma işlemine Bayes kuramı olasılık sorunu gibi yaklaşmaktadır. Farklı çeşitlerdeki Bayes sınıflandırıcıların temel yapıları aynıdır (Avcı ve ark., 2004).  $x$  sınıflandırılması istenilen örneği gösterdiğinde sonraki olasılıklar için bazı önceki olasılıkların hesaplanmaları gerekmektedir. Bunların başlıcaları sınıf dağılımını belirtmekte kullanılan ortalama, standart sapma ve özdeğişinti matrisleridir.

$$\begin{aligned}\mu(x) &= E[x] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \\ \sigma(x) &= E[(x - E[x])^2] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu(x))^2\end{aligned}\tag{3.49}$$

Eş. (3.49)' da  $\mu(x)$  ortalama değeri,  $\sigma(x)$  standart sapmayı,  $E[x]$  ise  $x$  değişkeninin beklenen değerini belirtmektedir. Özelliklerin birbirleri arasındaki ilişkiyi ortaya koyan özdeğişinti matrisi özellik vektörünün boyutu 1' den büyük olduğunda söz konusudur (Oral, 2010).

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1d} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{2d} \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ \sigma_{d1} & \sigma_{d2} & \dots & \sigma_{dd} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1d} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \dots & \sigma_{2d} \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ \sigma_{d1} & \sigma_{d2} & \dots & \sigma_d^2 \end{bmatrix}\tag{3.50}$$

Eş. (3.49) ve Eş. (3.50) ile  $C_i$  sınıfının Gauss (normal) dağılımı Eş. (3.51)' de belirtildiği gibidir.

$$p(x|C_i) = \frac{1}{\sqrt{\det(\sum_{ci})} (2\pi)^d} e^{-\frac{(x-\mu_{ci})^T \sum_{ci}^{-1} (x-\mu_{ci})}{2}} \quad (3.51)$$

$C_1, C_2, \dots, C_k$  olan  $k$  tane sınıf bulunduğunda Bayes kuramına göre  $x$  örneğinin  $C_i$  sınıfında olma olasılığı Eş. (3.52)' deki gibi hesaplanır.

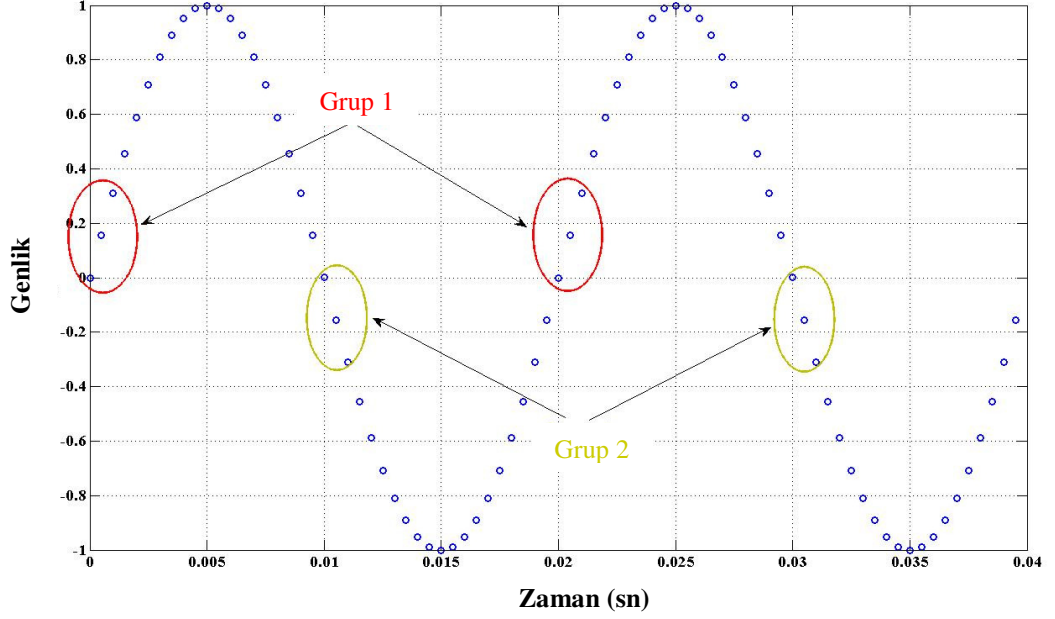
$$P(C_i|x) = \frac{P(C_i)p(x|C_i)}{\sum_{j=1}^k P(C_j)p(x|C_j)} \quad (3.52)$$

$P(C_i|x)$  Olasılıklarının en büyüğü tüm olasılık değerleri hesaplandıktan sonra belirlenerek  $x$  örneğinin bu sınıfta olduğuna karar verilir (Avcı ve ark., 2004).

### 3.7. Sıklık Tahmini İçin Eğri Uydurma Yaklaşımı

Bu yöntem en küçük kareler yaklaşımı tabanlı eğri uydurma yaklaşımıdır ve sadece akım veya gerilimdeki altı örneğe gereksinim duymaktadır (Kocaman ve ark., 2010)

Bu örnekler işaret sıfıra yakın yerden geçerken işaretin sıfırdan yükselen veya düşen kısmından seçilebilir. Şekil 3.30.'da alınan örneklerin yeri belirtilmiştir.



**Şekil 3.30.** Sıklık tahmini için eğri uydurma yönteminin gösterimi (Kocaman ve ark., 2010)

Örnekleilmiş işaretten güç sıklığı tahmini için sadece Grup 1 veya sadece Grup 2'deki örnekleri seçmek yeterlidir. Bu seçim işleminde sayısal fark ve farkın işareti önem kazanmaktadır. Sayısal fark Eş. (3.53)' de verildiği gibi hesaplanır.

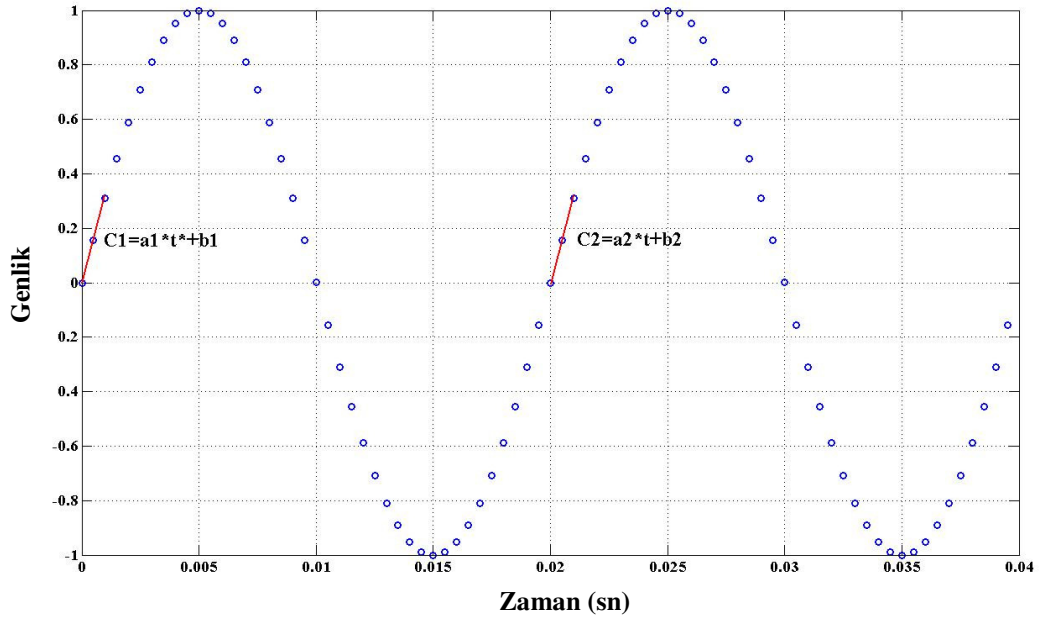
$$fark(y) = \frac{y(k+1) - y(k)}{h} \quad (3.53)$$

Eş. (3.53)'de  $h$  örnekleme aralığı,  $y(k)$  normalize edilmiş giriş işareti,  $k=1,2,3,\dots,N$ ' dir ve  $N$  ise toplam örnek sayısıdır.

Grup 1 ve Grup 2'ye bağlı olarak iki matris elde edilir ve her bir matris  $2 \times 3$  boyutludur. Matrisin ilk satırı zaman bilgisini verirken ikinci satırı, örnekleilmiş işaretin genlik bilgisini vermektedir. En küçük kareler yaklaşımı tabanlı eğri uydurma yöntemi elde edilen matrisin satırlarına uygulanır ve Eş. (3.54)'de verilen iki denklem elde edilir (Kocaman ve ark., 2010).

$$\begin{aligned} C1 &= a1 * t + b1 \\ C2 &= a2 * t + b2 \end{aligned} \quad (3.54)$$

Eğri uydurma işleminin şekilsel gösterimi Şekil 3.31.'de verildiği gibidir.



**Şekil 3.31.** Seçilen örneklerden C1 ve C2 eğimlerinin elde edilmesi (Kocaman ve ark., 2010)

C1 ve C2 eğimleri elde edildikten sonra her bir C değerini sıfır yapan zaman bilgisi hesaplanır. Güç sıklığı ise Eş. (3.55)'de verildiği gibi hesaplanır.

$$f = \frac{1}{|ti2| - |ti1|} \quad (3.55)$$

Eş. (3.55)'de  $ti1$ ,  $C1 = 0$  yapan ( $ti1 = \frac{-b1}{a1}$ ) zaman bilgisidir ve  $ti2$ ,  $C2=0$  yapan

( $ti2 = \frac{-b2}{a2}$ ) zaman bilgisidir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Güç Kalitesi Bozucularının İstatistiksel Yöntem İle Çözümlemesi

Gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, harmonikli gerilim, geçici olay içeren gerilim ve kırpışmalı gerilim sinüsün sıfır geçiş noktasında MATLAB' da oluşturulmuştur.

Örnekleme sıklığı 25.6 kHz alınmıştır. Yöntem, gerçek sistemden alınan verilere de uygulanacağından benzetim çalışmalarında da bu örnekleme sıklığı seçilmiştir. Gerçek sistemden alınan veriler de 25.6 kHz sıklığında örneklendiği için benzetim çalışmalarında da aynı sıklık değerinin alınmasının uygun olacağı düşünülmüştür.

IEC 61000-4-30 Standartına uygun olarak toplam on dönemlik bir çalışma aralığı varsayılmış olup on dönemin ilk ikisi sağlıklı, sonra gelen üç dönem bozucu içeren (gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi ve harmonikli işaretten herhangi biri), daha sonra gelen beş dönem de yine sağlıklı olarak varsayılmıştır. Bu çalışmada, ele alınan 10 dönemlik işaret içerisinde bozucunun olup olmadığı irdelenmektedir, bozucu var ise hangi tür bozucunun olduğu bilgisine ulaşılmaya çalışılmak istenmekte, o bozucuya ilişkin standartlardaki değerleri aşp aşmadığı denetlenmektedir. Örneğin işarete kırpışma var yok bilgisine standartlarda işaretin  $P_{st}$  ve  $P_{lt}$  değerlerine bakılarak karar vermeye çalışılmaktadır. Bu durumda ele alınan işaretlerden  $P_{lt}$ ' nin hesaplanabilmesi için 2 saatlik,  $P_{st}$ ' nin hesaplanabilmesi için 10 dakikalık örneklere gereksinim duyulacaktı. Amaç bozucunun var yok bilgisinin bulunmasıdır. Bozucunun türüne karar verildikten sonra standartlardaki belirlenen değerlerini aşp aşmadığı bilgisi gelecek çalışmalarla desteklenecektir.

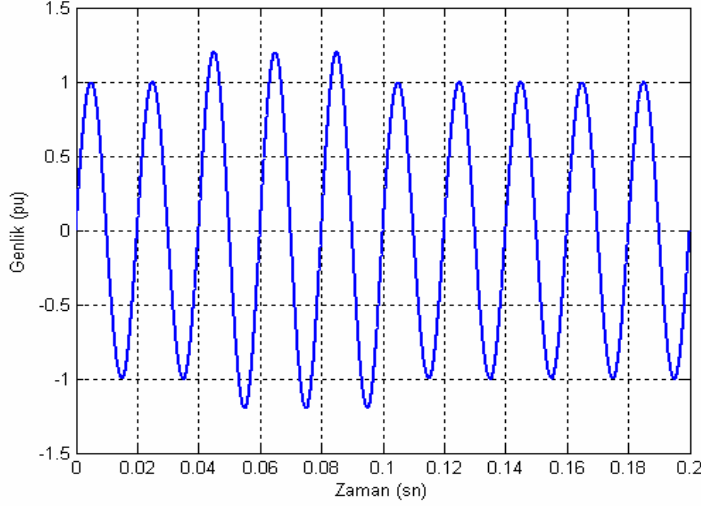
Geçici olay ise, 0.04 ve 0.1' inci sn' lerde iki kez oluşturularak her defasında 35 ms sürdürülmüştür. Kırpışmalı işaret ise bir dönem saf sinüs, ardından yedi dönem kırpışma içeren işaret ve sonrasında iki dönem saf sinüs olarak alınmıştır. Oluşturulan işaretlerin bölgesel pencereler içerisinde çarpıklık ve basıklık katsayıları 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 anlarını da tespit etmektedir. Bozucuların ayırt edilmesinde sadece çarpıklık veya sadece basıklık katsayılarının yeterli olmadığı ayırımın yapılabilmesinin her iki katsayının da aynı anda hesaplanmasına bağlı olduğu görülmüştür. Bozucular,

sinüsün sıfır geçişlerinden geçerken oluşturulduğundan, bu yöntem bu aşamada sadece bu noktalarda bozucu oluşması durumu için denenmiştir.

Şekil 4.1., 4.3., 4.5., 4.7. ve 4.9. oluşturulan beş farklı bozucuyu, Şekil 4.2., 4.4., 4.6., 4.8. ve 4.10. ise bu bozucuların çarpıklık ve basıklık katsayılarının değişimini göstermektedir. Şekil 4.2., 4.4., 4.6., 4.8. ve 4.10.'dan yöntemin bozucunun bittiği anı bir dönemlik zaman gecikmesiyle algıladığı görülmektedir. Bu gecikme ise kullanılan pencere boyutundan kaynaklanmaktadır.

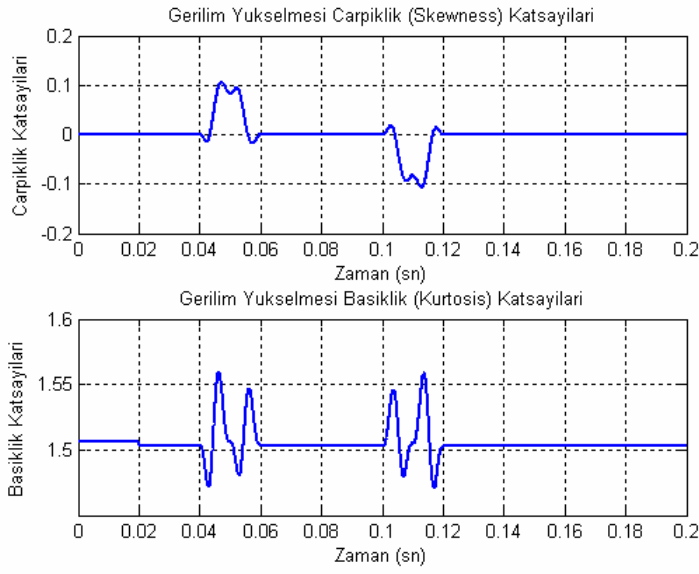
#### 4.1.1. Gerilim Yükselmesi İşaretinin İstatistiksel Yöntemle Çözülmesi

Şekil 4.1.'de, MATLAB' da oluşturulan ve genliği %120 olan, üç dönem süren gerilim yükselmesi içeren işaretin değişimi görülmektedir.



**Şekil 4.1.** Benzetimi yapılan gerilim yükselmesi içeren işaret

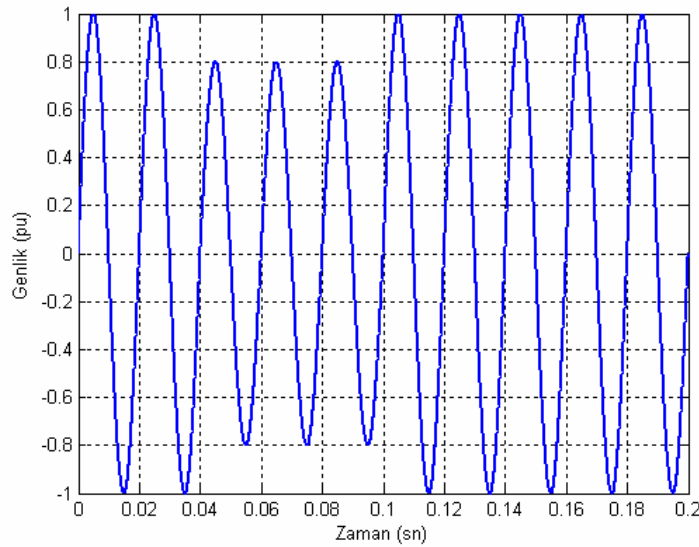
Şekil 4.2.'de, benzetimi yapılan gerilim yükselmesi içeren işaretin çarpıklık ve basıklık katsayılarının değişimi verilmiştir. Görüldüğü gibi, gerilimin genliğinde yükselme gözlenmediğinde çarpıklık katsayıları sıfır, bozucunun başladığı anda çarpıklık katsayılarında bir artış ve bozucunun bitirildiği anda ise azalış göze çarpmaktadır. 0.04-0.1 sn aralığında işaretin sıklığı değişmeyip sadece genliği %120'e yükseldiğinden dolayı çarpıklık katsayıları sıfır olmaktadır. Bozucunun oluşturulduğu anlar basıklık katsayılarıyla da kestirilebilmektedir. Basıklık katsayılarına da bakıldığında bozucunun başlangıç ve bitiş anlarının gözlenebildiği açıkça görülmektedir.



**Şekil 4.2.** MATLAB’ da oluşturulan gerilim yükselmesi işaretinin çarpıklık ve basıklık katsayıları

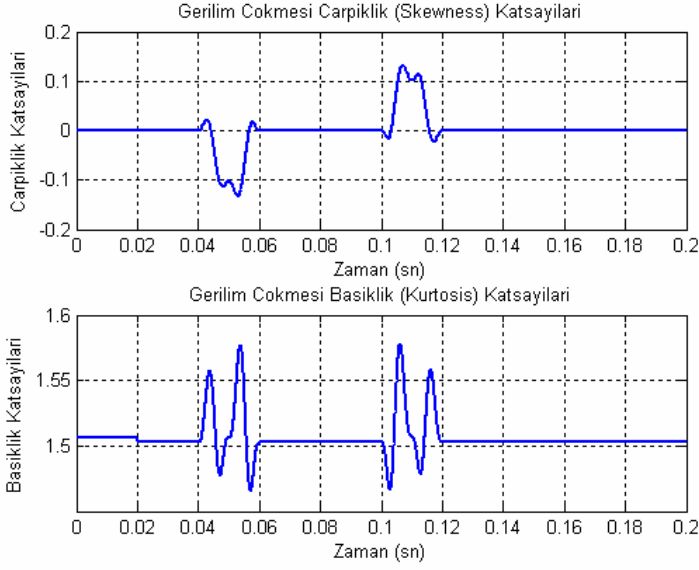
#### 4.1.2. Gerilim Çökmesi İşaretinin İstatistiksel Yöntemle Çözümlemesi

MATLAB’ da genliği %80 olan ve üç dönem süren gerilim çökmesi içeren işaret oluşturulmuş ve benzetimi yapılan işaret Şekil 4.3.’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.3.** Benzetimi yapılan gerilim çökmesi içeren işaret



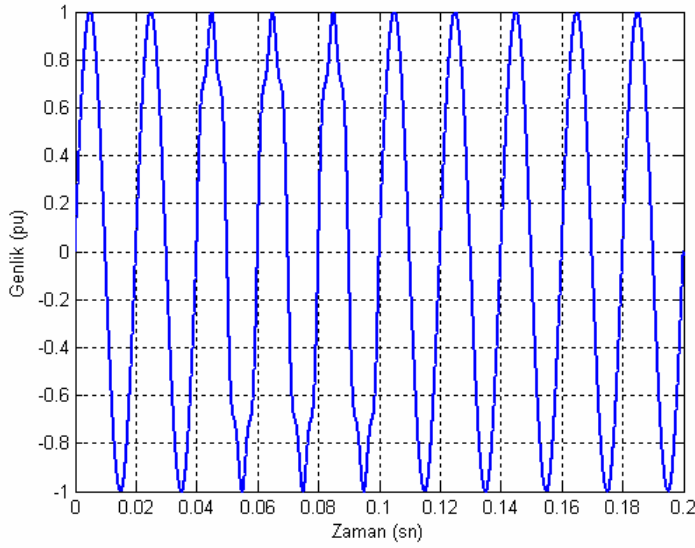


**Şekil 4.4.** MATLAB’ da oluşturulan gerilim çökmesi işaretinin çarpıklık ve basıklık katsayıları

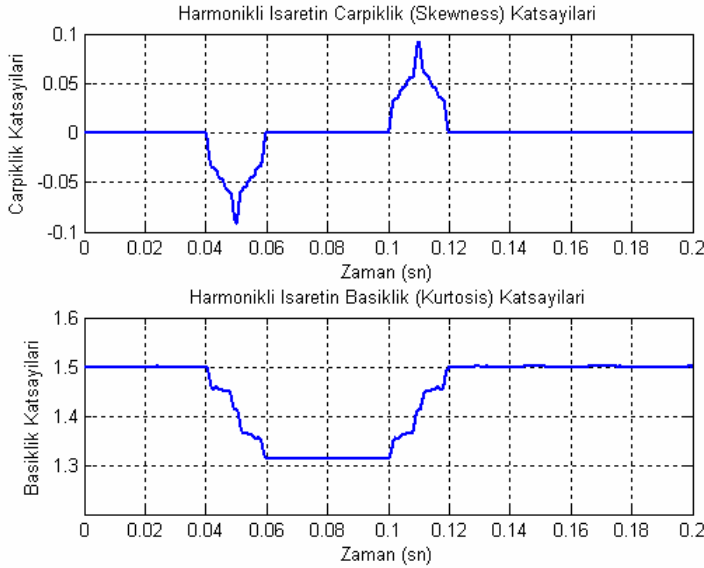
Şekil 4.4.’te gerilim çökmesi içeren işaretin çarpıklık ve basıklık katsayılarının değişimleri verilmiştir. Görüldüğü gibi gerilimin genliğinde çökme olmadığında çarpıklık katsayıları sıfır, bozucunun başladığı anda çarpıklık katsayılarında bir azalış ve bozucunun bittiği anda çarpıklık katsayılarında artış göze çarpmaktadır. 0.04-0.1 sn aralığında işaretin sıklığı değişmeyip sadece genliği %80’e düştüğünden dolayı çarpıklık katsayıları sıfır olmaktadır. Bozucunun oluşturulduğu anlar basıklık katsayılarıyla da kestirilebilmektedir. Basıklık katsayılarına da bakıldığında bozucunun başlangıç ve bitiş anlarının gözlenebildiği açıkça görülmektedir.

#### 4.1.3. Harmonikli İşaretin İstatistiksel Yöntemle Çözülmesi

MATLAB’da %10 pu’luk 3. harmonik ve %10 pu’luk 5. harmonik saf sinüse iki dönem sonra eklenmiş ve üç dönem sonra çıkarılarak harmonik içeren işaret elde edilmiştir.



**Şekil 4.5.** Benzetimi yapılan 3. ve 5. harmonik içeren işaret

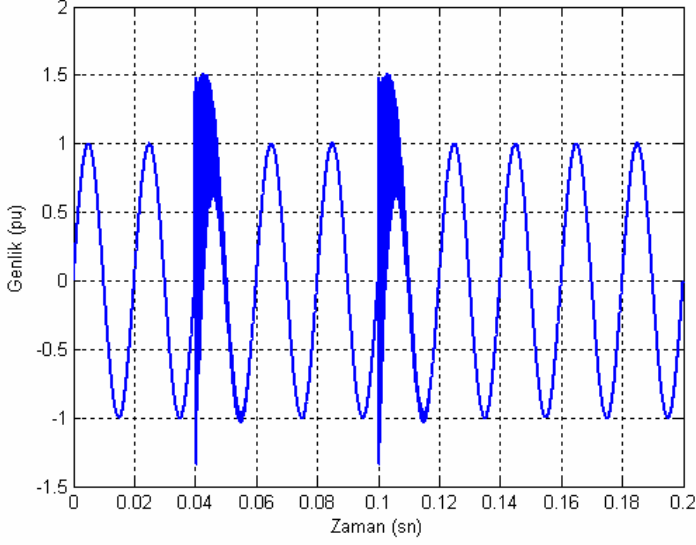


**Şekil 4.6.** MATLAB' da oluşturulan harmonikli işaretin çarpıklık ve basıklık katsayıları

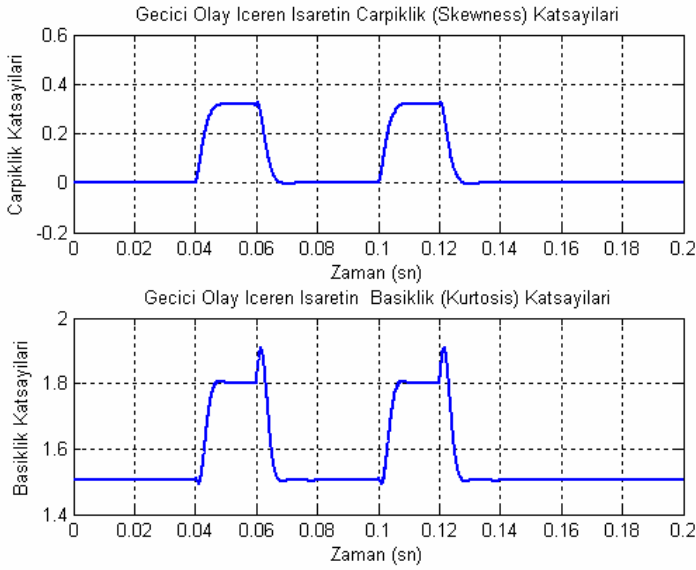
Şekil 4.6.'da gerilim harmonik içermediğinde çarpıklık katsayıları sıfır, bozucunun başladığı anda çarpıklık katsayılarında bir azalış ve bozucunun bittiği anda artış göze çarpmaktadır. Bozucunun oluşturulduğu anlar basıklık katsayılarıyla da kestirilebilmektedir. Basıklık katsayılarına da bakıldığında bozucunun başlangıç ve bitiş anlarının gözlenebildiği açıkça görülmektedir.

#### 4.1.4. Geçici Olay İçeren İşaretin İstatistiksel Yöntemle Çözülmesi

MATLAB' da 1.5 pu' lik 4000 Hz sıklığa sahip olan geçici olay 0.04 ve 0.1' inci saniyelerde oluşturularak 35 ms sürdürülmüştür.



**Şekil 4.7.** Benzetimi yapılan geçici olay içeren işaret

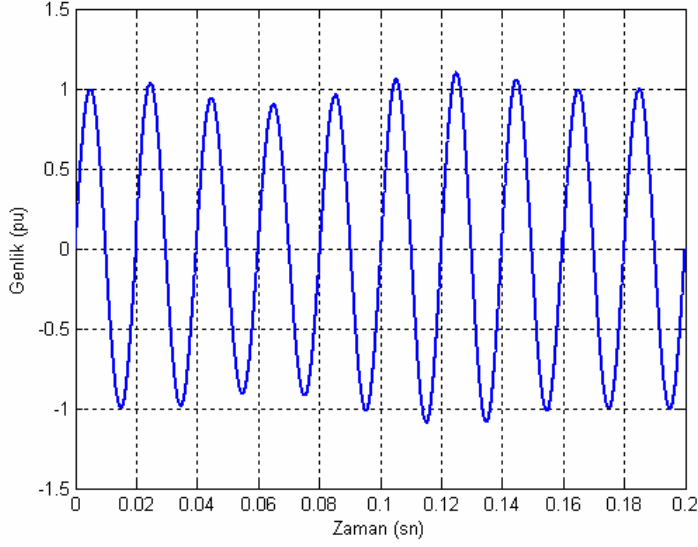


**Şekil 4.8.** MATLAB' da oluşturulan geçici olay içeren işaretin çarpıklık ve basıklık katsayıları

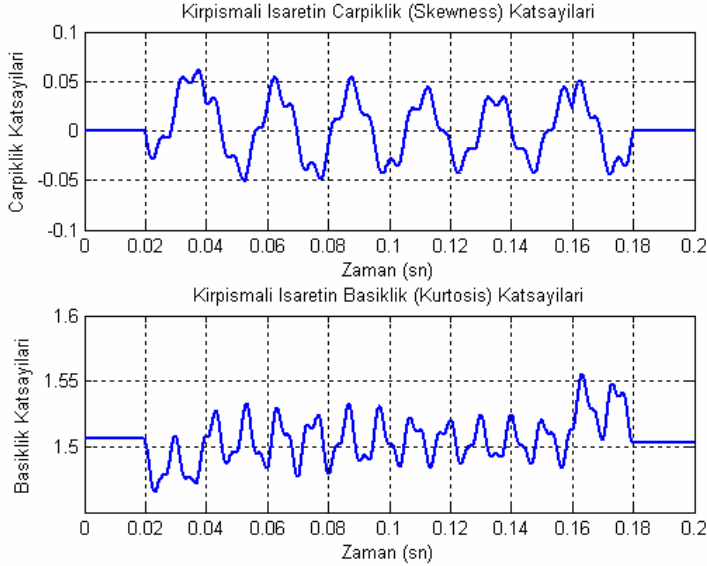
Şekil 4.8.'de geçici olay içeren işaretin çarpıklık ve basıklık katsayılarındaki değişim görülmektedir. Geçici olayın oluşturulduğu anlar ve bitiş anları Şekil 4.8.'e bakıldığında gözlemlenebilmektedir.

#### 4.1.5. Kırpışma İçeren İşaretin İstatistiksel Yöntemle Çözülmesi

MATLAB' da %10 pu genlikli, 58 Hz ara harmoniğe sahip kırpışmalı işaret bir dönem sonra saf sinüs işaretine eklenmiş ve yedi dönem sonra kırpışmalı işaret sona erdirilmiştir. Benzetimi yapılan işaret Şekil 4.9.' da verilmiştir.



**Şekil 4.9.** Benzetimi yapılan kırpışma içeren işaret



**Şekil 4.10.** MATLAB' da oluşturulan kırpışma içeren işaretin çarpıklık ve basıklık katsayıları

Şekil 4.10.'da görüldüğü gibi çarpıklık katsayıları kırpışma oluşturulana kadar sıfır, basıklık katsayıları ise 1.506 değerini almaktadır. Bozucunun oluşturulduğu andan bittiği ana kadar çarpıklık ve basıklık katsayılarında değişim görülmektedir.

Gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, harmonikli gerilim, geçici olay içeren gerilim ve kırpışmanın birbirinden ayırt edilebilmesi için sadece çarpıklık veya sadece basıklık katsayıları tek başına yeterli olmamaktadır. Ayrımın yapılabilmesi için her iki katsayının da aynı anda göz önüne alınması gerekmektedir. 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 ayırt edilmesini ise çarpıklık katsayıları sağlamaktadır. Yine harmonikli dalga şeklinin çarpıklık katsayılarının şekli gerilim çökmesi oluşturulduğunda oluşan çarpıklık katsayılarının şekline benzemektedir. Harmonikli işaret ve çökmenin ayırt edilmesini sağlayan ise basıklık katsayılarındaki şekil farkından ileri gelmektedir. Kırpışma olduğu andaki çarpıklık ve basıklık katsayılarının şekli, diğer bozulardan elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarının şekline benzememektedir.

Buraya kadar yapılan çalışmada çarpıklık ve basıklık katsayılarının elde edilmesi için oluşturulan tüm bozucular sinüsün sıfır geçişlerinde oluşturulmuştur. Pratikte bu noktayı yakalamak çok zordur. Bu nedenle bozucuları birbirinden farklı özellikler gösteren noktalarda oluşturup aynı bozucu için elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarının sonuçlarına bakılmalı ve birbirleriyle karşılaştırılmalıdır (Kocaman ve Özdemir, 2009).

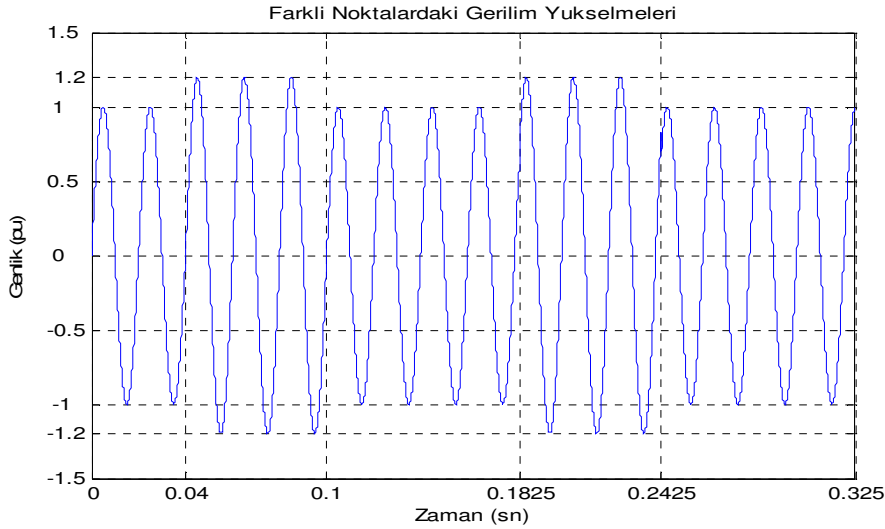
Bu nedenle bozucular birbirinden farklı özellikler gösteren sekiz farklı noktada (sinüs 0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315 dereceyi tamamladıktan sonra) oluşturulmuşlardır. Bu istatistiksel yöntemin bazı güç kalitesi olaylarında (yükselme, çökme, geçici olay) bozucunun oluşum yerine göre farklı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Örnekleme sıklığı 25.6 kHz alınmıştır. Toplam yedi dönemlik bir çalışma aralığı varsayılmış olup yedi dönemin ilk ikisi sağlıklı, sonra gelen üç dönem bozucu içeren (gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, harmonikli işaret, geçici olay içeren işaret ve kırpışma içeren işaretten herhangi biri), daha sonra gelen iki dönem de yine sağlıklı olarak varsayılmıştır. Şekil 4.12., 4.14., 4.15., 4.16., 4.17. ile verilen çarpıklık ve basıklık katsayı şekillerinde sırasıyla  $0^0$ ,  $45^0$ ,  $90^0$ ,  $135^0$ ,  $180^0$ ,  $225^0$ ,  $270^0$  ve  $315^0$ 'lik açılarla tanımlanan gecikmelerle bozucular oluşturulmuştur. Gerilim değişiminin farklı anlarında oluşturulan bozucuların çarpıklık ve basıklık katsayıları bir dönem uzunluğunda seçilen kayan bir pencere süresince hesaplanmıştır. Oluşum yerleri farklı olan bu bozulardan elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarını birbirleriyle karşılaştırabilmek amacıyla her bir bozucu için yedi dönem olarak varsayılan çalışma aralıkları aynı eksen üzerinde oluşturulmuştur.

#### 4.1.6. Farklı Noktalarda Oluşturulan Güç Kalitesi Bozucularının İstatistiksel Yöntem İle Çözümlemesi

Oluşturulan beş farklı bozucuya ait Şekil 4.12., 4.14., 4.15., 4.16., 4.17. 'de yan yana belirtilen sekiz farklı bölge sırasıyla  $0^0$ ,  $45^0$ ,  $90^0$ ,  $135^0$ ,  $180^0$ ,  $225^0$ ,  $270^0$ ,  $315^0$ 'de oluşturulan bozucuların çarpıklık ve basıklık katsayılarını göstermektedir.

##### 4.1.6.1. Farklı Noktalarda Oluşturulan Gerilim Yükselmesi İşaretinin İstatistiksel Yöntem İle Çözümlemesi

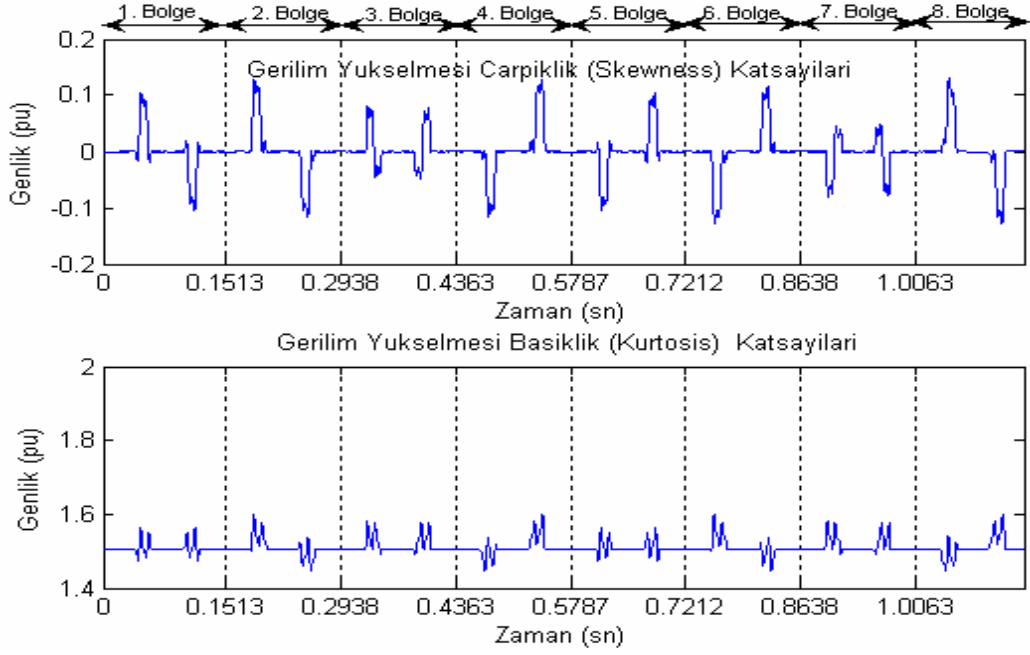
İlk olarak gerilim yükselmesine ait bozucuların benzetimi MATLAB' da yapılmıştır. Seçilen sekiz farklı noktada ( $0^0$ ,  $45^0$ ,  $90^0$ ,  $135^0$ ,  $180^0$ ,  $225^0$ ,  $270^0$ ,  $315^0$ ) ve genliği %120 olan gerilim yükselme işaretleri oluşturulmuştur. Şekil 4.11.'de örnek olarak  $0^0$  ve  $45^0$ , de oluşturulan gerilim yükselmeleri gösterilmiştir.



**Şekil 4.11.** Benzetimi yapılan gerilim yükselmesi içeren işaret

Şekil 4.12.'de gösterilen 1. Bölge iki dönem sağlıklı sinüse, sinüsün sıfır geçiş noktasında oluşturulan ve üç dönem boyunca süren gerilim yükselmesi, daha sonra yine iki dönemlik sağlıklı sinüse ait çarpıklık ve basıklık katsayılarının şeklini göstermektedir. 1. Bölgede gerilim yükselmesinin oluşturulduğu anda çarpıklık katsayısında yükselme, yine bozucunun bitirildiği anda çarpıklık katsayısında azalma görülmektedir. 1. Bölge referans olarak alınır ve diğer bölgelerde oluşturulan gerilim yükselmesi içeren işaretlerle karşılaştırılırsa,  $90^0$ ,  $135^0$ ,  $180^0$ ,  $225^0$ ,  $270^0$ 'de gerilim yükselmelerinin oluşturulduğu sırasıyla 3. Bölge, 4. Bölge, 5. Bölge, 6. Bölge ve 7. Bölgede elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarının referans olarak alınan 1. Bölgedeki gibi çıkmadığı görülür. Gerilim yükselmesi için elde edilen çarpıklık ve

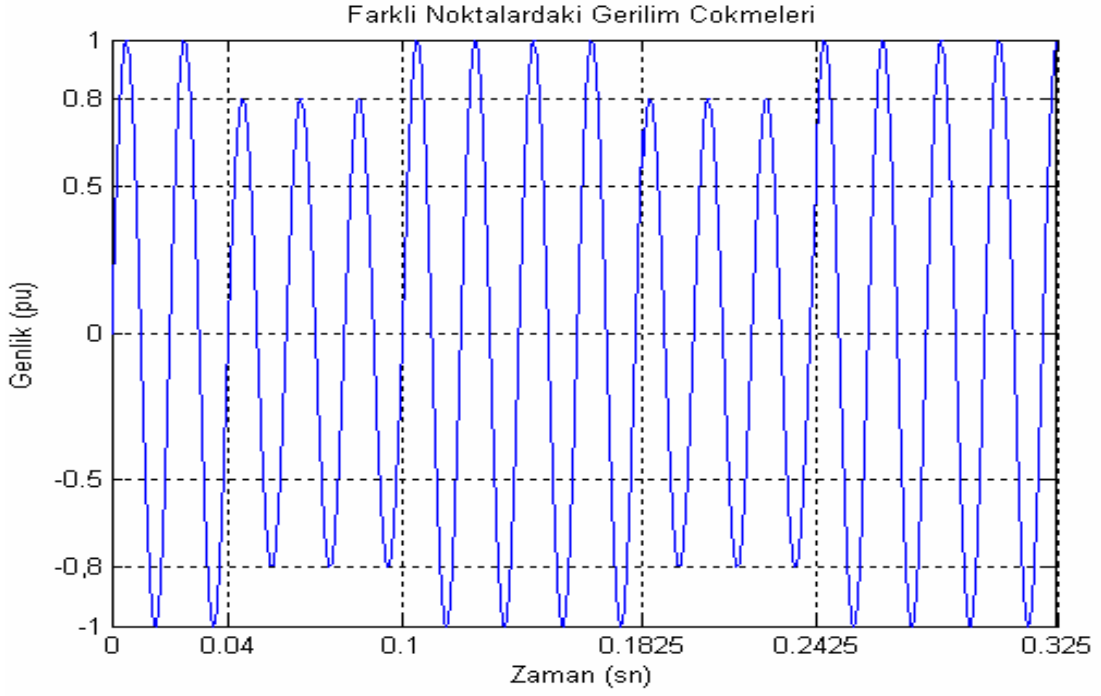
basıklık katsayıları yükselmenin başladığı ve bitirildiği noktalara bağlı olduğu görülmektedir.



**Şekil 4.12.** Farklı açılara sahip gerilim yükselmesi içeren işaretin çarpıklık ve basıklık katsayıları

#### 4.1.6.2. Farklı Noktalarda Oluşturulan Gerilim Çökmesi İşaretinin İstatistiksel Yöntem İle Çözülmesi

Birbirinden farklı özellik gösterdiği için seçilen sekiz farklı noktada ( $0^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $135^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$ ,  $225^{\circ}$ ,  $270^{\circ}$ ,  $315^{\circ}$ ) oluşturulan ve genliği %80 olarak alınan gerilim çökmesi içeren işaretlerin çarpıklık ve basıklık katsayılarını elde edebilmek amacıyla gerilim çökmesi içeren işaretlerin benzetimi ilk olarak MATLAB' da yapılmıştır. Şekil 4.13.'te örnek olarak  $0^{\circ}$  ve  $45^{\circ}$  de oluşturulan gerilim çökmesi içeren işaret görülmektedir.

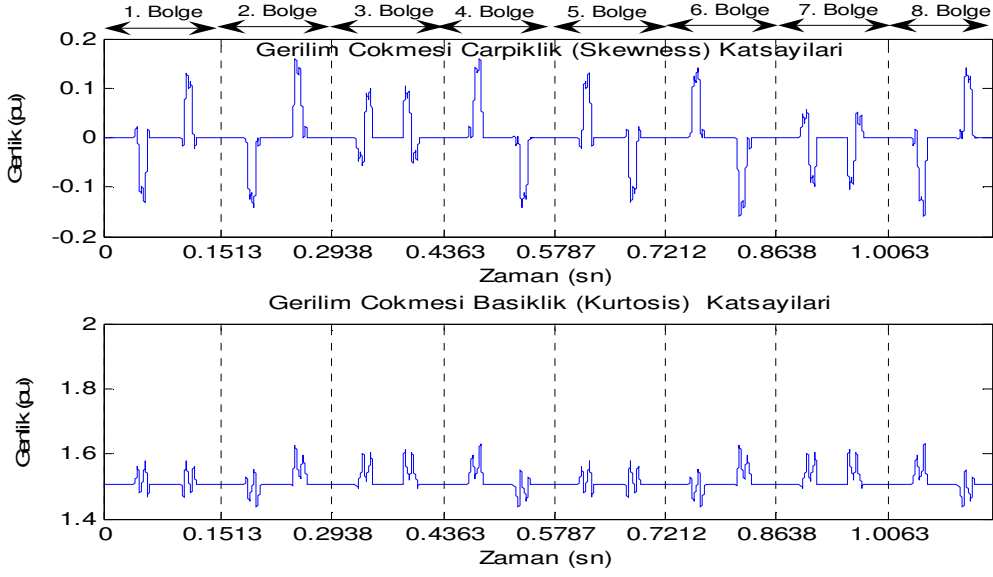


**Şekil 4.13.** Benzetimi yapılan gerilim çökmesi içeren işaret

Şekil 4.14.'te gerilim çökmesinin sinüsün sıfır geçiş noktasında oluşturulması sonucu elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarını gösteren 1. Bölgede, gerilim çökmesinin oluşturulduğu anda çarpıklık katsayısında azalma, gerilim çökmesi bitirildiği anda ise çarpıklık katsayısında yükselme görülmektedir. Şekil 4.14.'te 1. Bölgede elde edilen çarpıklık katsayıları Şekil 4.12.'de gerilim yükselmesi için yine aynı bölgede elde edilen çarpıklık katsayılarının negatifinin alınmış şekli gibidir. Ancak aynı bölgede elde edilen basıklık katsayıları karşılaştırılırsa bunların birbirine benzediği, dolayısıyla ayırt edici özellik taşımadığı görülmektedir. Bu nedenle gerilim çökmesi ve gerilim yükselmesi içeren işaretlerde farklı bölgelerden elde edilen çarpıklık katsayıları 1. Bölge ile karşılaştırılmıştır.

Şekil 4.14.'te 1. Bölgede elde edilen çarpıklık katsayılarının değişim biçimi diğer bölgelerle karşılaştırıldığında, sırasıyla bozucuların  $90^0$ ,  $135^0$ ,  $180^0$ ,  $225^0$ ,  $270^0$  derecelerde oluşturulduğu bölgeleri tanımlayan 3. Bölge, 4. Bölge, 5. Bölge, 6. Bölge ve 7. Bölgede referans olarak alınan 1. Bölgeden farklı çıktığı görülür. Gerilim yükselmesinde de olduğu gibi gerilim çökmesi için de elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarının çökmenin başladığı ve bittiği noktalara bağlı olduğu görülmektedir.



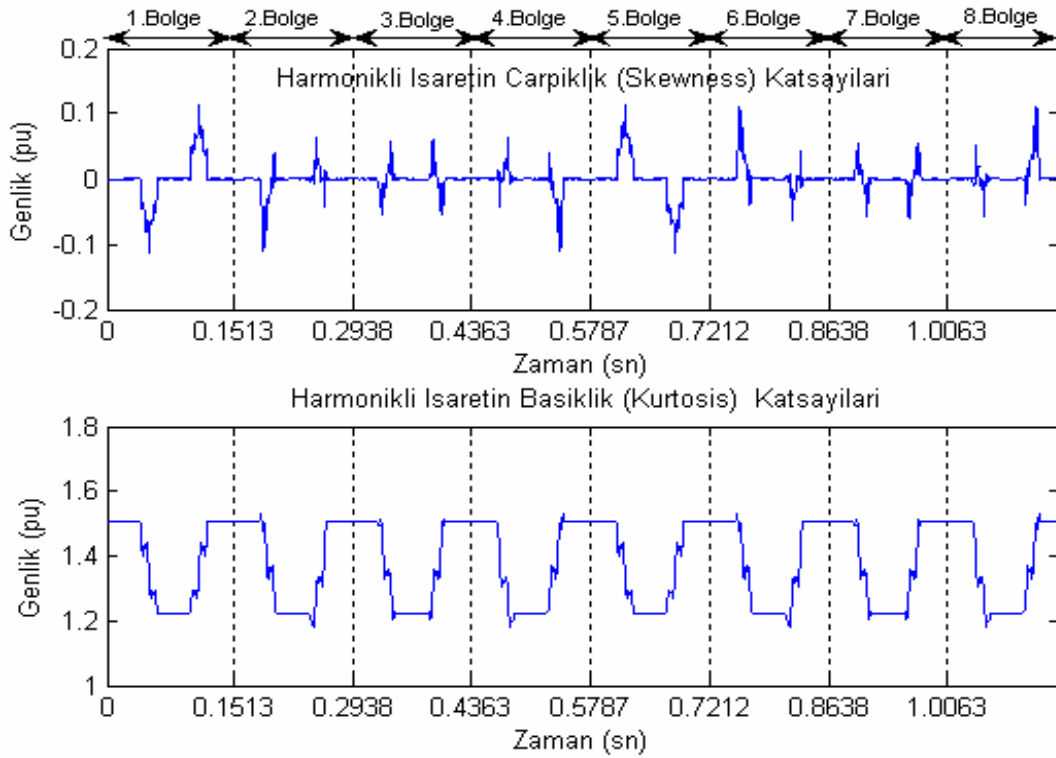


**Şekil 4.14.** Farklı açılara sahip gerilim çökmesi içeren işaretin çarpıklık ve basıklık katsayıları

Şekil 4.12. ve Şekil 4.14.'e bakıldığında her iki şekildeki 3. ve 7. bölgede elde edilen çarpıklık katsayılarının şekli hemen hemen aynıdır. O yüzden gerilim yükselmesi ve çökmesi için elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayıları ayırt edici özellik taşımamaktadır.

#### 4.1.6.3. Farklı Noktalarda Oluşturulan Harmonikli İşaretin İstatistiksel Yöntem İle Çözümlemesi

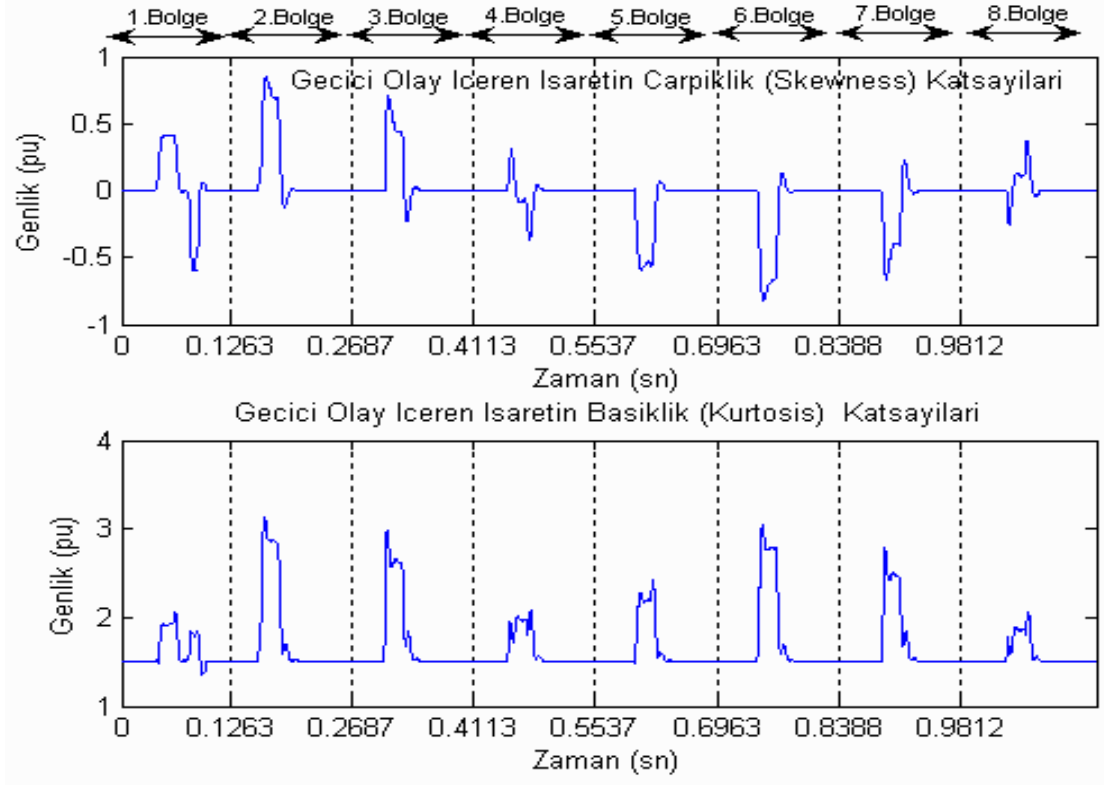
Öncelikle sekiz farklı bölgede %10 pu'lık 3. harmonik ve %10'luk 5. harmonik saf sinüse sinüsün farklı açılarında eklenerek harmonik içeren işaret elde edilmiştir. Harmonikli işaretin basıklık katsayıları diğer güç kalitesi bozucuları oluşturulduğunda elde edilen basıklık katsayılarından farklıdır. Ancak elde edilen çarpıklık katsayıları gerilim çökmesi oluşturulduğunda elde edilen çarpıklık katsayılarıyla benzer çıkmaktadır. Bu nedenle basıklık katsayıları harmonikli işaret için ayırt edici özellik taşımaktadır ve karşılaştırmaların harmonikli gerilim içeren işaretlerin sadece basıklık katsayılarıyla yapılması yeterlidir. Şekil 4.15.'te basıklık katsayıları için 1. Bölge referans olarak alınır ve diğer bölgelerle karşılaştırılırsa sekiz bölgede de elde edilen basıklık katsayılarının şeklinin 1. Bölge ile hemen hemen aynı olduğu görülür. Harmonikli işaret için ayırt edici özellik taşıyan basıklık katsayılarının bu bozucunun oluşturulduğu başlangıç noktasına bağlı olmadığı görülmektedir.



**Şekil 4.15.** Farklı açılara sahip harmonikli gerilim içeren işaretin çarpıklık ve basıklık katsayıları

#### 4.1.6.4. Farklı Noktalarda Oluşturulan Geçici Olay İçeren İşaretin İstatistiksel Yöntem İle Çözümlemesi

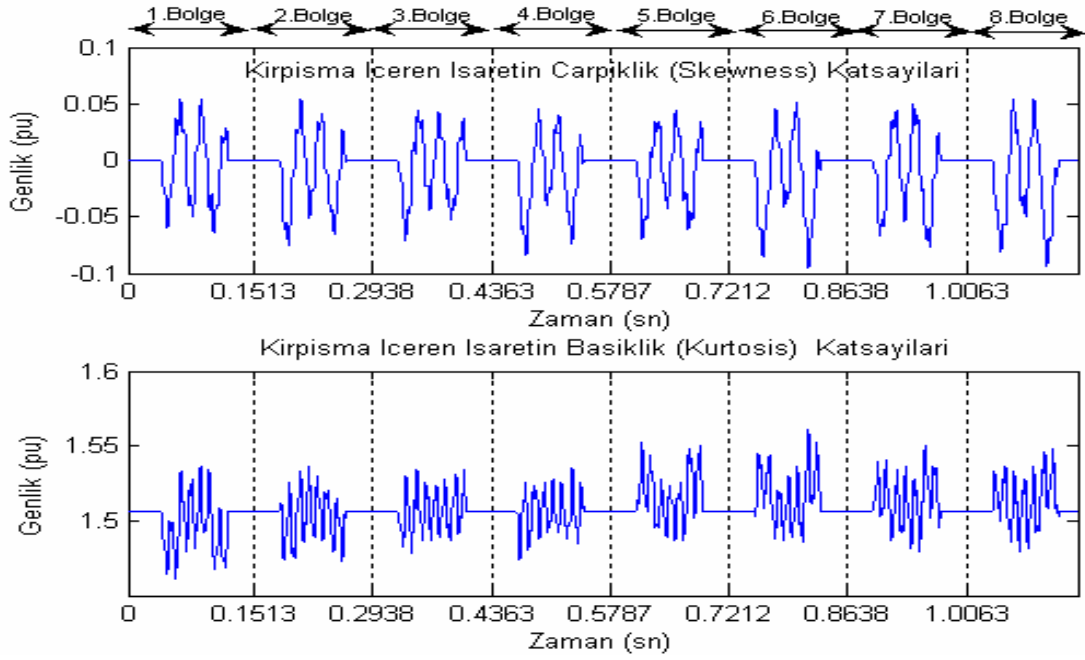
1.5 pu genlikli 4 kHz sıklığa sahip geçici olay, sinüsün  $0^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $135^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$ ,  $225^{\circ}$ ,  $270^{\circ}$ ,  $315^{\circ}$ 'de oluşturulmuş ve sekiz farklı bölgede oluşturulan geçici olayların her biri 30 ms sürmüştür. Şekil 4.16.' da sekiz bölgede oluşturulmuş olan geçici olay içeren işaretlerin çarpıklık ve basıklık katsayılarının şekilleri görülmektedir. 1. Bölgede oluşturulan geçici olay içeren işaretin çarpıklık ve basıklık katsayıları referans olarak alınıp diğer bölgelerde elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayıları ile karşılaştırılırsa her bir bölgede elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarının birbirinden farklı çıktığı görülür. O nedenle geçici olaylar için elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayıları tıpkı gerilim yükselmesi ve gerilim çökmesinde olduğu gibi bozucunun oluşum yerine göre farklılık göstermektedir.



**Şekil 4.16.** Farklı açılara sahip geçici olay içeren işaretin çarpıklık ve basıklık katsayıları

#### 4.1.6.5. Farklı Noktalarda Oluşturulan Kırışma İçeren İşaretin İstatistiksel Yöntem İle Çözülmesi

Yine sinüsün sekiz farklı noktasında 58 Hz ara harmonikli %10 genliğe sahip kırışmalı işaret oluşturulmuştur. Şekil 4.17.'de değişik bölgelerde oluşturulan kırışmalı işaretten elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayıları görülmektedir. Kırışmalı işaretin çarpıklık ve basıklık katsayıları diğer güç kalitesi bozucuları oluşturulduğunda elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarından farklıdır. Yine çarpıklık katsayıları için 1. Bölge refrens olarak alınıp diğer bölgelerden elde edilen çarpıklık katsayıları ile karşılaştırılırsa hemen hemen katsayıların aynı çıktığı görülmektedir. Ancak basıklık katsayılarında daha büyük farklar göze çarpmaktadır. Kırışmalı işaret için elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayıları bu bozucunun oluşum yerinden bağımsızdır. Bu nedenle çarpıklık ve basıklık katsayıları kırışmalı işaret için ayırt edici özellik taşımaktadır.

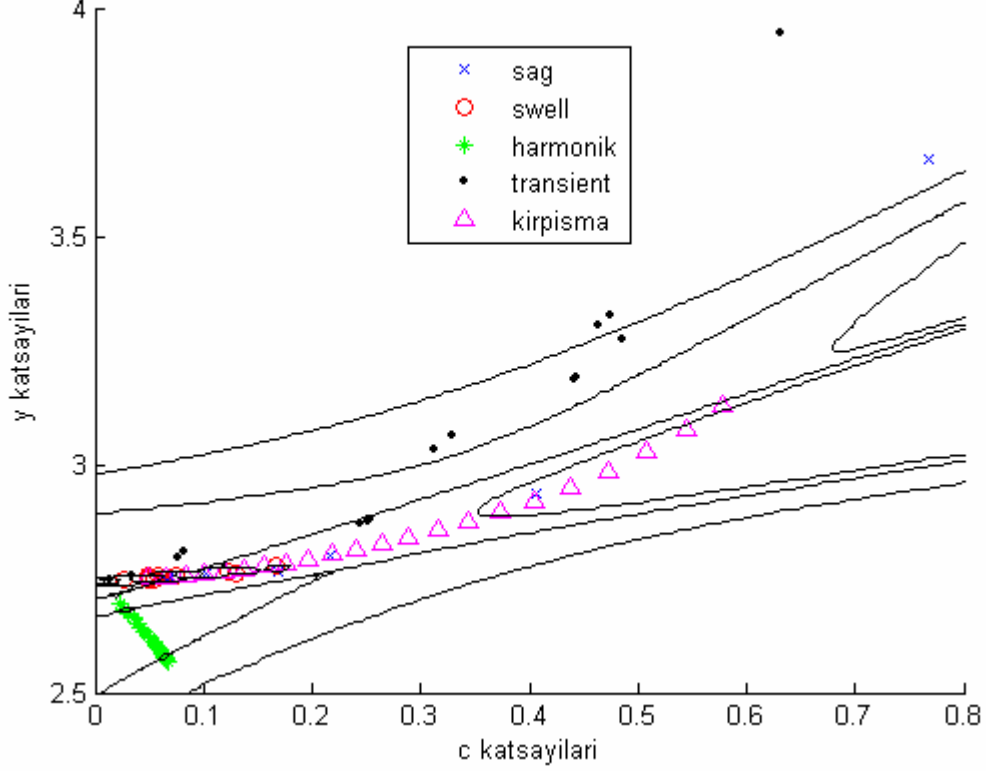


**Şekil 4.17.** Farklı açılara sahip kırpışmalı işaretin çarpıklık ve basıklık katsayıları

Kullanılan istatistiksel yöntemin bozucunun oluşum yerine göre aynı sonuçlar verip vermediğini anlayabilmek amacıyla bozucular birbirinden farklı özellikler taşıyan sekiz farklı derecede ( $0^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $135^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$ ,  $225^{\circ}$ ,  $270^{\circ}$ ,  $315^{\circ}$ ) oluşturulmuşlardır. Bu yöntemin, harmonikli gerilim ve kırpışmalı gerilimde bozucunun oluşum yerinden etkilenmediği görülürken, gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi ve geçici olay içeren gerilim gibi bazı güç kalitesi olaylarında bozucunun oluşum yerinden etkilendiği gözlemlenmiştir. (Kocaman ve Özdemir, 2008).

Bazı güç kalitesi bozucularında elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarının birbiriyle karışabileceği gözle bakılarak gözlemlense bile bir sınıflandırıcının bu katsayıları ayırtedebileceği düşüncesiyle oluşturulan bu beş adet bozucunun çarpıklık ve basıklık katsayılarının enerjileri Eş. (3.18)' de belirtildiği gibi alınarak Bayes sınıflandırıcıya verilmiştir. Hem çarpıklık katsayılarının sayısı hem de basıklık katsayılarının sayısı oluşturulan işaretin sayısı kadardır. Bu nedenle bu katsayıları özellik vektörü olarak sınıflandırıcıya vermemiz olanaksızdır. Bu yüzden bu katsayıların enerjileri alınmıştır. Bayes sınıflandırıcıya eğitim ve sınav aşamasında verilen bozucuların oluşum biçimleri Bölüm 4.4.1.' de belirtilen biçimle aynıdır. Bu kısım Bölüm 4.4.1' de ayrıntılı bir şekilde anlatıldığı için burada bozucuların oluşum biçimlerine değinilmemiştir. Şekil 4.18, çarpıklık ve basıklık katsayılarının enerjilerine

göre oluşturulan beş bozucunun Bayes sınıflandırıcı kullanılarak sınıflandırılmasını belirtmektedir.



**Şekil 4.18.** Çarpıklık ve basıklık katsayılarının enerjilerine göre oluşturulan beş bozucunun Bayes sınıflandırıcı kullanılarak sınıflandırılması

Şekil 4.18' den, elde edilen bu katsayıların enerjilerinin gerilim çökmesi ve gerilim yükselmesi işaretleri için birbirinin içine girdiği bazı yerlerde kırışmalı işaretinde bu iki bozucuyla karıştığı görülürken, buna karşılık harmonik ve geçici olay içeren işaretin farklı sınıflarda olduğu gözlemlenmektedir. Bu nedenle bu bozucuların sadece çarpıklık ve basıklık katsayılarının enerjileri alınarak Bayes sınıflandırıcıya verilerek sınıflandırılmaya çalışıldığında kullanılan bu özellik vektörünün yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir. Bu beş adet bozucunun sınıflandırılması için kullanılacak özellik vektöründe çarpıklık ve basıklık katsayılarının enerjilerine ek olarak başka özelliklerinde eklenmesi gerektiği böylece sınıflandırma işleminin daha iyi olabileceği sonucuna varılmıştır.

#### 4.2. Güç Kalitesi Bozucularının ADD İle Çözümlemesi

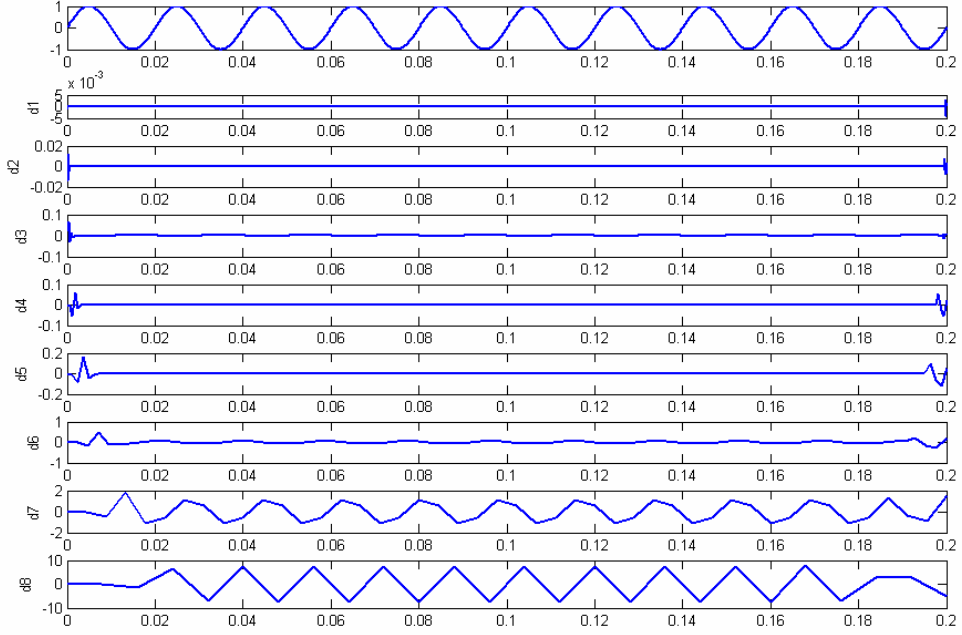
MATLAB ortamında ilk olarak gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, harmonikli gerilim, geçici olay içeren gerilim ve kırışmalı gerilim sinüsün sıfır geçiş noktasında

oluşturulmuştur. Örnekleme sıklığı 25.6 kHz alınmıştır. Toplam on dönemlik bir çalışma aralığı varsayılmış olup on dönemin ilk ikisi sağlıklı, sonra gelen üç dönem bozucu içeren (gerilim yükselmesi ve gerilim çökmesi işaretlerinden herhangi biri), daha sonra gelen beş dönem de yine sağlıklı olarak varsayılmıştır. Oluşturulan gerilim yükselmesinin genliği %150, gerilim çökmesinin genliği %50 olarak alınmıştır ve genliği %10 olan 3. harmonik ve genliği %10 olan 5. harmonik toplam on dönem boyunca sürdürülerek harmonikli işaret oluşturulmuştur. 1.5 pu' lik 4 kHz sıklığa sahip geçici olay ise, 0.04 ve 0.1' inci sn' lerde iki kez oluşturularak her defasında 35 ms sürdürülmüştür. Genliği %10 olan ve 58 Hz ara harmoniğe sahip kırpışma ise saf sinüse iki dönem sonra eklenmiş, yedi dönem sonra çıkarılmıştır.

Daubechies-4 ayrık dalgacık fonksiyonu kullanılarak 12 seviyeli ayrışım yapılmış ancak Şekil 4.19.-4.24.'te sadece 8 seviyeli DD' nün sonuçları verilmiştir. İncelenen güç kalitesi bozucuları kırpışma içerdiği için 12 seviyeli ayrışım yapılmıştır. Çünkü insan gözünün en iyi şekilde ayırtedebildiği kırpışma sıklığı 8-10 Hz arasındadır. d1-d8 detay katsayılarını, yatay eksen ise sn cinsinden zaman olarak verilmektedir. Ancak bozucunun tipine sadece ADD ile karar verilememektedir. Sadece ADD ile bozucuların başlangıç ve bitiş anları kestirilebilmekte; ancak bu yöntemle bozucuların ayırt edilmesi sağlanamadığı için Bölüm 4.3.'te anlatıldığı gibi bozucuların sınıflandırılması için ek yöntemlere gereksinim vardır.

#### **4.2.1. Saf Sinüs İşaretinin ADD İle Çözümlemesi**

Şekil 4.19.'da referans olarak alınan on dönemlik saf sinüs işaretinin ADD ile çözümleme sonuçları, oluşturulan diğer bozucuların çözümlemeleriyle karşılaştırabilmek için verilmiştir.

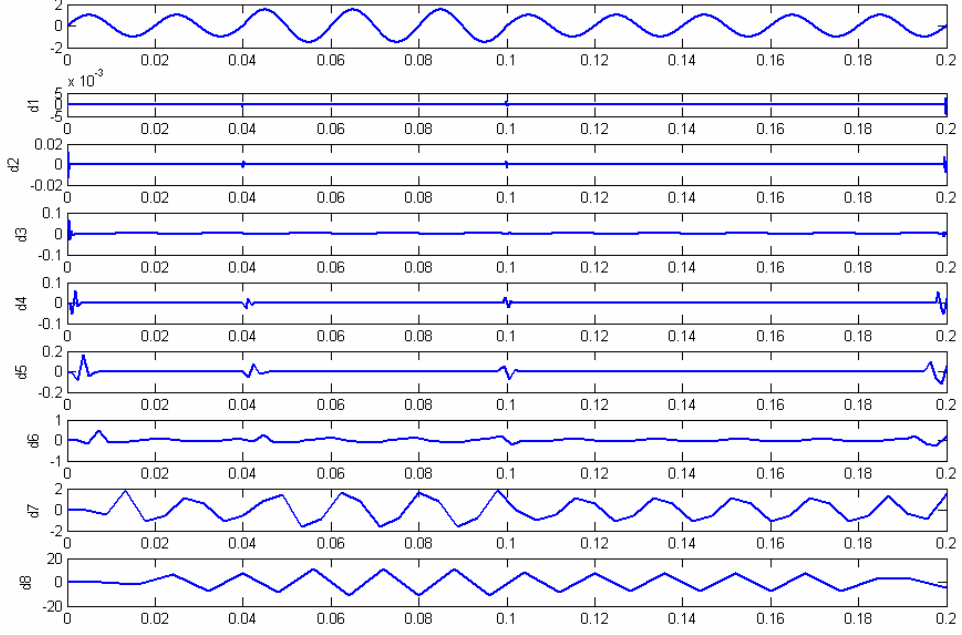


**Şekil 4.19.** Benzetimi yapılan saf sinüs işareti ve ADD ile çoklu çözünürlük çözümü

#### 4.2.2. Gerilim Yükselmesi Bozucusunun ADD İle Çözülmesi

Gerilim yükselmesi bozucusu, bozucunun genliği ve süresi ile tanımlanmaktadır.

Her bir dönemde 512 örnek bulunmakta ve 0.04'üncü sn'de gerilim yükselmesi oluşturulmaktadır. Şekil 4.20.'den görüleceği gibi olayın başladığı ve bitirildiği noktalarda özellikle d1 ve d2 katsayılarında detay katsayılarında bir değişim görülmekte, bu da bozucu olarak algılanabilmektedir. Görüleceği gibi gerilim yükselmesi işaretini tanımlayan olayın süresi belirlenebilmekte; ancak belirtilen detay katsayılarındaki değişim bozucuya özgü bir karakteristik sergilemediğinden dolayı ADD'ye ek çözümler yapılması gerekmektedir.



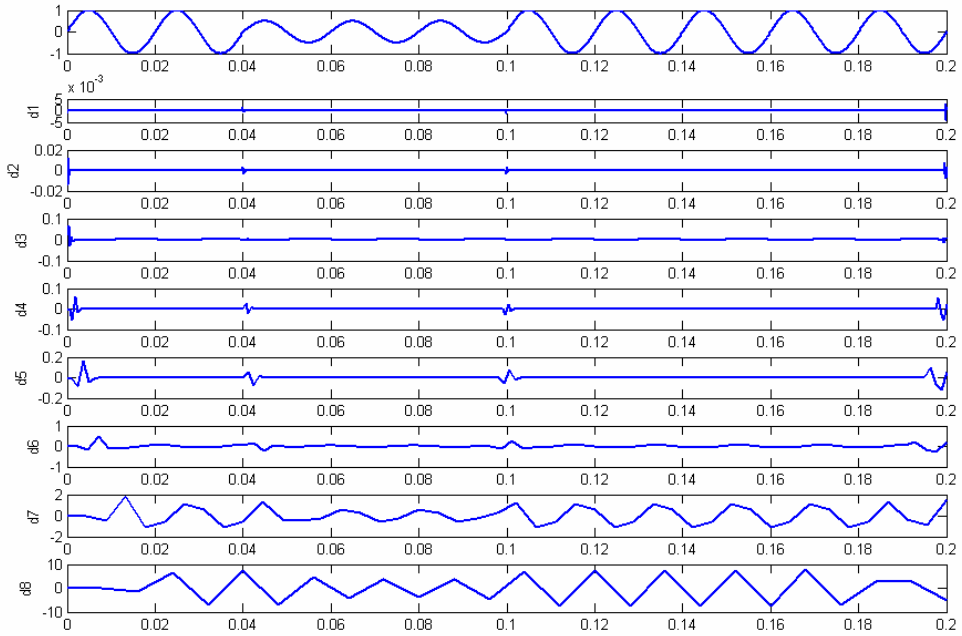
**Şekil 4.20.** Benzetimi yapılan gerilim yükselmesi içeren işaret ve ADD ile çoklu çözünürlük çözümlemesi

#### 4.2.3. Gerilim Çökmesi Bozucusunun ADD İle Çözümlemesi

Gerilim çökmesi bozucusu da, gerilim yükselmesi bozucusunda olduğu gibi bozucunun genliği ve süresi ile tanımlanmaktadır.

Her bir dönemde 512 örnek bulunmakta ve 0.04'üncü sn'de gerilim çökmesi oluşturulmaktadır. Şekil 4.21.'de verildiği gibi olayın başladığı ve bitirildiği noktalarda özellikle d1 ve d2 katsayılarında detay katsayılarında bir değişim görülmekte bu da bozucu olarak algılanabilmektedir. Görüleceği gibi gerilim çökmesi işaretini tanımlayan olayın süresi belirlenebilmekte ancak bozucunun diğer bozuculardan ayırt edilmesini sağlayan bir bilgi olmadığından ADD'ye ek çözümler yapılması gerekmektedir.

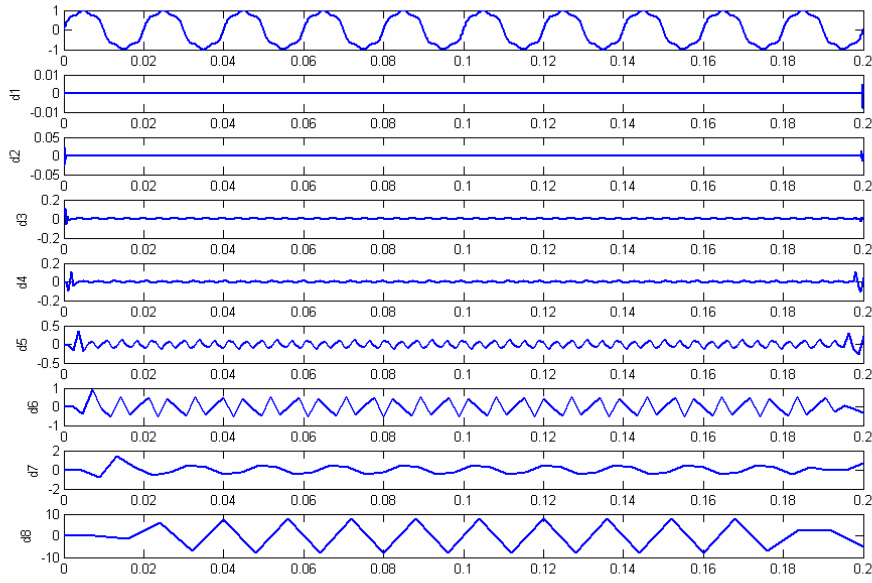




**Şekil 4.21.** Benzetimi yapılan gerilim çökmesi içeren işaret ve ADD ile çoklu çözünürlük çözümlemesi

#### 4.2.4. Harmonik Gerilim İçeren İşaretin ADD İle Çözümlemesi

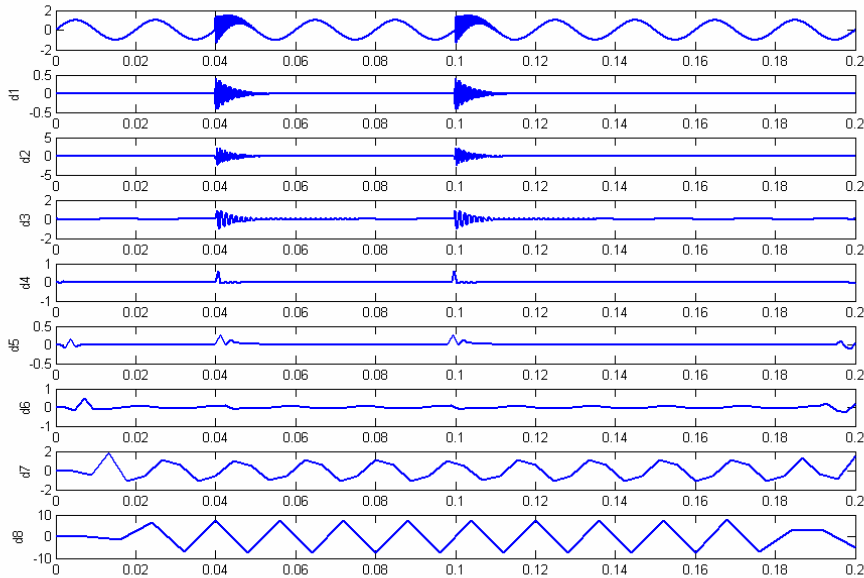
Harmonikli işarete sıklık bilgisi önem kazanmaktadır. Şekil 4.22.'de benzetimi yapılan 3. ve 5. harmonik içeren işaret ve Daubechies-4 ile ADD sonucunda elde edilen sonuçlar görülmektedir. Çözümleme sonuçlarına bakıldığında özellikle d3-d6 katsayılarındaki değişim göze çarpmaktadır. Saf sinüsün ADD ile yapılan çözümleme sonuçlarıyla karşılaştırıldığında çözümlemesi yapılan işaretin farklı sıklık bilgisi içerdiği yargısına varılabilir. Ancak bu değişim gürültü olarak da anlaşılabilceğinden gürültü ile ayrımı yapılamayabilir. Bu nedenle ek çözümlemeye gereksinim duyulmaktadır.



**Şekil 4.22.** Benzetimi yapılan harmonikli işaret ve ADD ile çoklu çözünürlük çözümlemesi

#### 4.2.5. Geçici Olay İçeren İşaretin ADD İle Çözümlemesi

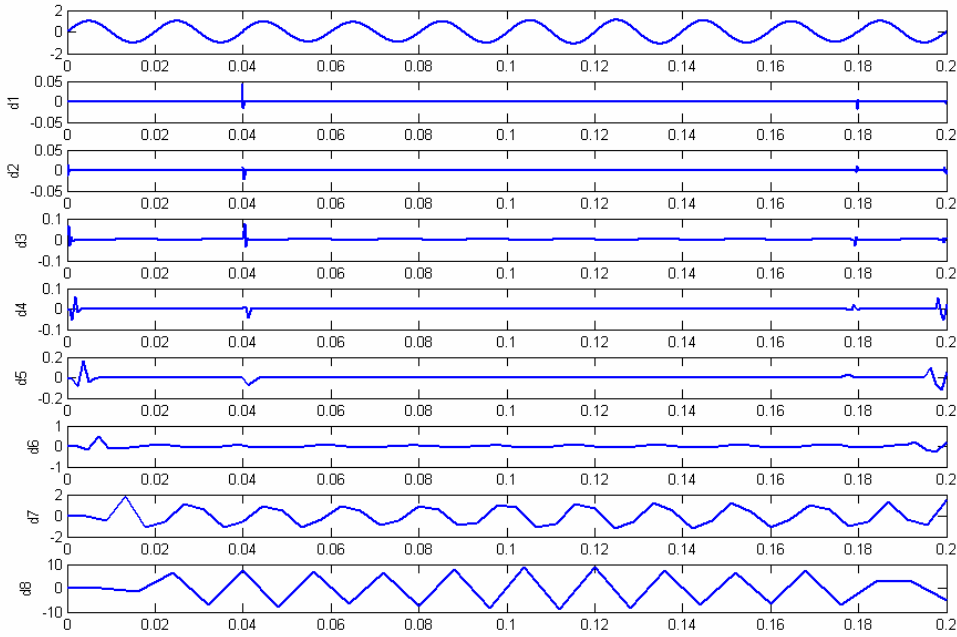
4 kHz sıklığa sahip ve oluşturulan her iki noktada 35 ms süren geçici olay yüksek sıklıklı bileşen içerdiği için özellikle d1-d2-d3 katsayılarından olayın başladığı ve bittiği noktalar Şekil 4.23.'den anlaşılabilir.



**Şekil 4.23.** Benzetimi yapılan geçici olay içeren işaret ve ADD ile çoklu çözünürlük çözümlemesi

#### 4.2.6. Kırpışma İçeren İşaretin ADD İle Çözümlemesi

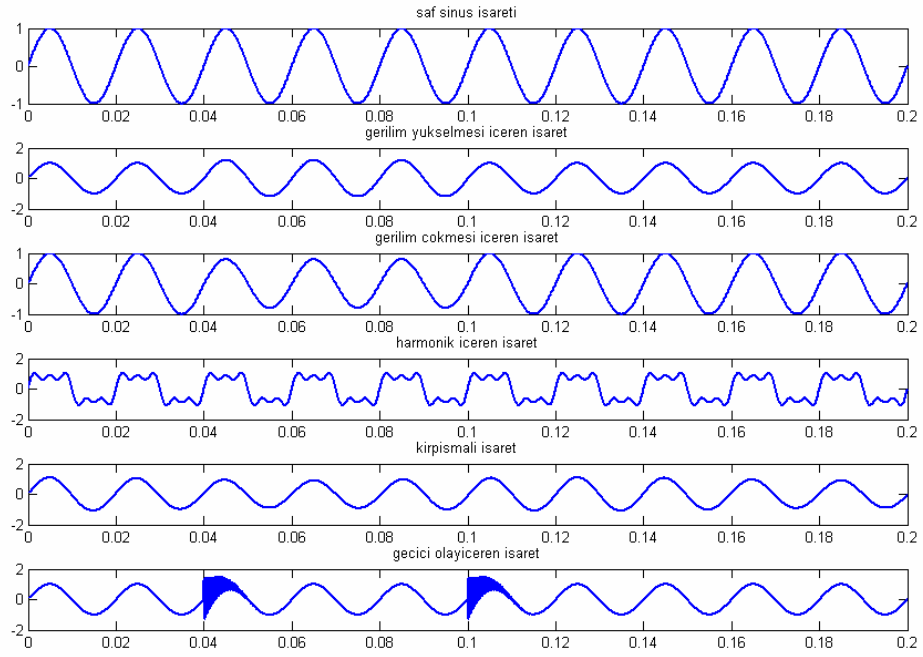
Şekil 4.24.'te verildiği gibi 0.04 ile 0.18 sn aralığında süren kırpışmalı işaret d1-d2-d3 katsayılarından anlaşılabilir; ancak olay anındaki katsayılardaki değişim ile olay sonrası katsayılardaki değişim az olmakta, dolayısıyla uygun bir eşik değerinin belirlenmesi güç olmaktadır. Olayların başlangıç ve bitiş anları sadece ADD ile belirlenebilse de hangi bozucuya ait oldukları sadece ADD ile elde edilememektedir. Bu yüzden ADD'ye ek olarak yapılacak çözümlemelere gereksinim duyulmuştur.



**Şekil 4.24.** Benzetimi yapılan kırpışma içeren işaret ve ADD ile çoklu çözünürlük çözümü

#### 4.3. Güç Kalitesi Bozucularının Enerji Yöntemiyle Özellik Çıkarımı

Farklı tipteki güç kalitesi bozucularını sınıflandırabilmek amacıyla referans olarak alınan saf sinüs gerilimi, gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, harmonikli gerilim, kırpışmalı gerilim ve geçici olay (transient) içeren gerilim sinüsün sıfır geçiş noktasında MATLAB' da oluşturulmuştur. Oluşturulan bozuculara ait dalga şekilleri ise Şekil 4.25.'te verilmiştir. Her bir işaretin örnekleme sıklığı 25.6 kHz' dir. Her bir bozucu işareti 12 seviye olarak Daubechies-4 ayrık dalgacık süzgeci ile ayrıştırılarak Eş. (3.18)'deki detay katsayılarına ait enerji dağılımları elde edilmiştir.



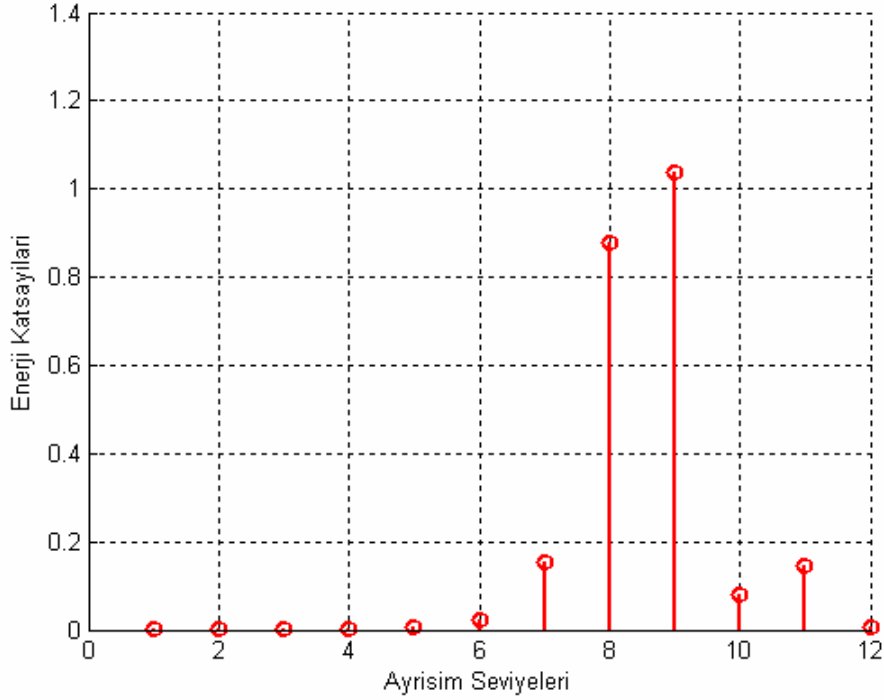
**Şekil 4.25.** Benzetimi yapılan güç kalitesi bozucularının dalga şekilleri

DD' nün çok çözünürlük ayrışımındaki sıklık bantlarının aralıkları Çizelge 4.1.'de verilmektedir.

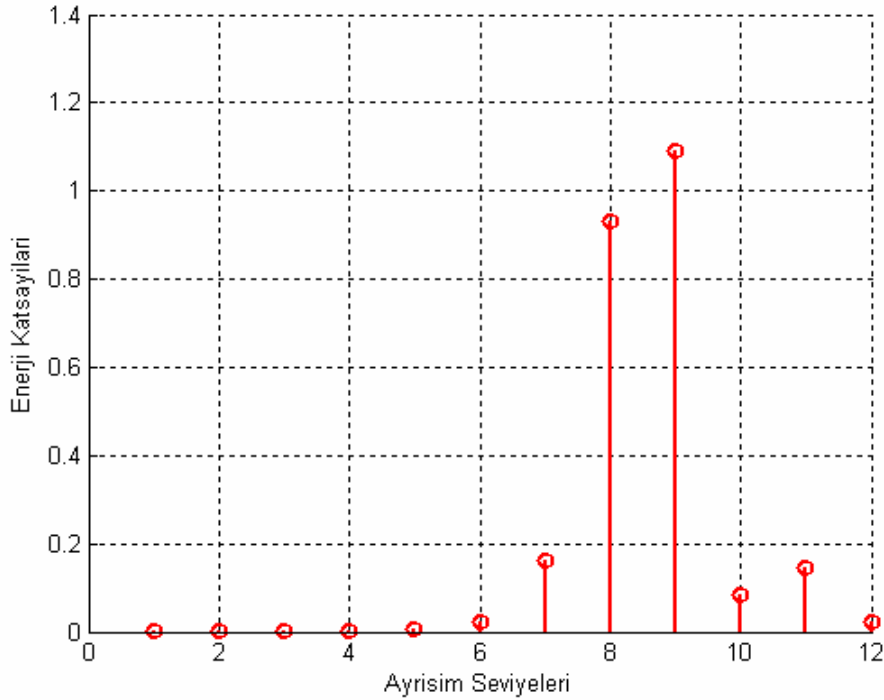
**Çizelge 4.1.** Çok çözünürlük ayrışımındaki sıklık bant aralıkları

Ayrıştırma Seviyeleri	Sıklık Aralığı (Hz)
d1	6400-12800
d2	3200-6400
d3	1600-3200
d4	800-1600
d5	400-800
d6	200-400
d7	100-200
d8	50-100
d9	25-50
d10	12.5-25
d11	6.25-12.5
d12	3.125-6.25
a12	0-3.125

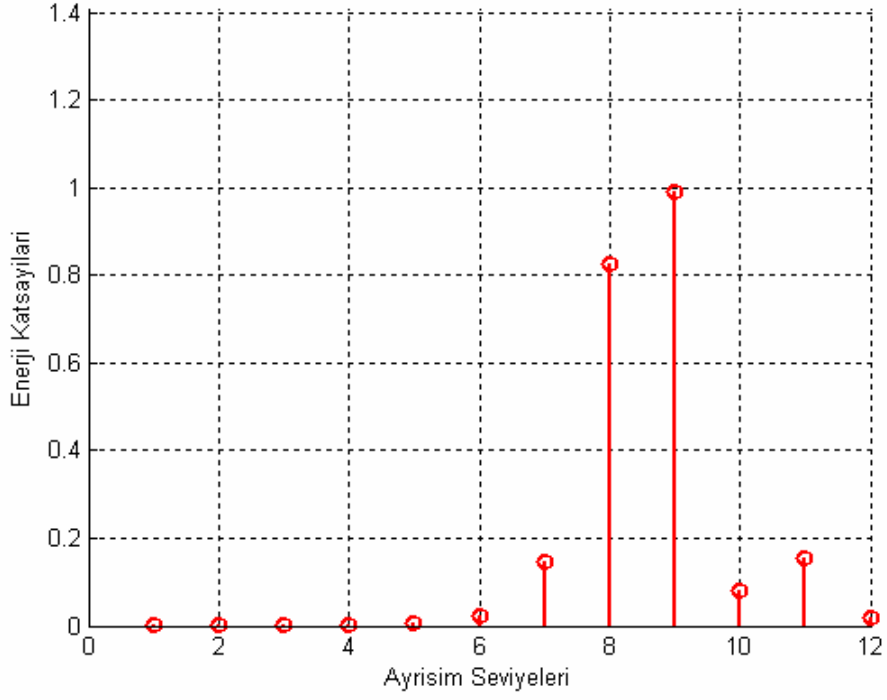
Şekil 4.27.-4.31., güç kalitesi bozucusu içeren işaretlerin enerji dağılım özelliklerini göstermektedir ve hiç bozucu olmayan durumla kıyaslama yapılabilmesi için saf sinüs işaretinin de enerji dağılım özelliği Şekil 4.26.'da elde edilmiştir.



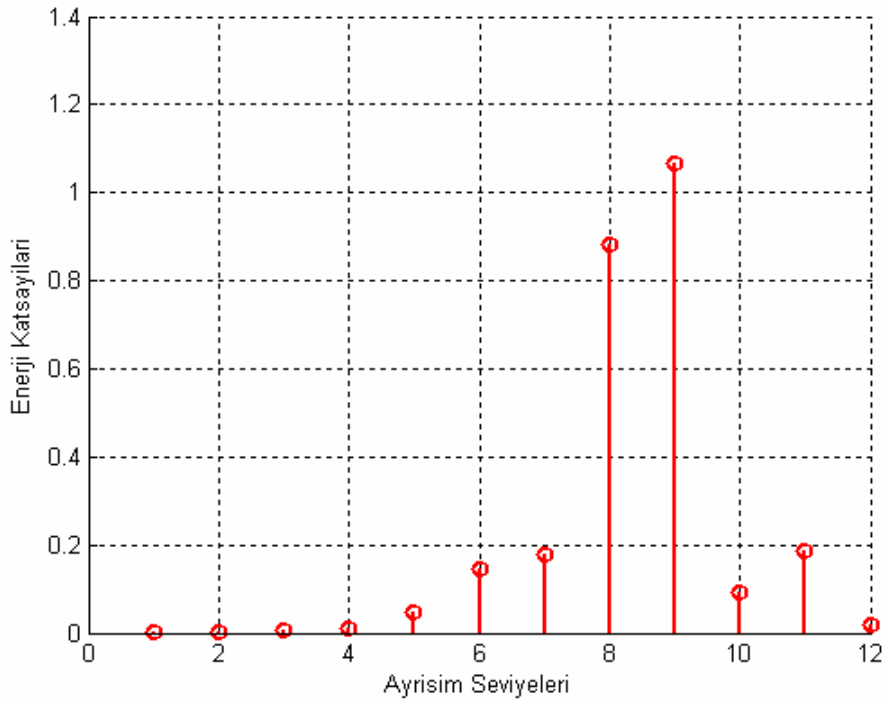
**Şekil 4.26.** Benzetimi yapılan saf sinüs işaretinin detay katsayılarına ait enerji dağılımı



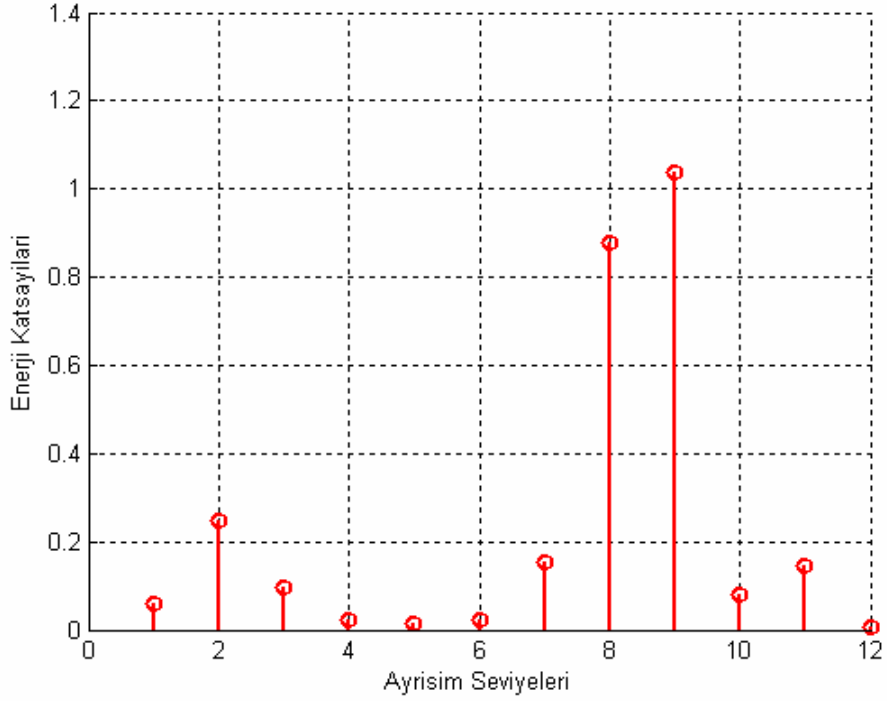
**Şekil 4.27.** Benzetimi yapılan gerilim yükselmesi içeren işaretin detay katsayılarına ait enerji dağılımı



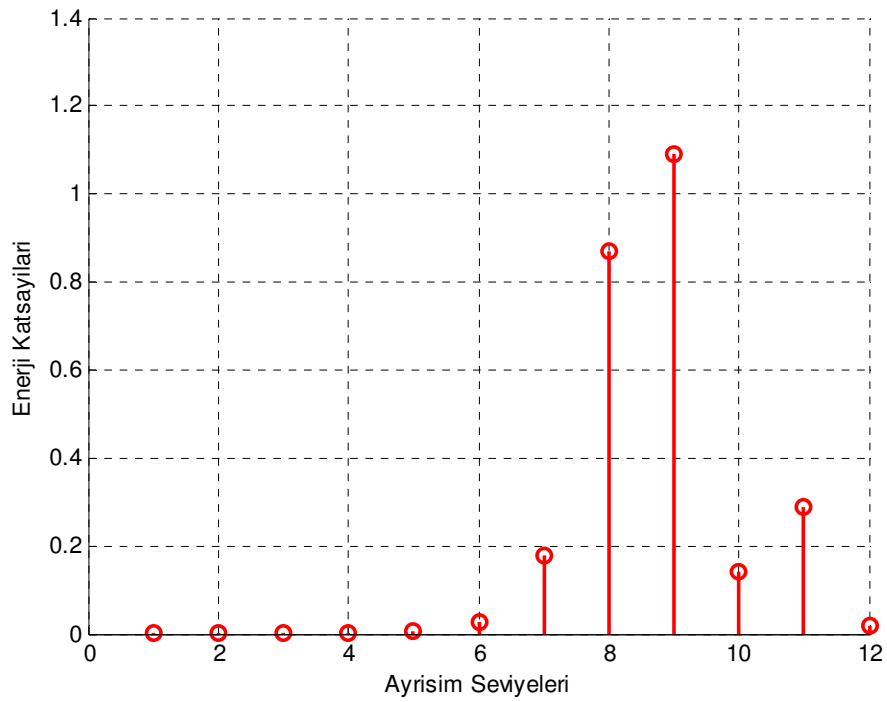
**Şekil 4.28.** Benzetimi yapılan gerilim çökmesi içeren işaretin detay katsayılarına ait enerji dağılımı



**Şekil 4.29.** Benzetimi yapılan 3. ve 5. harmoniğe sahip gerilim işaretinin detay katsayılarına ait enerji dağılımı



**Şekil 4.30.** Benzetimi yapılan 4kHz, 1.5 pu'luk geçici olay içeren gerilim işaretinin detay katsayılarına ait enerji dağılımı



**Şekil 4.31.** Benzetimi yapılan kırpışmalı işaretin detay katsayılarına ait enerji dağılımı

Yine toplam on dönemlik bir çalışma aralığı varsayılmış olup on dönemin ilk ikisi sağlıklı, sonra gelen üç dönem bozucu içeren (gerilim yükselmesi ve gerilim çökmesi işaretlerinden herhangi biri), daha sonra gelen beş dönem de yine sağlıklı

olarak varsayılmıştır. Oluşturulan gerilim yükselmesinin genliği %120, gerilim çökmesinin genliği %80 olarak alınmıştır. Genliği %15 olan 3. harmonik ve genliği %15 olan 5. harmonik içeren işaret on dönem boyunca oluşturulmuştur. 1.5 pu' lik 4 kHz sıklığa sahip geçici olay ise, 0.04 ve 0.1' inci sn' lerde iki kez oluşturularak her defasında 35 ms sürdürülmüştür. Genliği %10 olan ve 58 Hz ara harmoniğe sahip kırışma ise on dönem boyunca oluşturulmuştur.

Her bir bozucu için elde etmiş olduğumuz bu enerji dağılımı grafiklerine baktığımızda, gerilim çökmesi ve gerilim yükselmesi işaretlerinin sıklığında herhangi bir değişim olmadığı için, Çizelge 4.1.'e göre temel sıklık bileşenine yakın seviye değeri olan 8. ve 9. seviyelerde enerji değerleri değişmiştir. Referans işaret olarak aldığımız 50 Hz, 1 pu' lik saf sinüs işaretinin enerji dağılımı ile karşılaştırıldıklarında çökme işaretinde özellikle 8. ve 9. seviye değerindeki belirgin azalış, yükselme işaretinde 8. ve 9. 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 temel sıklığa yakın enerji seviyelerindeki artışın yanında, 5., 6. ve 7. seviyelerdeki enerji dağılımında da bir farklılık görülmektedir. Çizelge 4.1.'e göre özellikle 6. ve 7. seviyedeki artış, oluşturulan işaretin içerisinde 3. ve 5. harmonik bileşenlerinin bulunmasından ileri gelmektedir.

58 Hz ara harmonik içeren kırışmalı işarette ise 8 Hz ' lik kırışma sıklığı bulunduğu için özellikle 11. seviyedeki artış, ayırt edici bir özellik olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca 3. ve 5. harmonik içeren işaretin 11. seviyesinde de artış miktarı gözlemlenmektedir. Kırışmalı ve harmonikli işaret içeren iki işaretin enerji dağılımlarındaki fark ise, harmonikli gerilimler yüksek sıklık içerdiğinden harmonikli gerilimde 5., 6. ve 7. seviyelerdeki artış kırışmalı işarette yüksek sıklık olmadığından kırışmalı işarette gözlemlenememektedir.

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.

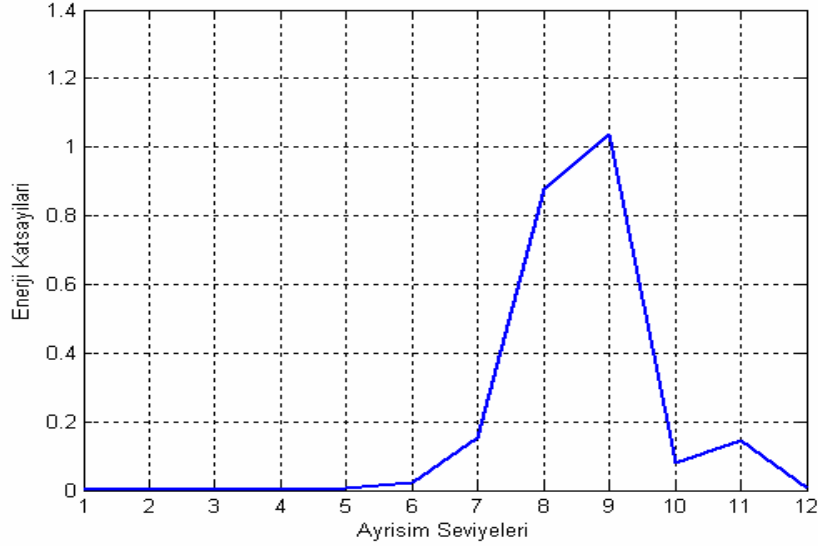
ADD 'nin başarımı tamamen bozucunun başlangıcında oluşabilecek yüksek sıklık bileşenlerine bağlıdır ve ADD olayın kendisini değil, olayın başlangıç ve bitişindeki yüksek sıklık bileşenlerini belirlemektedir. Bu çalışmada incelenen gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi ve kırışmalı gerilim alçak sıklıklı bileşenler içerdiğinden



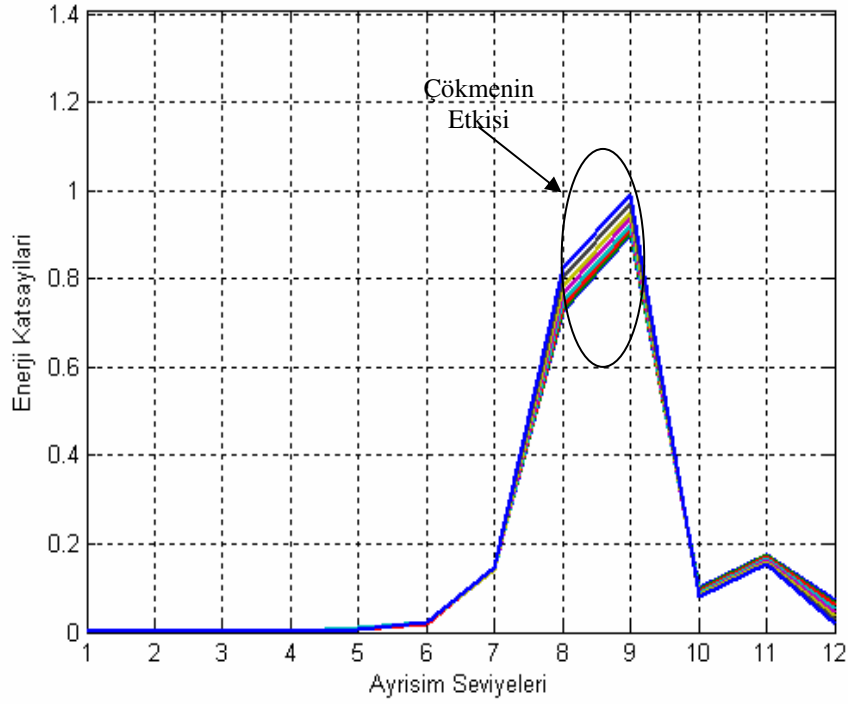
sadece ADD bu olayların belirlenmesinde başarısız olmaktadır. Eğer yüksek sıklıklı bileşen içermeyen güç kalitesi olayları oluşursa bu durumda çok uzun yani yüksek dereceli süzgeçler kullanılarak çözümlenmeler yapılmalıdır. Bu da işlem zamanının artmasına neden olacaktır. Harmonikli gerilim ve geçici olay içeren gerilim işaretlerinin başlangıç ve bitiş anlarında yüksek sıklıklı bileşenler bulunduğundan bu bozucuların başlangıç ve bitiş noktaları kestirilebilmekte ancak bozucuların tipine sadece ADD ile karar verilememektedir. Bu nedenle bozucuların sınıflandırılması için ADD' yle elde edilen detay katsayılarının enerjilerine bakılarak bozucular birbirinden ayırt edilmeye çalışılmıştır.

Oluşturulan bozucuların enerji dağılım grafiklerine baktığımızda oluşturduğumuz beş farklı bozucunun görsel olarak birbirinden ayırt edilebildiği ve veri boyutunun da çok düşük değerlere indirilebildiği görülmektedir (Kocaman ve Özdemir, 2009).

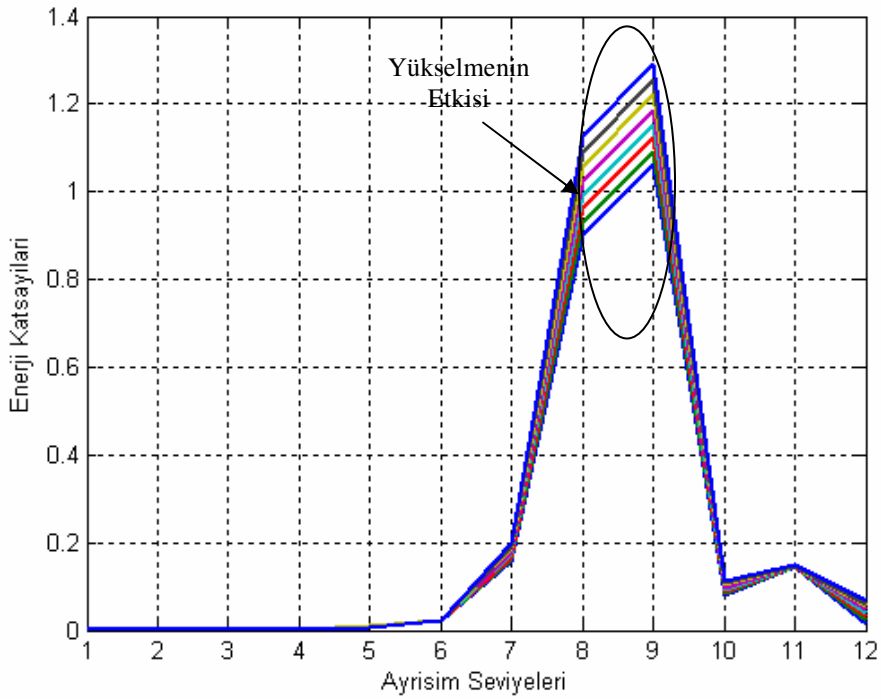
Dalgacık tabanlı enerji dağılım özelliklerini kullanarak GKB türlerinin ayırt edici karakteristiğini yansıtan özelliklerin dağılımı Şekil 4.32.-4.37. 'de verilmektedir.



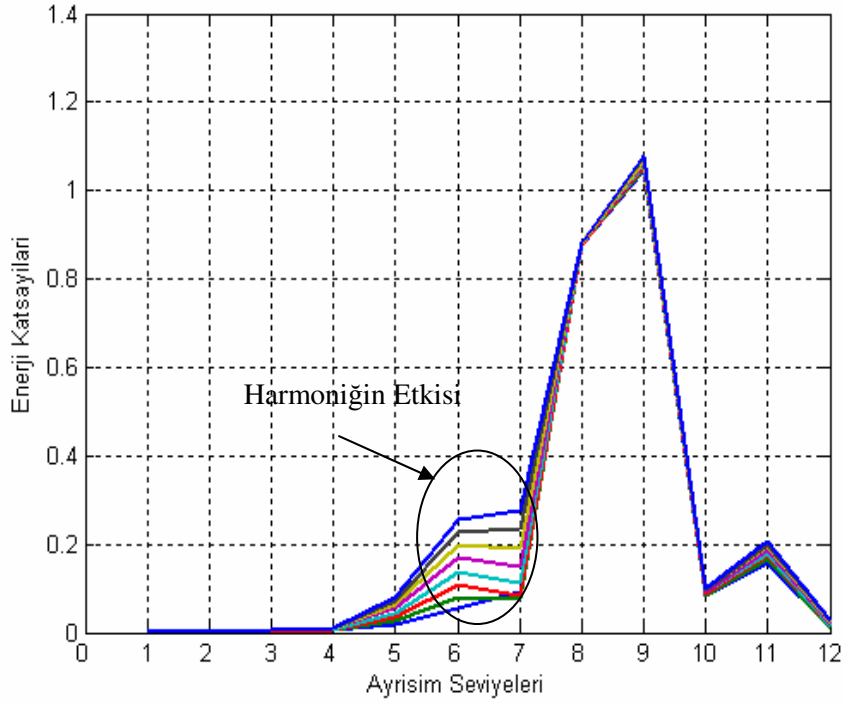
**Şekil 4.32.** Dalgacık tabanlı enerji dağılım özellikleri kullanılarak saf sinüs işaretinin ayırt edici karakteristiğini yansıtan özelliklerin dağılımı



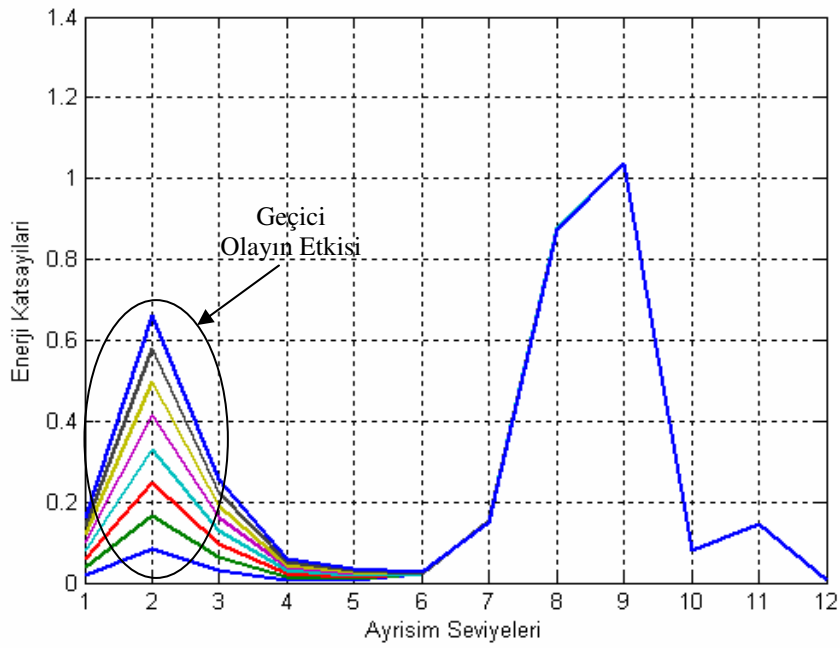
**Şekil 4.33.** Dalgacık tabanlı enerji dağılım özellikleri kullanılarak gerilim çökmesi işaretinin ayırt edici karakteristiğini yansıtan özelliklerin dağılımı



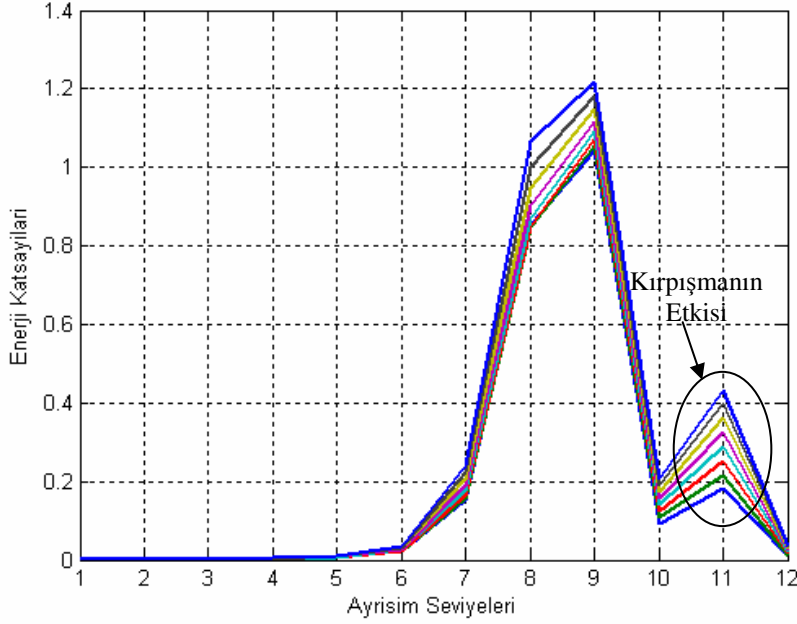
**Şekil 4.34.** Dalgacık tabanlı enerji dağılım özellikleri kullanılarak gerilim yükselmesi işaretinin ayırt edici karakteristiğini yansıtan özelliklerin dağılımı



**Şekil 4.35.** Dalgacık tabanlı enerji dağılım özellikleri kullanılarak harmonikli işaretin ayırt edici karakteristiğini yansıtan özelliklerin dağılımı



**Şekil 4.36.** Dalgacık tabanlı enerji dağılım özellikleri kullanılarak geçici olay içeren işaretin ayırt edici karakteristiğini yansıtan özelliklerin dağılımı



**Şekil 4.37.** Dalgacık tabanlı enerji dağılım özellikleri kullanılarak kırpışma içeren işaretin ayırt edici karakteristiğini yansıtan özelliklerin dağılımı

d8 ve d9 katsayıları gerilim yükselmesi ve gerilim çökmesi bozucuları için önemlidir; çünkü bu bozucular oluştuğunda sistemin sıklığı değişmemekte, sadece gerilimin genliği değişmektedir. Bu nedenle şebeke sıklığına karşılık gelen d8 ve d9 katsayıları gerilim yükselmesi ve gerilim çökmesi bozucularını ayırt etmede önemli bir role sahiptir. Şekil 4.33.'de gerilim çökmesinin genliği artırılarak elde edilen dağılımı Şekil 4.32.'deki saf sinüs işaretinin dağılımıyla karşılaştırıldığında d8 ve d9 katsayılarındaki azalış dikkat çekmektedir. Benzer şekilde Şekil 4.34.'te gerilim yükselmesinin genliği artırılarak elde edilen dağılım Şekil 4.32.'deki saf sinüs işaretinin dağılımıyla karşılaştırıldığında d8 ve d9 katsayılarında belirgin bir artış görülmektedir.

Benzetimler yapılırken güç sistemlerinde en fazla görülmelerinden dolayı üçüncü ve beşinci harmoniğe kadar harmonik içeren gerilimler alındığı için harmonikli işarete üçüncü harmoniğin sıklık bant aralığına karşılık gelen d7 ve beşinci harmoniğin sıklık bant aralığına karşılık gelen d6 katsayıları, harmonikli işareti belirlemede önemli bir yere sahiptir. Şekil 4.35.'te harmonikli işaretin genliği artırıldığında belirgin olarak d6 ve d7 katsayılarının arttığı görülmektedir ve Şekil 4.32.'deki saf sinüs işaretiyle karşılaştırıldığında belirtilen katsayıların harmonikli işareti belirlemede kullanılabileceği görülmektedir. Harmonikli işaretin genliği arttırıldıkça d11

katsayılarındaki artış kırpışmalı işareti belirlemede kullanılan d11 katsayılarındaki artışla benzerdir. Ancak harmonikli işaret oluştuğunda d11 katsayılarındaki artışın yanında belirgin bir şekilde d6 ve d7 katsayılarında artışın olması harmonikli işaretin kırpışmalı işareten farkı olarak görülmektedir.

Geçici olay ise yüksek sıklığa sahip olacağından özellikle d1 ve d2 katsayılarında artış olması beklenmektedir. Şekil 4.36.'da geçici olay içeren işaretin sıklığı değiştirilmeyip sadece genliği değiştirilerek elde edilen enerji dağılım grafiği Şekil 4.32.'deki saf sinüs işaretinin enerji dağılım grafiğiyle karşılaştırıldığında özellikle d1 ve d2 katsayılarındaki farklılık göze çarpmaktadır.

Yine 8 Hz kırpışma sıklığına sahip olan kırpışmalı işaretin genliği arttırılarak Şekil 4.37.'de elde edilen enerji dağılım grafikleri Şekil 4.32.'deki saf sinüs işaretinin enerji dağılım grafikleriyle karşılaştırıldığında özellikle 8 Hz'in içine girdiği sıklık bant aralığı olan d11 katsayılarında belirgin bir artış görülmektedir.

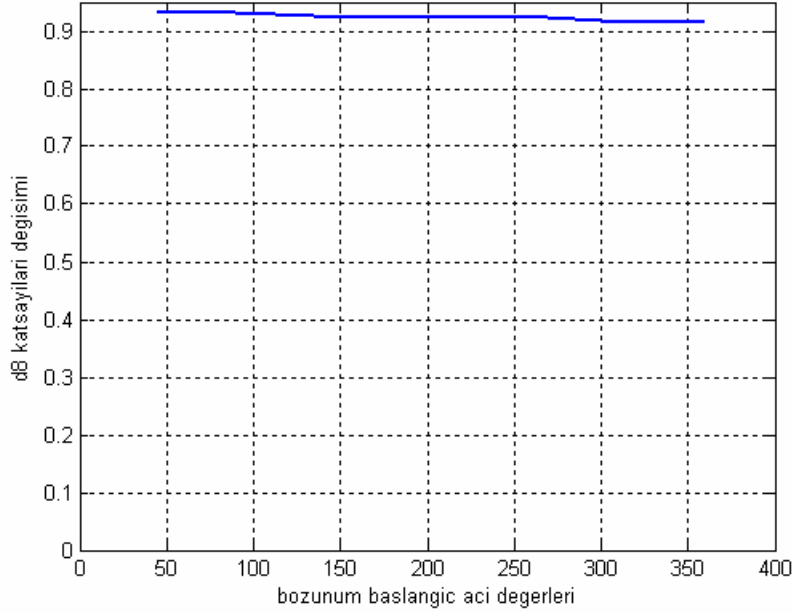
#### **4.3.1. Farklı Noktalarda Oluşturulan Güç Kalitesi Bozucularının Enerji Yöntemi İle Çözümlemesi**

Buraya kadar yapılan çalışmalarda enerji dağılım özelliklerini elde edebilmek için oluşturulan bozucular, gerilimin sıfır geçişlerinde oluşturulmuştur. Pratikte bozucuların bu noktada oluşmasının garantisi yoktur. Bu nedenle enerji yöntemiyle özellik çıkarım yönteminin, bozucunun oluşum yerine göre farklı sonuçlar verip vermediğini anlayabilmek amacıyla birbirlerinden farklı özellik gösterdiği için seçilen sekiz farklı noktada (gerilimin  $45^0$ ,  $90^0$ ,  $135^0$ ,  $180^0$ ,  $225^0$ ,  $270^0$ ,  $315^0$  ve  $360^0$  geçişlerinde) bozucular oluşturulmuştur. Oluşturulan bozucular için Çizelge 4.1.'e göre hangi enerji seviyesi veya enerji seviyeleri önem kazanıyorsa o bozucuya ait enerji seviyesinin veya seviyelerinin yukarıda belirtilen sekiz farklı noktadaki değişimine bakılmıştır.

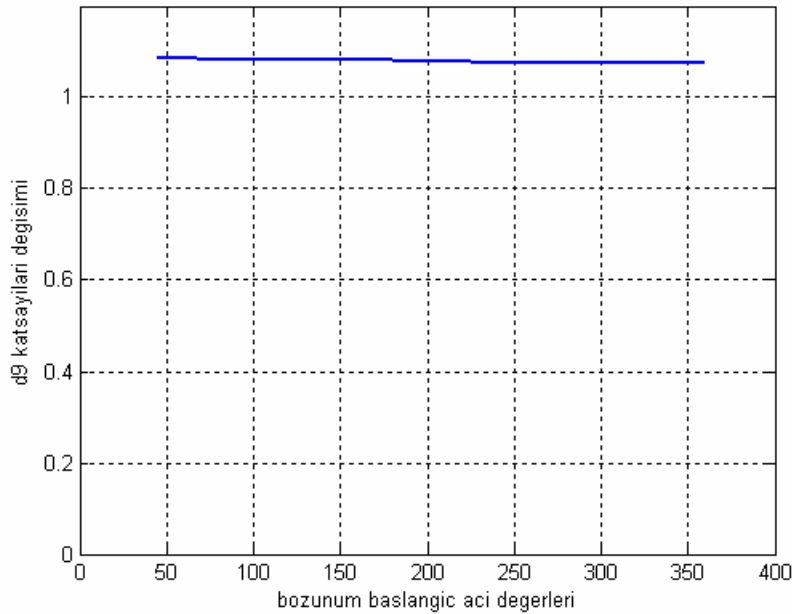
##### **4.3.1.1. Farklı Noktalarda Oluşturulan Gerilim Yükselmesi İşareti**

Bilindiği gibi sistemde gerilim yükselmesi olduğunda işaretin sıklığı değişmemekte sadece genliği değişmektedir. Bu nedenle, işaret gerilim yükselmesi olduğunda da temel sıklık bileşeninde kalmaktadır. Çizelge 4.1.'e göre temel sıklık bileşenine yakın seviye değeri olan 8. ve 9. seviyelerdeki enerji değerleri gerilim yükselmesi işareti için önem kazanmaktadır. Bu nedenle birbirinden farklı özellik

gösteren sekiz farklı noktada başlatılan gerilim yükselmesi içeren işaretin d8 ve d9 katsayılarının değişimi sırasıyla Şekil 4.38. ve Şekil 4.39.'da görülmektedir.



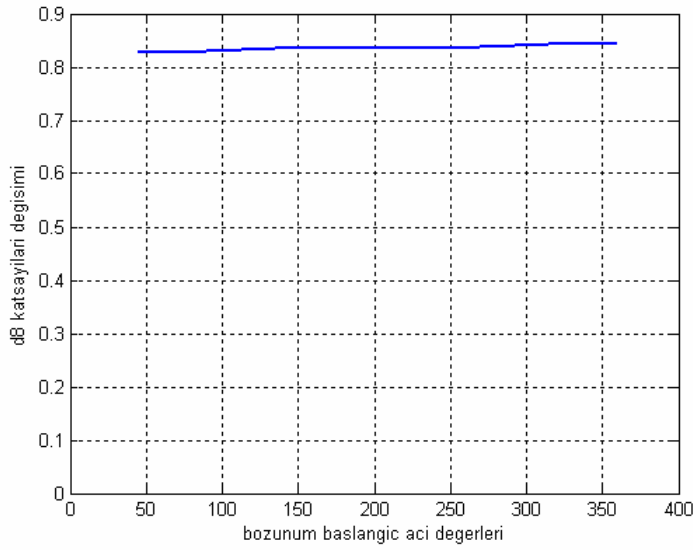
**Şekil 4.38.** Sırasıyla sinüsün sıfır geçiş dışındaki 8 farklı noktada başlatılan gerilim yükselmesi içeren işaretin d8 katsayılarının değişimi



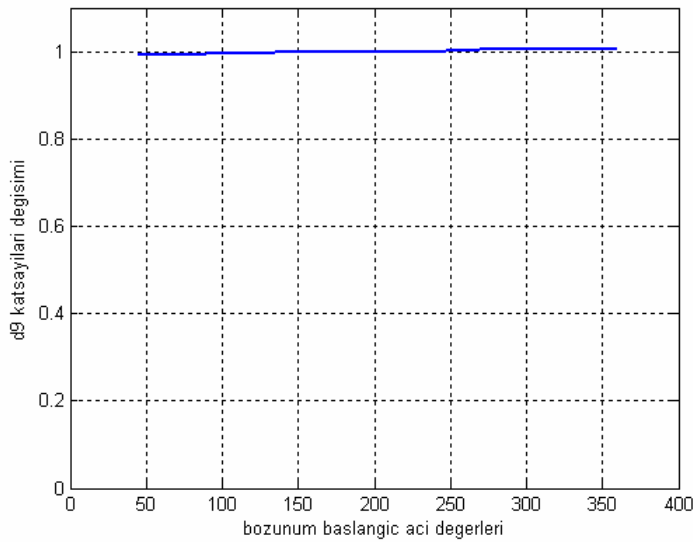
**Şekil 4.39.** Sırasıyla sinüsün sıfır geçiş dışındaki 8 farklı noktada başlatılan gerilim yükselmesi içeren işaretin d9 katsayılarının değişimi

### 4.3.1.2. Farklı Noktalarda Oluşturulan Gerilim Çökmesi İşareti

Gerilim çökmesi oluştuğunda işaretin sıklığında herhangi bir değişim olmadığı için Çizelge 4.1.'e göre temel sıklık bileşenine yakın seviye değeri olan 8. ve 9. enerji seviyelerindeki enerji değerleri, gerilim çökmesi işareti için önem kazanmaktadır. Bundan dolayı bu yöntemin gerilim çökmesi oluştuğunda, bozucunun oluşum yerine göre farklı sonuçlar verip vermediğini anlayabilmek için daha önceden belirtilen sekiz farklı noktadaki d8 ve d9 katsayılarının değişimine bakılmıştır. Bu katsayıların sekiz farklı özellikteki açığa göre değişimi Şekil 4.40. ve 4.41.'de verilmiştir.



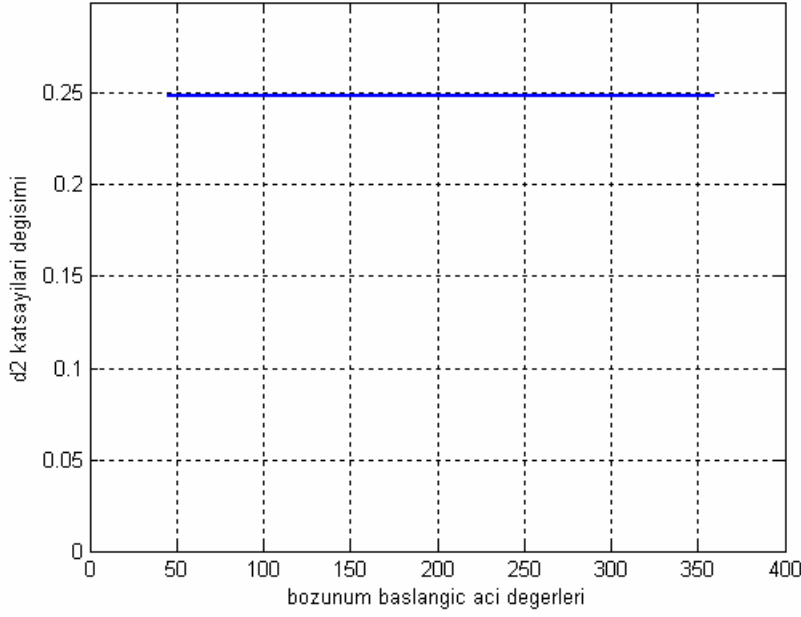
**Şekil 4.40.** Sırasıyla sinüsün sıfır geçiş dışındaki 8 farklı noktada başlatılan gerilim çökmesi içeren işaretin d8 katsayılarının değişimi



**Şekil 4.41.** Sırasıyla sinüsün sıfır geçiş dışındaki 8 farklı noktada başlatılan gerilim çökmesi içeren işaretin d9 katsayılarının değişimi

### 4.3.1.3. 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 35 ms boyunca oluşturulmuştur. Çizelge 4.1.'e göre 4 kHz'lik bileşenin devrede olması d2 katsayılarını etkileyeceğinden, bozucuların oluşum yerleri değiştirilip bu katsayının değişimine bakılmıştır. Şekil 4.42.'de d2 katsayılarının geçici olayın farklı açı değerlerine göre değişimi verilmektedir.



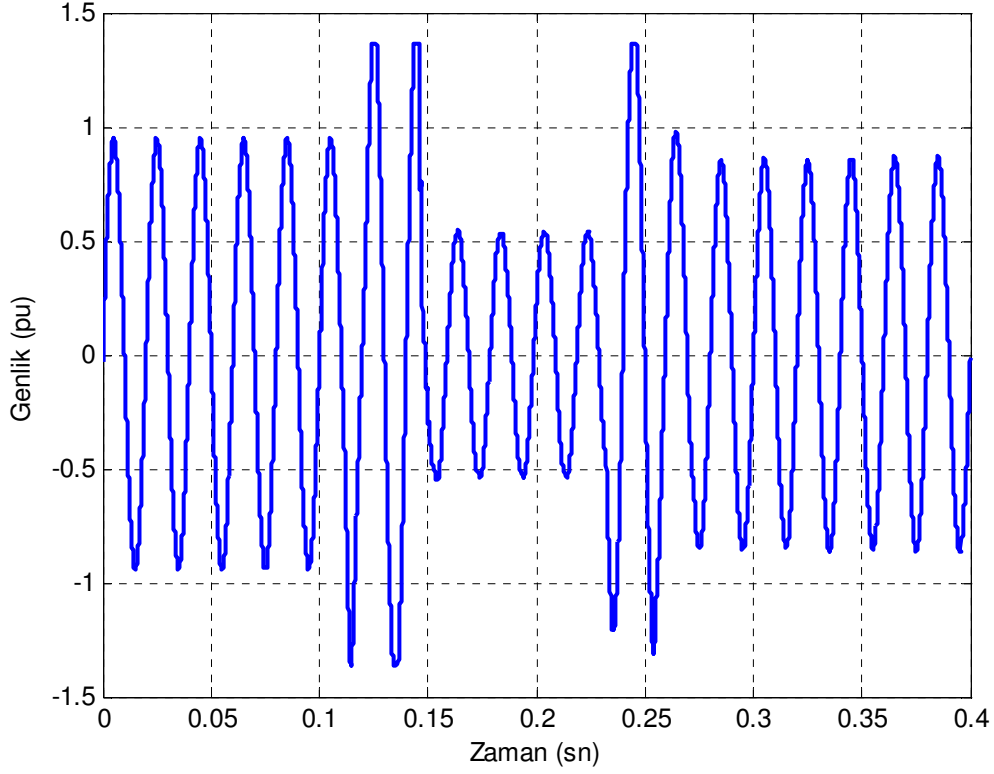
**Şekil 4.42.** Sırasıyla sinüsün sıfır geçiş dışındaki 8 farklı noktada başlatılan geçici olay içeren işaretin d2 katsayılarının değişimi

İlk önce gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi ve geçici olay içeren gerilim olmak üzere üç farklı bozucu gerilimin sıfır geçiş noktalarında MATLAB' da oluşturulmuştur. Harmonikli işaret ve kırışmalı işaret işaretin tamamında oluşabileceğinden bu bozucuların oluşum yerinin etkisine bakılmamıştır. Oluşturulan bozucuların enerji dağılım grafiklerine baktığımızda oluşturduğumuz üç farklı bozucunun görsel olarak birbirinden ayırt edilebildiği görülmektedir. Elde edilen bu özelliklerle akıllı sistemlere dayalı yöntemler ile bozucuların türü iyi bir şekilde sınıflandırılabilir. Ancak pratikte bozucuların gerilimin sıfır geçiş noktasında oluşmasının bir garantisi yoktur. Bu nedenle birbirinden farklı özellik gösteren sekiz farklı noktada (gerilimin  $45^0$ ,  $90^0$ ,  $135^0$ ,  $180^0$ ,  $225^0$ ,  $270^0$ ,  $315^0$  ve  $360^0$  geçişlerinde) üç bozucu yeniden oluşturulmuştur. Oluşturulan bozucular için Çizelge 4.1.'e göre hangi



enerji seviyesi veya enerji seviyeleri önem kazanıyorsa o bozucuya ait enerji seviyesinin veya seviyelerinin yukarıda belirtilen sekiz farklı noktadaki değişimine bakılmıştır. Gerilim yükselmesi ve gerilim çökmesi bozucularında işaretin sıklığında herhangi bir değişim olmayıp sadece genlikleri değiştiği için oluşturulan işaretler yine temel sıklık bileşenindedirler. Bu nedenle her iki bozucuda da d8 ve d9 katsayıları önem kazanmaktadır. Gerilim yükselmesi bozucusunda d8 katsayıları 0.9145-0.9338 aralığında %2.066'lık bir değişim gösterirken, d9 katsayıları 1.0742-1.0888 aralığında %1.34'lük bir değişim göstermektedir. Gerilim çökmesi oluşturulduğunda ise d8 katsayıları 0.8278-0.8447 aralığında %2'lik bir değişim gösterirken d9 katsayıları ise 0.992-1.0054 aralığında %1.33'lük bir değişim göstermektedir. Sistemde 4 kHz' lik geçici olay oluşturulduğunda ise d2 katsayıları önem kazanmaktadır ve bu bozucunun oluşum yeri değiştirildikçe de d2 katsayıları 0.2486 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 (Kocaman ve ark., 2009).

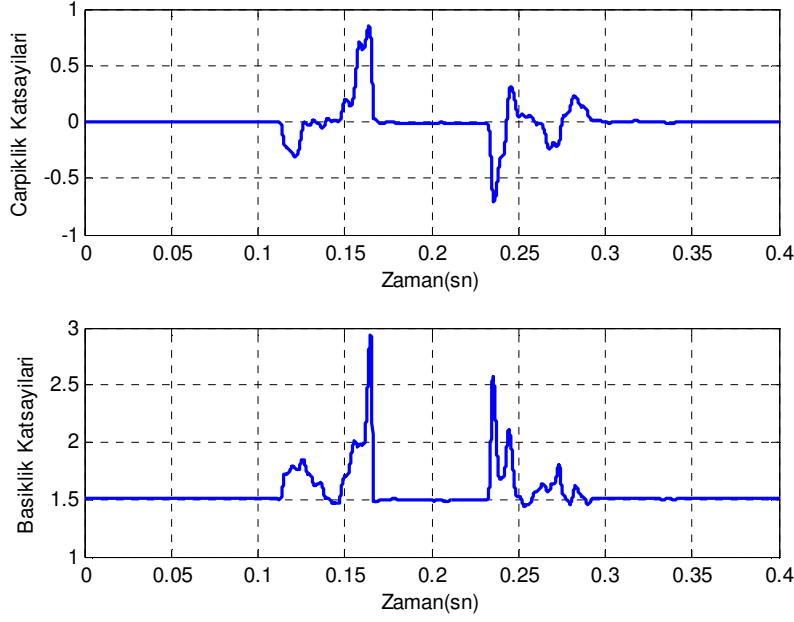
Bölüm 4.1.' de kullanılan istatistiksel yöntemin ve Bölüm 4.3.' te kullanılan dalgacık tabanlı enerji dağılım özelliğini kullanan yöntemin karşılaştırılması amacıyla gerçek bir sistemden örnek veriler alınmıştır. Örnek olarak alınan veriler TEİAŞ, Tübitak Uzay, ODTÜ, HÜ, YTÜ ve DEÜ ile birlikte yürütülen '*Güç Kalitesi Milli Projesi*' kapsamında izlenen Alanya bölgesine ait 33,6 kV'luk bir trafonun ikincil kısmıdır. Örnekleme sıklığı 25.6 kHz olup sisteme ait 0.4 sn.lik verinin normalize edilmiş şekli Şekil 4.43.'de verilmiştir. Örnek dalga şekli hem yükselme ve hem de çökme bozucuları içermektedir, bu nedenle söz edilen iki yöntemin karşılaştırılması için iyi bir örnek olacağı düşünülmüştür.



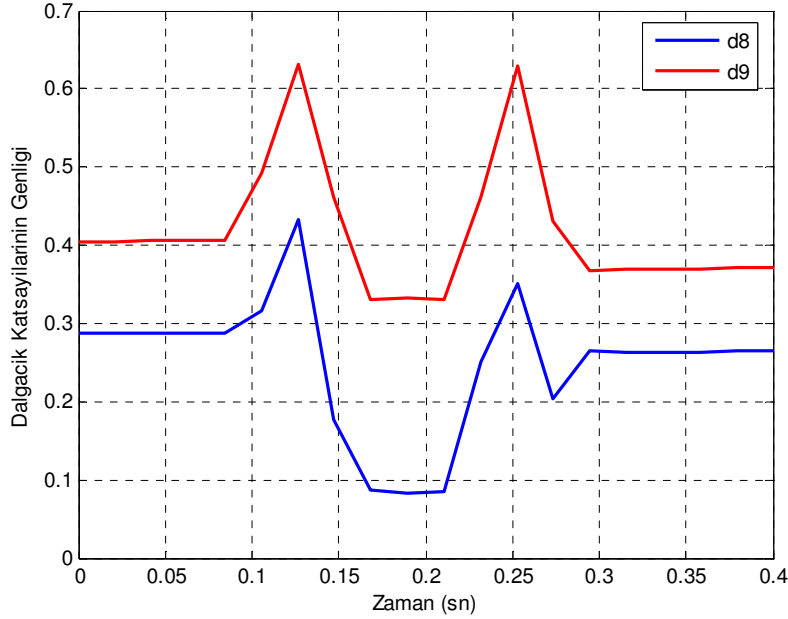
**Şekil 4.43.** Gerçek sistemden alınan örnek dalga şekli

Dalga şekline ait çarpıklık ve basıklık katsayılarına ait çizim Şekil 4.44.'te verilmiştir. Şekil 4.44 incelendiğinde yükselme ve çökmeleri belirlemekte kullanılan çarpıklık katsayıları bozucuların oluşum anının sıfır geçiş noktasında olmamasından dolayı yükselme anında çarpıklık katsayıları düşmüş ve bundan dolayı çökme bozucusu olarak algılanmış, benzer şekilde çökme anında da çarpıklık katsayılarının yükselmesinden dolayı yükselme bozucusu olarak algılanmıştır. Yapılan farklı oluşum anlarına ait benzer olaylarda da aynı sorun görülebilmektedir.

Dalgacık enerji katsayılarına ait çizim ise Şekil 4.45'te verilmiştir. Bu çizim çökme ve yükselme bozucuları için önemli olan d8 ve d9 katsayıları enerjilerinin her bir dönem için hesaplanmasıyla elde edilmiştir. Referans alınan 20 dönemlik saf sinüs için belirlenen d8 eşiği 0.2994, d9 eşiği ise 0,4442'dir. Yükselme ve çökme durumlarında bu enerjiler olması gerektiği gibi yükselmekte ve azalmaktadır. Ayrıca farklı noktalarda oluşan benzer bozucular için de aynı sonuçlar elde edilmiş ve yöntemin sağlıklı çalıştığı gözlemlenmiştir (Kocaman ve Özdemir, 2009).



Şekil 4.44. Çarpıklık ve basıklık katsayılarının şekli



Şekil 4.45. Dalgacık enerji katsayılarının şekli

#### 4.4. Güç Kalitesi Bozucularının Destek Vektör Makineleriyle Sınıflandırılması

##### 4.4.1. Temel Güç Sistem Sıklığındaki (50 Hz) GKB İşaretlerinin DVM İle Sınıflandırılması

Bu bölümde, temel güç sistem sıklığındaki gerilim çökmesi, gerilim yükselmesi, harmonikli gerilim, geçici olay ve kırışmadan oluşan güç kalitesi bozucularının ve saf sinüsün sınıflandırılmasında DVM' nin gösterdiği başarımlar incelenmiştir.

Güç kalitesi bozucularının sınıflandırılmasında kullanılan yöntemlerin başarımını karşılaştırmak için veri bankalarının olmaması, bu alanda yapılan çalışmaları zorlaştırmıştır. Veriler oluşturulurken verilerin yeterli sayıda olması, standartlarda tanımlanan tanımlara uyum sağlaması ve en önemlisi güç sistemlerinde sıkça karşılaşılan güç kalitesi bozucu işaretlerini kapsaması gerekmektedir. Güç sistemlerinde sıkça karşılaşılan ve GKB işaretlerini yaklaşık olarak temsil eden matematiksel modele dayalı veri üretim yaklaşımı, bu sorunu en az düzeye indirgeyebilmek amacıyla önerilmektedir. IEEE 1159 standartlarında belirtilen aralıklar arasında olan GKB işaretlerini elde etmek için kullanılan denetim parametreleri ve matematiksel modeller Çizelge 4.2.'de verilmektedir.

**Çizelge 4.2.** Matematiksel modele dayalı veri üretimi için kullanılan eşitlikler ve parametreleri

GKB Türü	Matematiksel Model	Denetim Parametreleri
Saf Sinüs	$y(t) = A \sin(\omega t)$	$A=1(\text{pu}), f=50 \text{ Hz}$
Gerilim Çökmesi	$y(t) = A(1 - \alpha(u(t-t_1) - u(t-t_2))) \sin(\omega t)$	$0.1 \leq \alpha \leq 0.9;$ $T \leq t_2 - t_1 \leq 10T$
Gerilim Yükselmesi	$y(t) = A(1 + \alpha(u(t-t_1) - u(t-t_2))) \sin(\omega t)$	$0.1 \leq \alpha \leq 0.8;$ $T \leq t_2 - t_1 \leq 10T$ $t_1 < t_2, u(t) = \begin{cases} 1, t \geq 0, \\ 0, t < 0 \end{cases}$
Harmonik Bozucu	$y(t) = A(\alpha_1 \sin(\omega t) + \alpha_3 \sin(3\omega t) + \alpha_5 \sin(5\omega t))$	$0.05 \leq \alpha_3 \leq 0.3$ $0.05 \leq \alpha_5 \leq 0.2$
Geçici Olay	$y(t) = \sin(\omega t) + (\alpha \exp(-250bt) \sin(2\pi f_g t))$	$0.5 \leq \alpha \leq 4$ $0.3 \leq b \leq 50 \text{ ms}$ $1000 \leq f_g < 5000$
Kırpışma	$y(t) = \sin(2\pi f t) + \alpha \sin(2\pi(f + f_\beta)t)$	$0.1 \leq \alpha \leq 0.8$ $8 \leq f_\beta \leq 10$

Gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi, harmonikli gerilim, geçici olay içeren gerilim ve kırpışmalı gerilim olmak üzere beş adet güç kalitesi bozucuları farklı senaryolar kullanılarak elde edilmiştir.

Gerilim yükselmesi ve gerilim çökmesi bozucuları için bu bozucuların genlikleri ve oluşum süreleri önemlidir. Oluşturulan bu güç kalitesi bozucuları IEEE Güç Kalitesi Standartlarına göre oluşturulmuşlardır. Ele alınan tüm işaretler için toplam on dönemlik çalışma aralığı seçilmiştir. Örnekleme sıklığı 25.6 kHz alınmıştır.

Pratikte, bozucuların gerilimin sıfır geçiş noktasında oluşmasının bir garantisi yoktur. Bu nedenle, gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi ve geçici olay içeren gerilim ilk başta birbirinden farklı özellik gösteren yirmi bir farklı noktada oluşturulmuştur. On dönem boyunca harmonikli gerilim ve kırpışmalı gerilim oluşturulduğu için farklı noktalarda bu bozucular oluşturulmamıştır. Bu noktalarda oluşturulan gerilim çökmesi ve gerilim yükselmesi bozucuları bozucunun oluşum yerine bağlı olarak dört ile beş dönem arasında sürmüştür ve oluşturulan gerilim çökmesinin genliği 0.5 pu iken gerilim yükselmesinin genliği 1.5 pu' dir. Geçici olayın genliği 1.5 pu alınarak farklı özellikteki yirmi bir farklı noktada oluşturulmuştur.

Daha sonra üç dönemlik çökme ve yükselme bozucuları gerilimin sıfır geçiş noktasında oluşturulmuş, bu durumda oluşturulan gerilim çökmesinin genliği 0.1 pu'den 0.9 pu' e kadar değiştirilirken, oluşturulan gerilim yükselmesinin genliği 1.1 pu 'den 1.8 pu' e kadar değiştirilmiştir. Tamamı harmonik içeren işaret ve tamamı kırpışma içeren işaretin genliği harmonikli işarete üçüncü harmonik için 0.05 pu'den 0.3 pu'e kadar, beşinci harmonik için 0.05 pu'den 0.2 pu'e kadar, kırpışma için 0.1 pu' den 0.8 pu' e kadar değiştirilmiştir. 35 ms süren ve 4 kHz sıklığa sahip geçici olay içeren işaretin genliği ise 0.5 pu' den 4 pu' e değiştirilmiştir.

Sonrasında gerilim yükselmesi ve gerilim çökmesi içeren güç kalitesi bozucularının oluşum süreleri 0.5 dönemden 7 döneme kadar değiştirilmiş, burada oluşturulan gerilim çökmesinin genliği 0.5 pu alınırken gerilim yükselmesinin genliği 1.5 pu olarak alınmıştır. 1.5 pu genliğe sahip geçici olay içeren işaretin geçici olay oluşturulma süresi ise 5 ms' den 50 ms' ye kadar değiştirilmiştir.

Yine kırpışmalı işaretin sıklığı 8-10 Hz arasında değiştirildiğinde genliği 0.1 pu olarak alınmış ve geçici olayın sıklığı 800-6400 Hz arasında değiştirildiğinde genliği 1 pu alınarak veriler oluşturulmuştur.

Saf sinüs gerilimi referans olarak ele alınmıştır. Çizelge 4.3.'te matematiksel modele dayalı olarak elde edilen GKB türleri, sınıf etiketleri ve oluşturulan işaretlerin sayıları verilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Matematiksel modele dayalı GKB türleri ve işaretlerin sayısı

GKB Türü	Sınıf Etiketi	İşaretlerin Sayısı
Gerilim Çökmesi	S1	43
Gerilim Yükselmesi	S2	43
Harmonikli Gerilim	S3	43
Geçici Olay İçeren Gerilim	S4	43
Kırpışmalı Gerilim	S5	43
Saf Sinüs	S6	43
<b>Toplam</b>		258

Şekil 4.46.' da dalgacık tabanlı enerji dağılım özellikleri kullanılarak oluşturulan DVM sınıflandırma sisteminin blok şeması görülmektedir.

Matematiksel yolla oluşturulan beş çeşit GKB verileri elde edildikten sonra Eş. (4.1)' de belirtildiği gibi işaretler normalize edilmiştir.

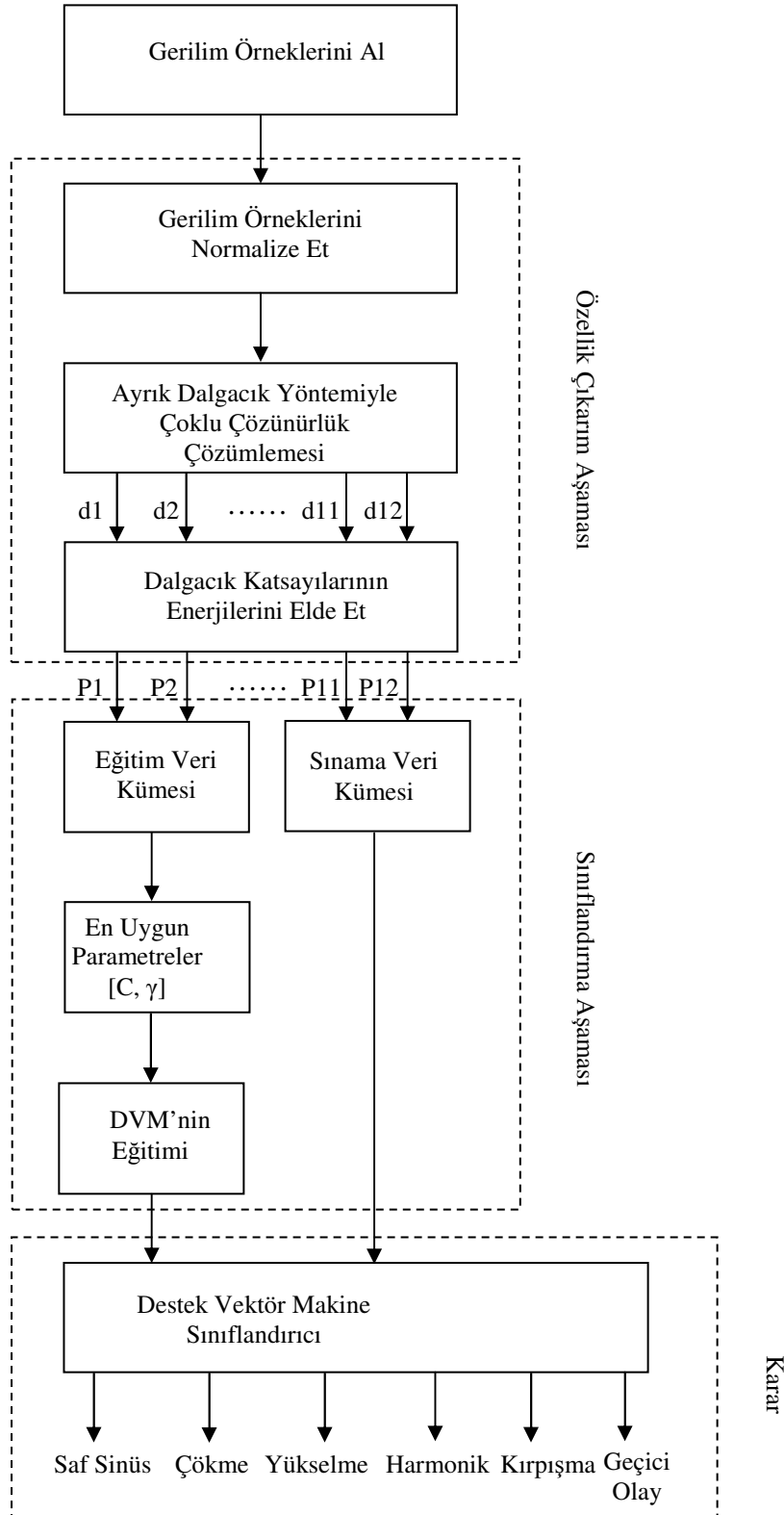
$$GKB = \frac{GKB}{\max(|GKB[n]|)} \quad (4.1)$$

n=Bozucu öncesi ilk döneminin örnek sayısını ifade etmektedir. Eş. (4.1) ile farklı gerilim seviyelerindeki GKB işaretleri birim genlik değerinde ( $\rho$ ) ölçeklendirilmiştir (Uyar, 2008).

Normalizasyon işlemi gerçekleştirildikten sonra ADD sonunda elde edilen d1, d2,.....,d12 detay katsayılarının enerjisinin alınmasıyla toplam 258 işaretin özellik vektörü çıkarılmıştır. Özellik vektörünün çıkarım süreci Bölüm 3.3' te ayrıntılı bir şekilde belirtildiği için bu konuya burada detaylı olarak değinilmemiştir. Oluşturulan bu verilerin yarısı eğitim aşamasında, diğer yarısı ise sınama aşamasında kullanılmıştır.

Eğiticili bir sınıflandırma algoritması olan DVM'de dışarıdan bir eğiticinin sisteme karışması söz konusu olduğu için eğitim aşamasında sisteme giriş ve çıkış ikilisinden oluşan örnekler birlikte sunulmaktadır. Böylece DVM'nin girişi çıkarılan özellik vektöründen oluşurken, çıkışı ise sınıf sayısına bağlı olarak etiket değerleriyle temsil edilmektedir. Eğitim veri kümesinde istenilen çıkış her rakam bir sınıfı temsil

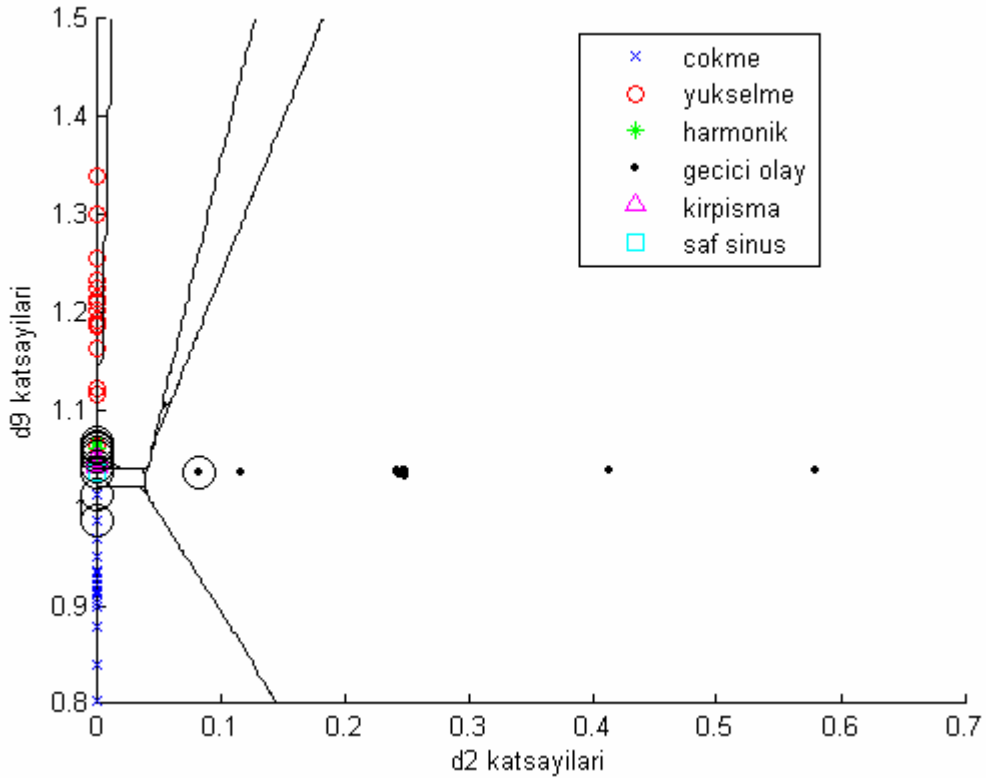
edecek şekilde 1, 2, ...,N olacak şekilde etiketlenirler. N sayısı ise sınıf sayısını belirtmektedir.



**Şekil 4.46.** Dalgacık tabanlı enerji dağılım özellikleri kullanılarak oluşturulan DVM sınıflandırma sisteminin blok şeması

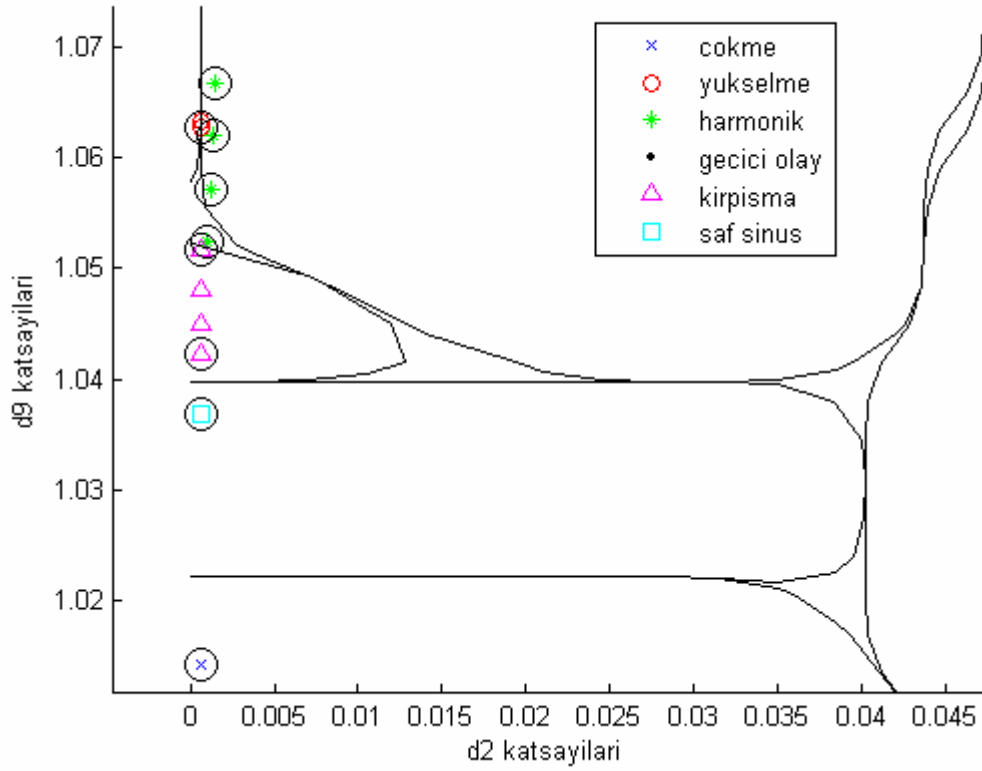
Bu tezde sınıflandırma işlemi altı sınıfı ayıracağından 6 adet etiket oluşturulmuştur. Oluşturulan bozucuların dalgacık katsayılarının enerjileri özellik vektörü olarak kullanılarak, tasarlanan destek vektör makinesiyle sınıflandırılmış ve yüksek doğrulukta sınıflandırma elde edilmiştir.

GKB olaylarını ayırt edebilme yeteneği aynı zamanda kümeleme yaklaşımıyla görsel olarak verilmektedir. d2(6400 Hz - 3200 Hz)-d9(50 Hz - 25 Hz), d4(1600 Hz - 800 Hz)-d9(50 Hz - 25 Hz) ve d9 (50 Hz - 25 Hz) - d11(12.5 Hz - 6.25 Hz) özellik çiftlerinin oluşturulan beş çeşit bozucu ve saf sinüsü sınıflandırmada iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Elde edilen bu dört özelliğin (d2, d4, d9, d11) GKB işaretlerini sınıflandırmada baskın özellik olduğu söylenebilir. Şekil 4.47.a., d2 ve d9 katsayılarına göre, Şekil 4.48.a., d4 ve d9 katsayılarına göre, Şekil 4.49.a. ise d9 ve d11 katsayılarına göre oluşturulan beş bozucunun ve saf sinüs işaretinin DVM kullanılarak sınıflandırılmasını belirtmektedir.

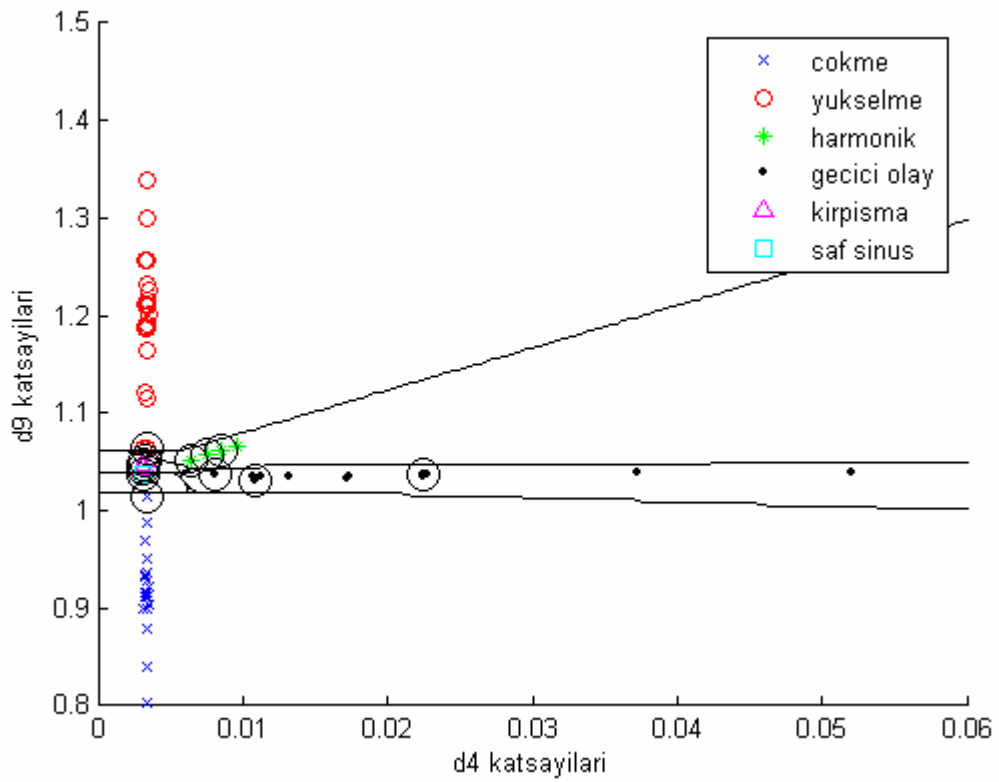


**Şekil 4.47.a.** GKB işaretlerinin ve saf sinüsün DVM kullanılarak sınıflandırılması (C=0.8)(Daire içinde belirtilen veriler destek vektörlerini temsil etmektedirler)

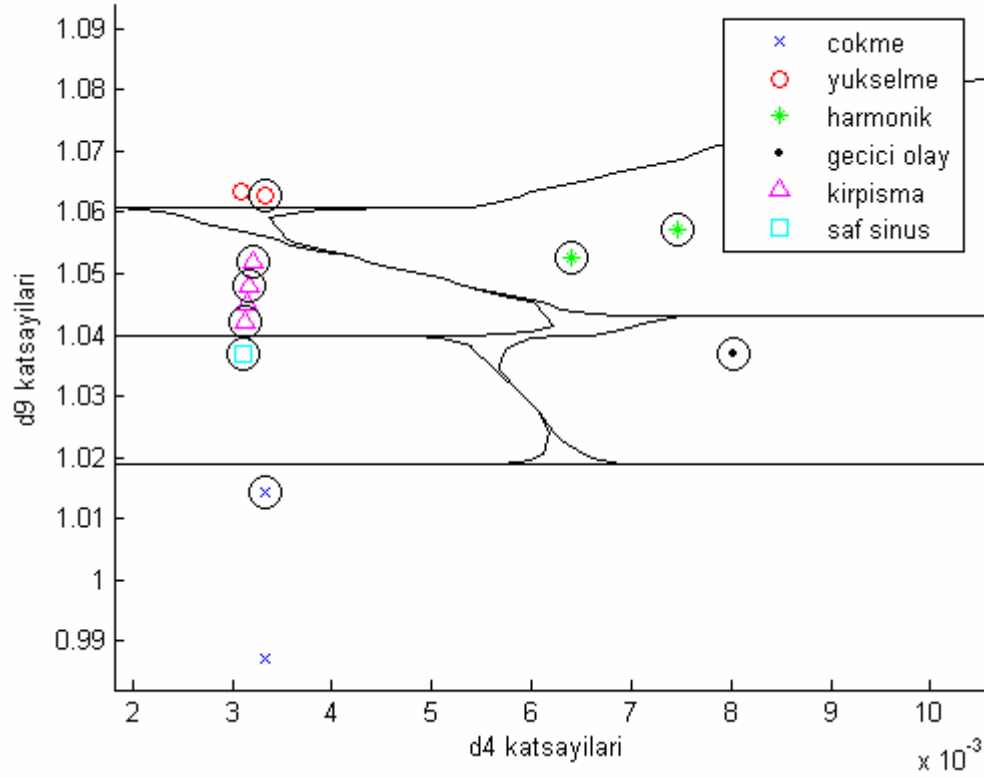




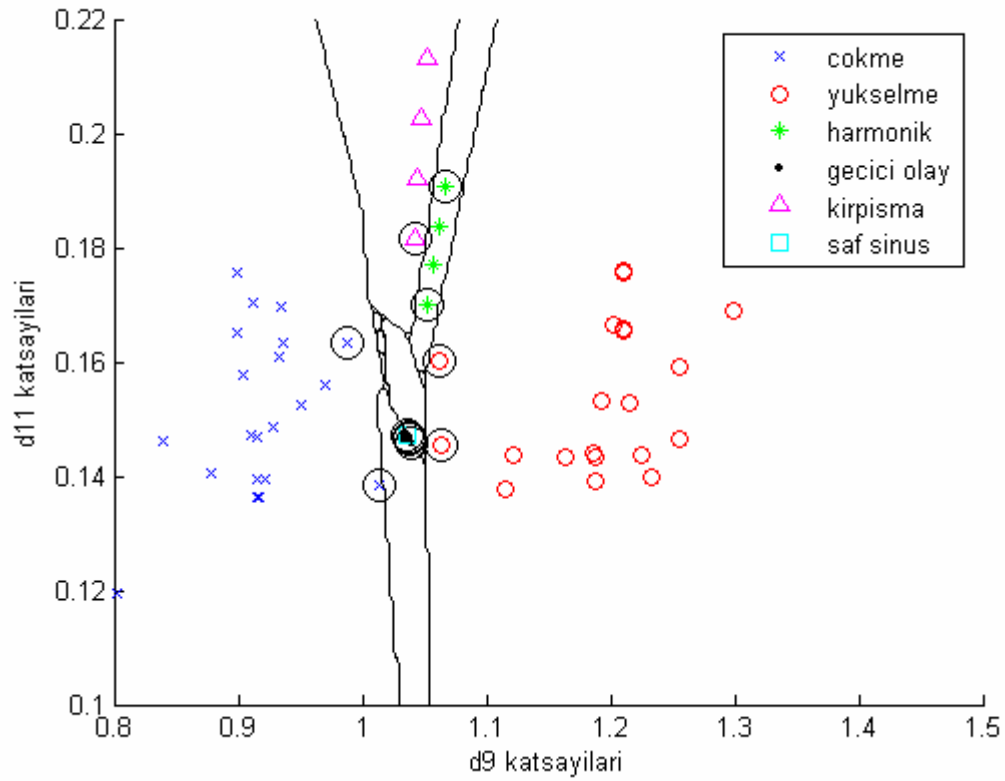
Şekil 4.47b. Şekil 4.47.a.'da verilen şeklin odaklanmış biçimi



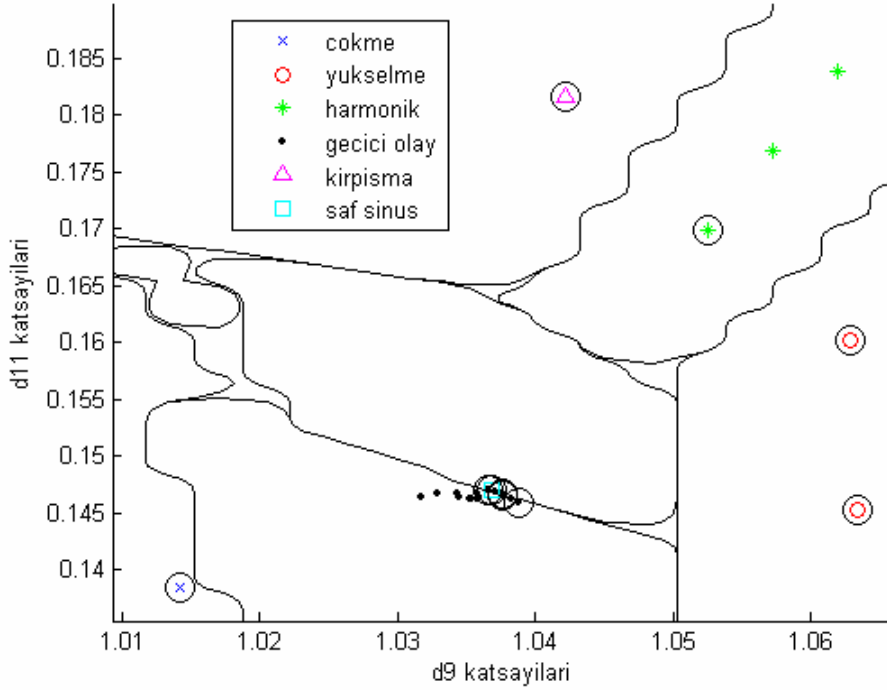
Şekil 4.48.a. GKB işaretlerinin ve saf sinüsün DVM kullanılarak sınıflandırılması



Şekil 4.48.b. Şekil 4.48.a.'da verilen şeklin odaklanmış biçimi



Şekil 4.49.a. GKB işaretlerinin ve saf sinüsün DVM kullanılarak sınıflandırılması



**Şekil 4.49.b.** Şekil 4.49.a.'da verilen şeklin odaklanmış biçimi

DVM ile sınıflandırma yapmak için STPRTOOL (Statistical Pattern Recognition Toolbox for Matlab) adlı yazılım kullanılmıştır. Çekirdek fonksiyonu olarak radyal tabanlı fonksiyon (rbf) seçilmiştir. Deneysel çalışmalarda değişen  $\gamma$  değerleri için denemeler yapılmış, en iyi sonuç  $\gamma=0.8$  için elde edilmiştir. Çoklu sınıflandırma yöntemi olarak BKB ve BKD kullanılmıştır. Deneyler farklı C değerleri için tekrarlanmıştır. Çizelge 4.4.'te görüleceği gibi DVM' de kullanılan iki yöntemin başarımları rbf genişliği 0.8 değerinde sabit tutularak, farklı düzleştirme parametresine (C, ceza katsayısı) göre eğitim hatası, sınav hatası ve destek vektörlerinin sayısı yönünden karşılaştırıldığında BKB yönteminin daha iyi sonuçlar ürettiği görülmektedir.

**Çizelge 4.4.** Sınıflandırma sonuçları

Deneyel Sonuçlar		C					
		10	100	1000	10000	Inf	
ÇSY	BKB	DVS	22	13	11	11	11
		Eğitim Hatası	0,0694	0,0139	0	0	0
		Sınama Hatası	0,0278	0,0139	0	0	0
	BKD	DVS	36	26	26	24	27
		Eğitim Hatası	0,0278	0,0139	0,0139	0	0
		Sınama Hatası	0,0139	0,0139	0,0139	0	0

ÇSY: Çoklu Sınıflandırma Yöntemleri, DVS: Destek Vektörleri Sayısı

Çizelge 4.5.'te ise DVM ile yapılan sınıflandırma başarımları sonuçları verilmektedir. Sonuçların yüksek doğrulukta olduğu ve ortalama başarımların %97.905 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.5.** DVM İle yapılan sınıflandırma başarımları sonuçları

Sınıf	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Doğruluk (%)
S1	234	0	0	0	0	5	97.9
S2	0	223	0	0	0	5	97.8
S3	0	0	264	0	0	0	100
S4	0	0	0	97	0	3	97
S5	0	9	0	0	216	3	94.73
S6	0	0	0	0	0	100	100
<b>Ortalama Başarım (%)</b>				97.905			

DVM sınıflandırıcı kullanılarak elde edilen sınıflandırma başarımları sonuçları YSA ve Bayes sınıflandırıcı sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. DVM, YSA ve Bayes sınıflandırıcısının karşılaştırmasının sağlıklı yapılabilmesi için her üç sınıflandırıcıya verilen veriler aynı alınmıştır. DVM sınıflandırıcıda kullanılan aynı özellik vektörü kullanılarak YSA'nın ve Bayes sınıflandırıcısının eğitim aşaması gerçekleştirilmiştir. Sınama aşamasında da Çizelge 4.5'te DVM sınıflandırıcıda kullanılan aynı verilerle YSA ve Bayes sınıflandırıcı kullanılmış ve YSA ile sınıflandırma başarımları Çizelge 4.6'da, Bayes sınıflandırıcı ile sınıflandırma başarımları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Çizelge 4.6'da verilen S7 sınıfı ise sınıflandırıcısının birden fazla bozunumu gösteren sınıfı olarak ele alınmıştır.

**Çizelge 4.6.** YSA İle sınıflandırma başarımları sonuçları

Sınıf	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	Doğruluk (%)
S1	228	0	0	0	0	6	5	95.39
S2	0	219	0	0	0	4	5	96.05
S3	5	5	244	0	0	0	10	92.42
S4	0	0	0	91	0	1	8	91
S5	0	3	0	0	211	7	7	92.54
S6	0	0	0	0	0	100	0	100
<b>Ortalama Başarım (%)</b>				94.56				

**Çizelge 4.7.** Bayes sınıflandırıcı ile yapılan sınıflandırma başarımları sonuçları

Sınıf	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Doğruluk (%)
S1	168	0	0	0	44	27	70.29
S2	0	166	0	0	48	14	72.8
S3	0	0	264	0	0	0	100
S4	13	0	4	80	3	0	80
S5	31	0	63	0	134	0	58.77
S6	0	0	0	0	0	100	100
<b>Ortalama Başarım (%)</b>				80.31			

Çizelge 4.5., Çizelge 4.6. ve Çizelge 4.7.' ye bakıldığında en iyi başarımları %97.905' lik ortalama başarımla DVM' nin, daha sonra %94.56' lik ortalama başarımla YSA' nın sağladığı görülmektedir. %80.31' lik ortalama başarımla sahip olan Bayes sınıflandırıcı ise diğer iki sınıflandırıcıya göre en kötü başarımları sonucunu vermiştir.

#### 4.4.2. Temel Güç Sistem Sıklığı Dışındaki GKB İşaretlerinin DVM İle Sınıflandırılması

Bu bölümde, dalgacık tabanlı destek vektör makinesinin, temel güç sistem sıklığı dışındaki gerilim çökmesi, gerilim yükselmesi, harmonikli gerilim, geçici olay ve kırışmadan oluşan güç kalitesi bozucularının ve saf sinüsün sınıflandırılmasında gösterdiği başarımları incelenmiştir.

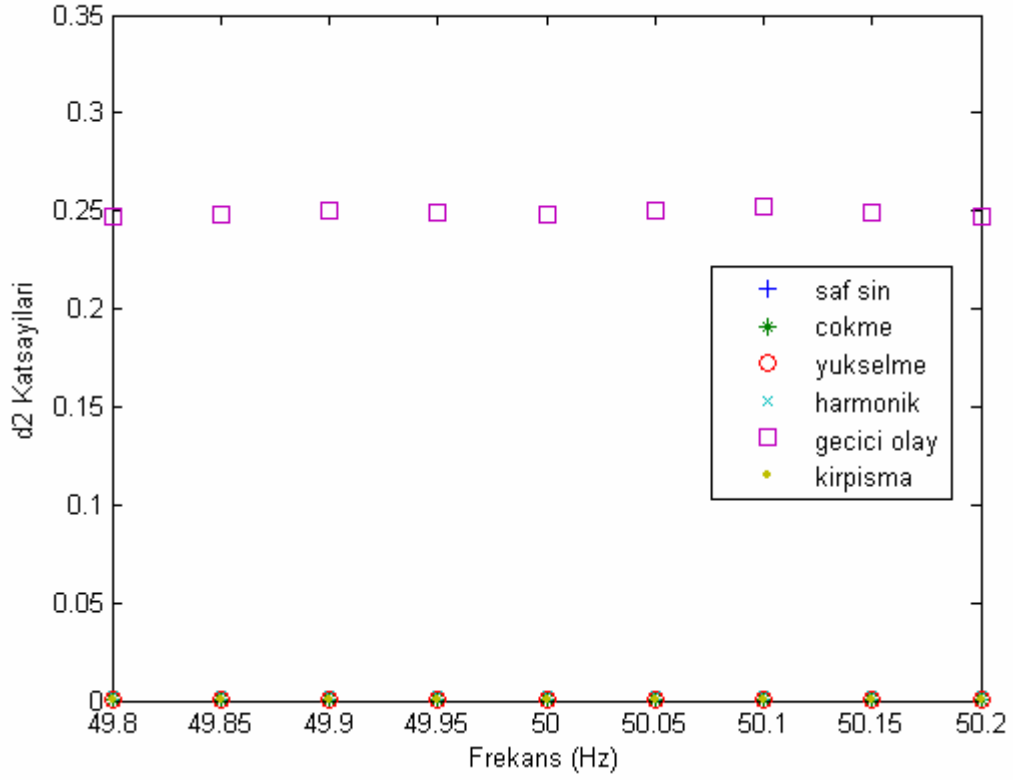
Bilindiği gibi güç sistemlerinin sıklığı, yük talebi ve üretim arasındaki uyumsuzluklardan dolayı temel güç sistem sıklığından sapmalar gösterebilir. GKB işaretlerinin sıklığı değiştirildiğinde bu tezde uygulanan özellik çıkarım yöntemi sıklığa bağımlı olduğu için bu yöntemin sonuçlarında değişiklikler gözlemlenmektedir. Güç sistem sıklığının değişmesi durumunda referans olarak alınan saf sinüs işaretinin de sıklığının sistem sıklığıyla uyumlu olması gerekmektedir. Bu nedenle bu tezde önerilen yöntemle bozunuma uğramış işaretlerin önce dönem dönem sıklığı hesaplanmış olup, referans alınacak olan saf sinüs işaretinin de sıklığı GKB işaretinin sıklığıyla güncellenmekte ve daha sonra sınıflandırıcıya girmektedir.

Literatürde bugüne kadar yapılmış olan çalışmalarda dalgacık tabanlı enerji dağılımı özellik vektörü olarak kullanılmış ancak oluşturulan GKB işaretleri temel güç

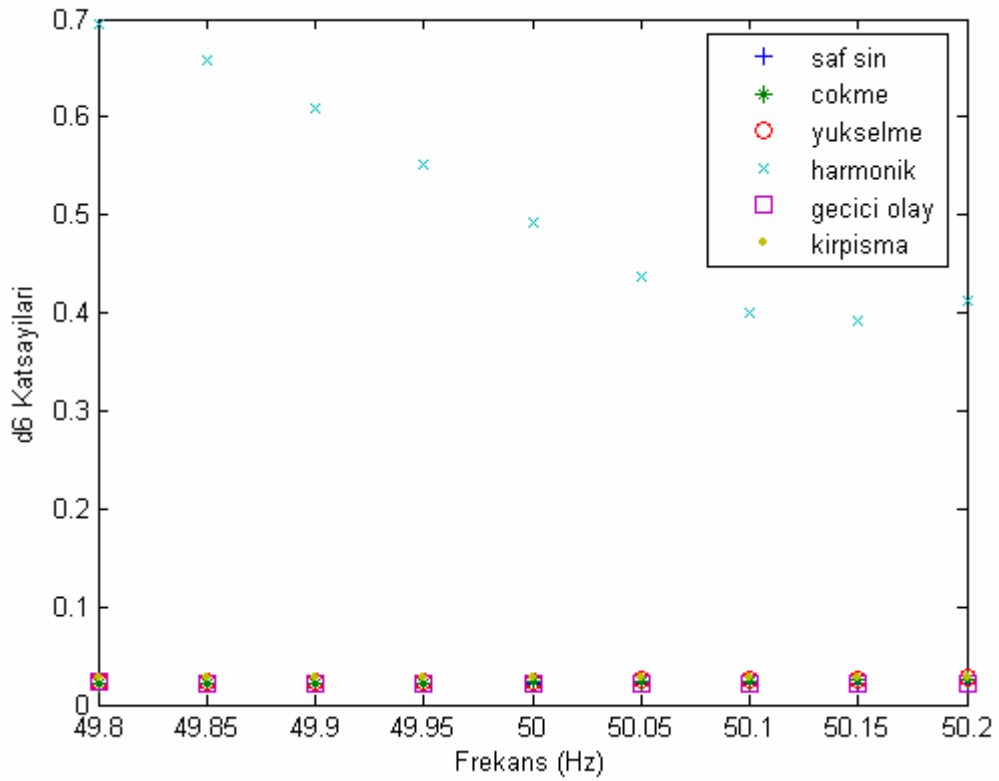
sistem sıklığında oluşturulmuştur. GKB işaretlerinin sıklığı değiştirildiğinde yöntemin başarımı incelenmemiştir.

Şekil 4.50–4.55 GKB işaretlerinin ve saf sinüsün güç sistem sıklığından sapması durumunda sırasıyla d2, d6, d7, d8, d9 ve d11 katsayılarının değişimini göstermektedir. GKB işaretleri oluşturulurken, işaretlerin sıklığının 49.8–50.2 Hz arasında değiştiği varsayılmıştır. Elektrik iletim sistemi arz güvenilirliği ve kalitesi yönetmeliğinin dördüncü bölümünde yer alan madde 9’ da ”sistemin anma sıklığı 50 Hertz (Hz) etrafında 49.8-50.2 Hz aralığında denetiminin yapıldığı” belirtilmektedir (Elektrik iletim sistemi arz güvenilirliği ve kalitesi yönetmeliği). Bu nedenle GKB işaretleri oluşturulurken, işaretlerin sıklığının 49.8–50.2 Hz arasında değiştiği varsayılmıştır. Ele alınan tüm işaretler için toplam on dönemlik çalışma aralığı seçilmiştir. Örneklem sıklığı 25.6 kHz alınmıştır.

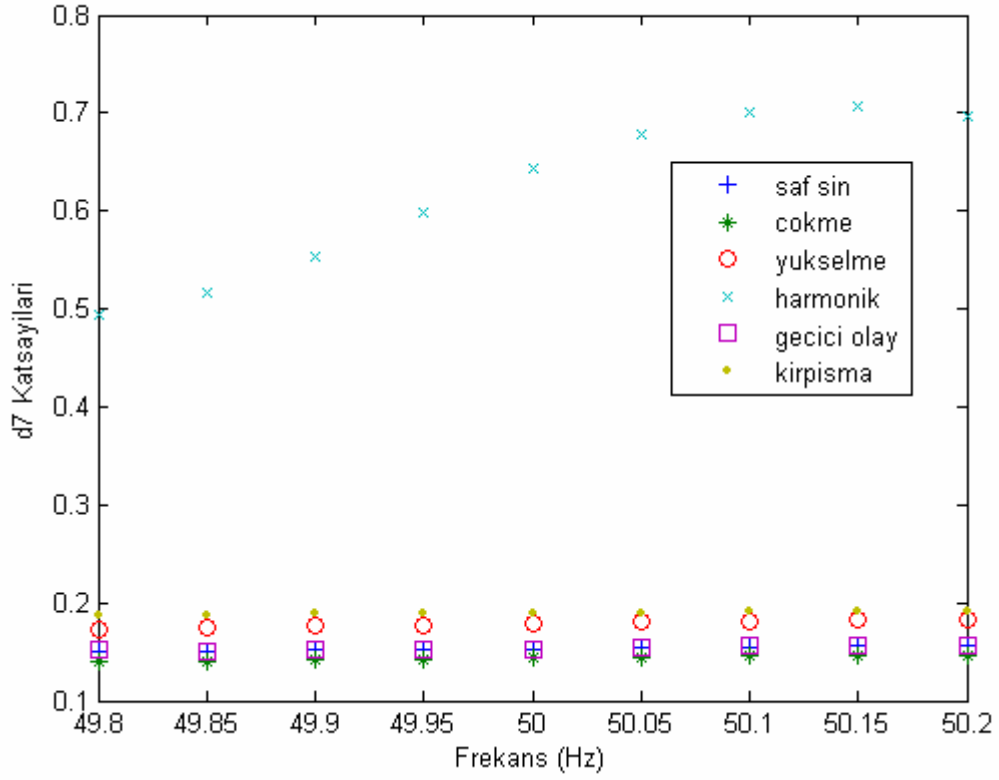
Şekil 4.50–4.55’te sıklığı değiştirilen gerilim çökmesinin genliği 0.5 pu olarak alınmış ve çökme toplam üç dönem sürmüştür, gerilim yükselmesinin de sıklığı değiştirilmiş ve genliği 1.5 pu alınarak üç dönem boyunca yükselme oluşturulmuştur. Şekil 4.50–4.55’te genliği 0.15 pu olarak alınan üçüncü ve beşinci harmoniğe sahip işaret ise toplam on dönem boyunca sürmüştür ve genliği 1.5 pu olan ve ikinci ve beşinci dönemlerde iki kez oluşturulan 35 ms süren geçici olay içeren işaretin sıklığı 4 kHz olarak alınmıştır. Şekil 4.50–4.55’te genliği 0.5 pu olan kırpışmalı işaret ise on dönem boyunca sürmüştür.



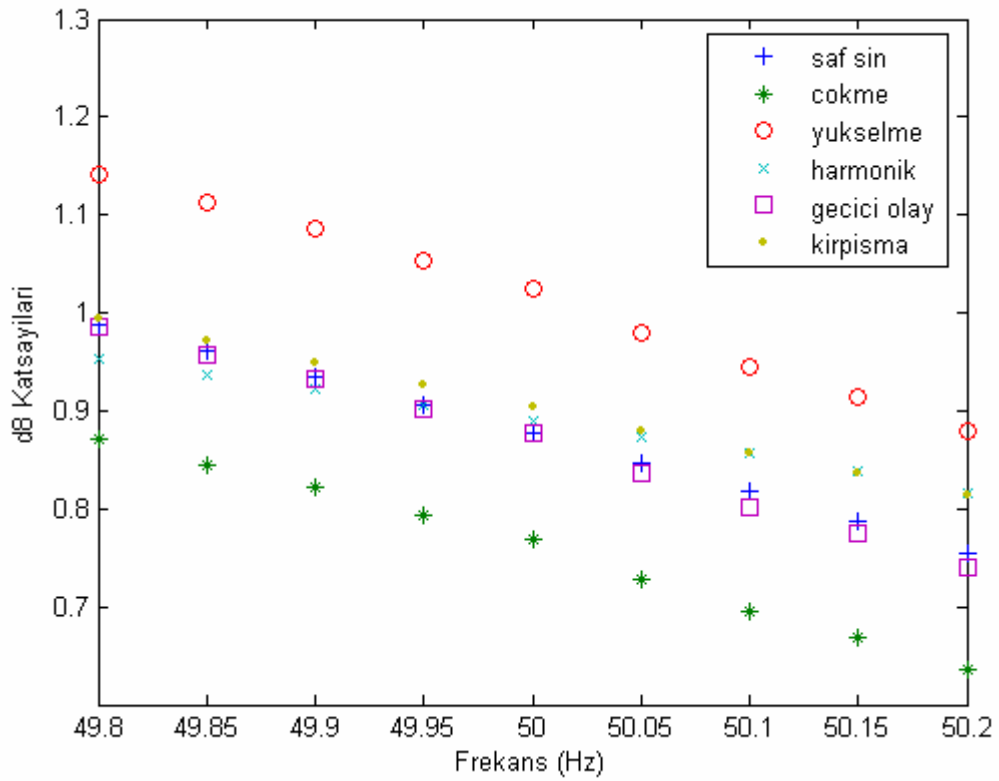
Şekil 4.50. GKB işaretlerinin ve saf sinüsün güç sistem sıklığından sapması durumunda d2 katsayılarının değişimi



Şekil 4.51. GKB işaretlerinin ve saf sinüsün güç sistem sıklığından sapması durumunda d6 katsayılarının değişimi

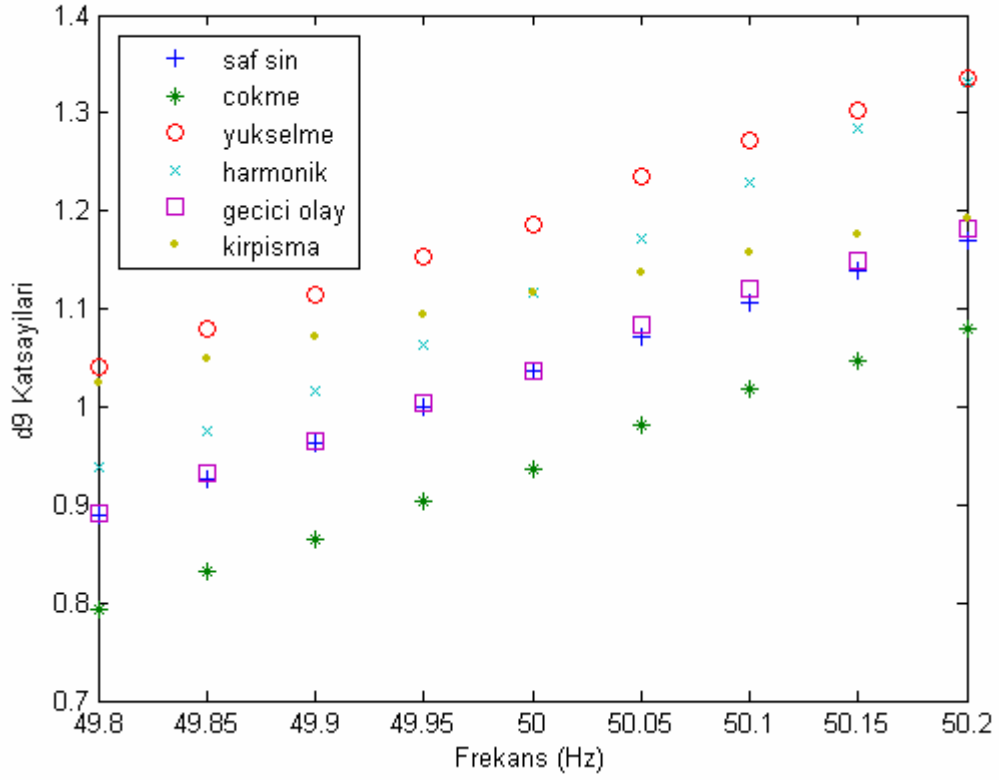


Şekil 4.52. GKB işaretlerinin ve saf sinüsün güç sistem sıklığından sapması durumunda d7 katsayılarının değişimi

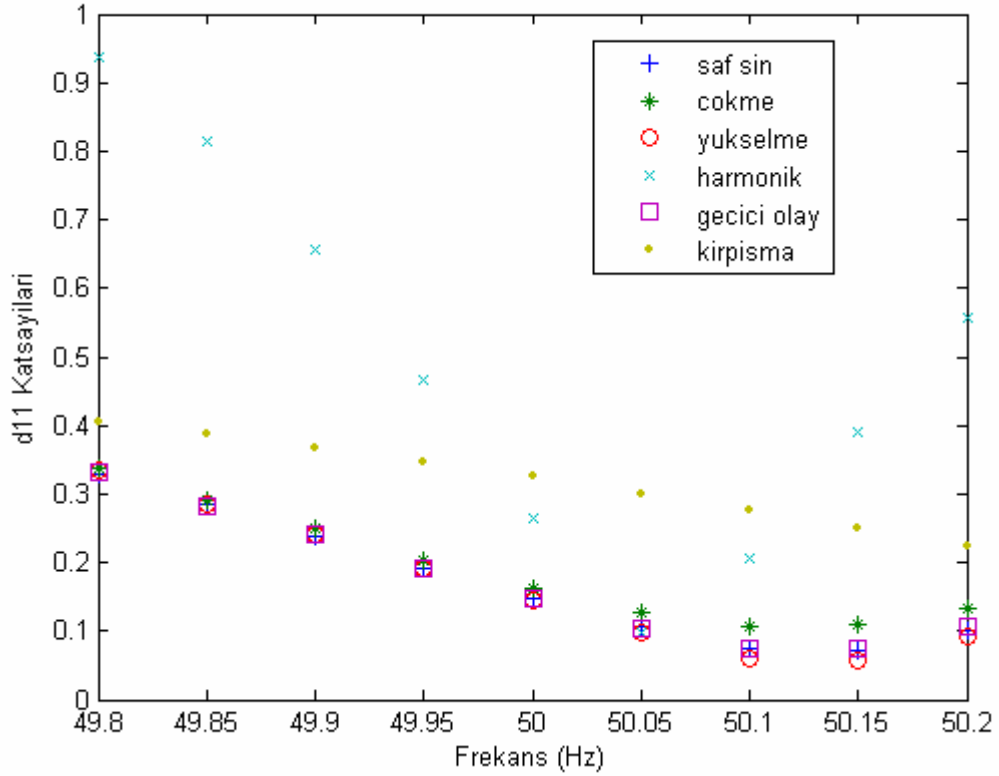


Şekil 4.53. GKB işaretlerinin ve saf sinüsün güç sistem sıklığından sapması durumunda d8 katsayılarının değişimi





**Şekil 4.54.** GKB işaretlerinin ve saf sinüsün güç sistem sıklığından sapması durumunda d9 katsayılarının değişimi



**Şekil 4.55.** GKB işaretlerinin ve saf sinüsün güç sistem sıklığından sapması durumunda d11 katsayılarının değişimi

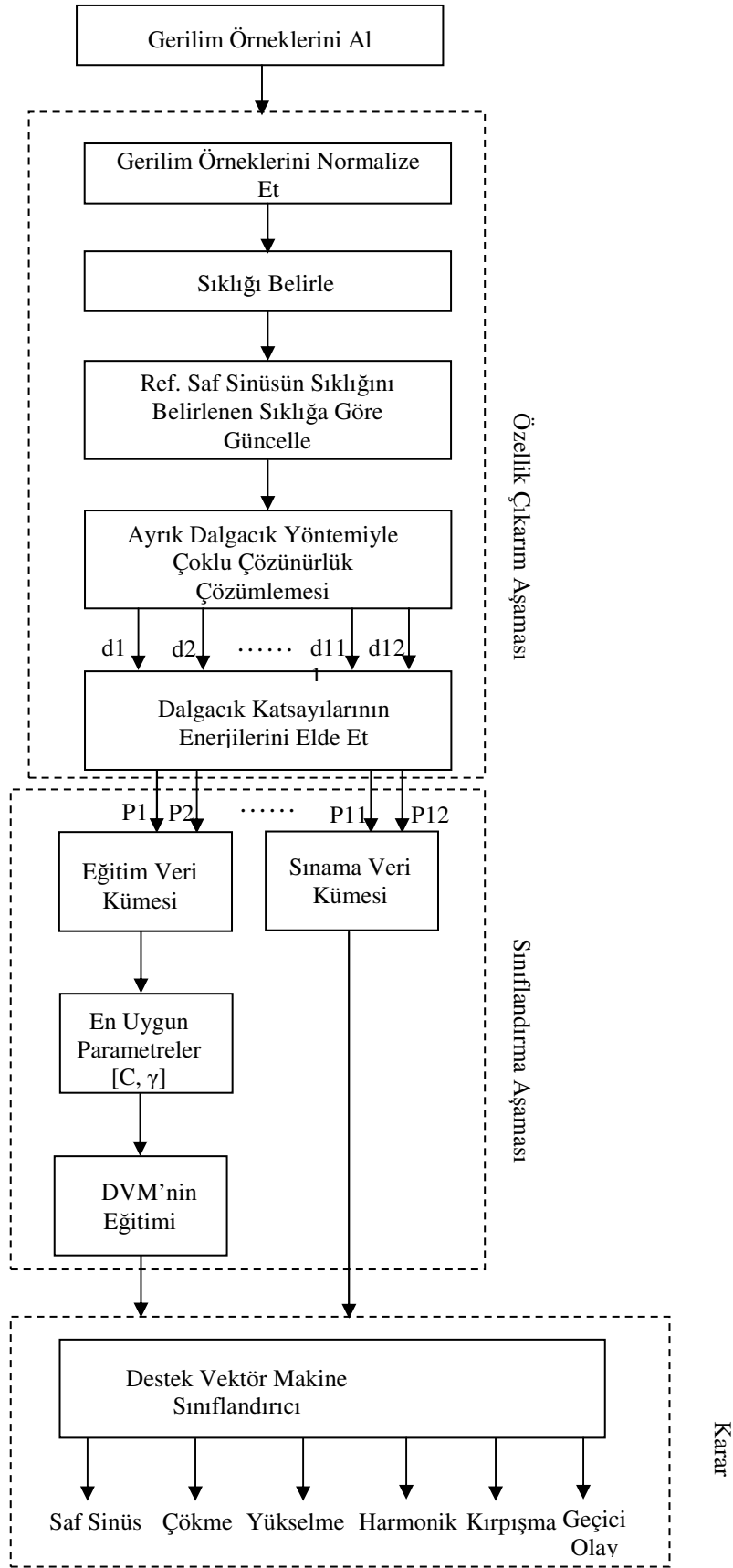
Çizelge 4.1.'e göre d2 katsayıları 3200-6400Hz sıklık bandındadır. Geçici olay içeren gerilim 4 kHz sıklığında oluşturulduğu için d2 katsayıları bu bozucu için önem kazanmaktadır. Şekil 4.50.'de geçici olay içeren işaretin d2 katsayıları tüm sıklık değerleri için diğer bozucuların d2 katsayılarından yüksek çıkmıştır ve ayırt edici özellik taşımaktadır.

Üçüncü ve beşinci harmonik içeren harmonikli işaret için d6 (200-400 Hz) ve d7 (100-200 Hz) katsayıları önem kazanmaktadır. Şekil 4.51. ve Şekil 4.52.'de harmonikli gerilim için sırasıyla d6 ve d7 katsayıları diğer bozucuların tüm sıklık değerlerindeki d6 ve d7 katsayılarından büyük çıkmıştır.

d8 (50-100 Hz) ve d9 (25-50 Hz) katsayıları gerilim yükselmesi ve gerilim çökmesi bozucuları için ayırt edici bilgiler taşımaktadır. Şekil 4.53.' de gerilim yükselmesi oluştuğunda elde edilen d8 katsayıları diğer bozucuların tüm sıklık değerlerindeki d8 katsayılarından büyük çıkarken, çökme oluştuğunda elde edilen d8 katsayıları da diğer bozucular için elde edilen d8 katsayılarından tüm sıklık değerleri için düşük çıkmıştır. Şekil 4.54.'te d9 katsayıları yükselme içeren işaret için diğer bozucuların tüm sıklık değerlerindeki d9 katsayılarından yüksek çıkarken, tüm sıklık değerlerindeki en küçük d9 katsayıları ise çökme oluştuğunda gözlemlenmiştir.

d11(6.25-12.5 Hz) katsayıları kırpışmalı işaret için önem kazanmaktadır ve Şekil 4.55.'te kırpışmalı işaret için d11 katsayılarının tüm sıklık değerlerindeki çökme, yükselme, geçici olay ve saf sinüs oluştuğunda elde edilen d11 katsayılarından büyük çıktığı görülmektedir. Ancak harmonik içeren işaret için elde edilen d11 katsayıları bazı sıklık değerlerinde kırpışmalı işaret için elde edilen d11 katsayılarından büyük çıkmıştır. Harmonikli işaret ile kırpışmalı işaretin ayırt edilmesini sağlayan ise harmonikli işaret oluştuğunda d6 ve d7 katsayıları tüm sıklık değerleri için kırpışmalı işaretin d6 ve d7 katsayılarından fazladır.

Şekil 4.56 'da güç sistem sıklığı değiştiğinde bu tezde önerilen dalgacık tabanlı enerji dağılım özellikleri kullanılarak oluşturulan DVM sınıflandırma sisteminin blok şeması görülmektedir.



**Şekil 4.56.** Güç sistem sıklığı değiştiğinde önerilen dalgacık tabanlı enerji dağılım özellikleri kullanılarak oluşturulan DVM sınıflandırma sisteminin blok şeması

Çizelge 4.8.' de, GKB işaretlerinin sıklığı değiştirilerek oluşturulduğunda ancak referans olarak alınacak saf sinüsün sıklığının GKB işaretlerinin sıklığı değiştiğinde güncellenmediği ve 50 Hz' de kalması durumu için sınıflandırmanın başarımları sonuçları verilmektedir. Bu durumda ortalama başarımların %76.11 olduğu görülmektedir. Özellikle harmonikli gerilim, geçici olay içeren gerilim ve saf sinüsü sınıflandırma da başarımların düşük çıktığı görülmüştür.

**Çizelge 4.8.** Sıklığı değişen GKB işaretlerinde ref. saf sinüsün sıklığının 50 Hz olarak alınması durumunda sınıflandırma başarımları

Sınıf	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Doğruluk (%)
S1	81	0	0	0	4	6	89.01
S2	0	104	0	0	26	0	80
S3	0	12	148	0	35	0	75.89
S4	1	0	0	58	44	0	56.31
S5	0	2	0	0	127	2	96.94
S6	0	0	0	0	17	24	58.53
<b>Ortalama Başarım (%)</b>				76.11			

Çizelge 4.9.'da, bu tezde önerilen yöntem ile sınıflandırmanın başarımları sonuçları verilmektedir. Bu durumda ortalama başarımların %91.12 olduğu görülmektedir.

Karşılaştırmanın sağlıklı yapılabilmesi için Çizelge 4.8. ve Çizelge 4.9.' da kullanılan veriler aynı alınmıştır.

**Çizelge 4.9.** Sıklığı değişen GKB işaretlerinde ref. saf sinüsün sıklığının GKB işaretlerinin sıklığıyla güncellenmesi durumunda sınıflandırma başarımları

Sınıf	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Doğruluk (%)
S1	82	0	0	0	0	8	91.11
S2	0	120	0	0	0	10	92.3
S3	0	0	184	0	11	0	94.35
S4	0	0	0	86	0	17	83.495
S5	0	1	0	0	112	18	85.49
S6	0	0	0	0	0	100	100
<b>Ortalama Başarım (%)</b>				91.12			

Bu tezde önerilen yöntemle gerilim çökmesi bozucusunun başarımı %91.11 olmaktadır. Eğer referans alınan saf sinüsün işareti 50 Hz' de sabit kalırsa bu başarımın %89.01' e düştüğü görülmektedir. Gerilim yükselmesi bozucusunun ayırt edilebilme başarımı önerilen yöntemle %92.3 çıkmaktadır. Ancak Çizelge 4.8.' e göre bu başarım %80 çıkmıştır. Çizelge 4.9' dan da görüleceği gibi harmonikli gerilimin sınıflandırılma başarımı, önerilen yöntemle %94.35 çıkarken Çizelge 4.8.'de %75.89 çıkmıştır. Geçici olay içeren gerilimin bu tezde önerilen yöntemle başarımı %83.495 çıkarken, Çizelge 4.8.'de bu başarımın %56.31 olduğu görülmektedir. Kırıışmalı gerilimde ise başarım önerilen yöntemle %85.49 çıkarken Çizelge 4.8.'de %96.94 başarım sağlandığı görülmüştür. Yine bu tezde önerilen yöntemle saf sinüs %100 ayırt edilebilirken Çizelge 4.8.'de saf sinüsün %58.53 başarımla ayırtedildiği görülmektedir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında gerilim çökmesi, gerilim yükselmesi, harmonikli gerilim, geçici olay içeren gerilim ve kırışımdan oluşan gerilim olmak üzere toplam beş adet GKB ve saf sinüs işareti sınıflandırılmaya çalışılmıştır. Örnekleme sıklığı 25.6 kHz olarak alınmış ve her bir işaretin on dönemlik kısmı incelenmiştir. Sınıflandırma kısmına geçmeden önce verilerin normalizasyonu yapılarak veriler bir ön işlemde geçirilmiştir. Daha sonra özellik vektörü elde edilmeye çalışılmıştır.

Sınıflandırma aşamasının en önemli aşaması, özellik vektörünün çıkarıldığı aşamadır. Sınıflandırıcıya girecek veri boyutunun azalması için ölçüm veya matematiksel yolla elde edilmiş verilerin özellik vektörü çıkarılmaktadır. Veri boyutu azaltıldığında sınıflandırıcı daha küçük hatalarla eğitimini tamamlayacak ve böylece karar verme süreci daha da kısalmaktadır.

İlk olarak çarpıklık ve basıklık katsayılarının kullanıldığı istatistiksel yöntem ile oluşan özelliklere bakılmıştır. Oluşturulan beş adet bozucu gerilimin sıfır geçiş noktasında oluşturulmuştur. Oluşturulan bu beş bozucunun ayırt edilmesi için sadece çarpıklık veya sadece basıklık katsayılarının tek başına yeterli olmadığı kanısına varılmıştır. Ancak her iki katsayı da göz önüne alınırsa ayırt edici özelliklere ulaşılabileceği sonucu çıkarılmıştır. Sözgelimi, çökme ve yükselme bozucularında oluşan basıklık katsayıları benzer çıkarken, çarpıklık katsayılarında bozuculara özgü karakteristikler sergilendiği görülmüştür. Çarpıklık katsayıları çökme oluştuğunda azalırken, yükselme oluştuğunda ise bu katsayılar artmaktadır. Yine çökme bittiğinde çarpıklık katsayıları artarken, yükselme bittiğinde ise çarpıklık katsayıları azalmaktadır.

Geçici olay oluşturulduğunda ise basıklık katsayılarının şekli, çökme ve yükselme oluştuğu durumdaki basıklık katsayılarının şekline benzer çıkarken, geçici olay oluşturulduğunda elde edilen çarpıklık katsayıları geçici olaya özgü özellikler taşımakta ve diğer bozucularda elde edilen çarpıklık katsayılarının şekline benzememektedir. Dolayısıyla çarpıklık katsayılarının geçici olayın ayırt edilmesini sağladığı sonucuna varılmıştır.

Gerilim çökmesi oluşturulduğunda elde edilen çarpıklık katsayılarının şekli, harmonikli gerilim oluşturulduğunda elde edilen çarpıklık katsayılarının şekline benzemekte; ancak harmonikli gerilimin çökmeden ayırt edilmesini ise basıklık katsayıları sağlamaktadır.

Yine kırpışma oluştuğu andaki çarpıklık ve basıklık katsayılarının şeklinin diğer bozuculardan elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarının şekline benzemediği görülmüştür.

Eğer bozucular sinüsün sıfır geçiş noktalarında oluşturulurlarsa kullanılan bu istatistiksel yöntemin tatmin edici sonuçlar verdiği görülmektedir. Ancak pratikte bozucuların gerilimin sıfır geçiş noktasında oluşmalarının bir garantisi yoktur. Bu nedenle oluşturulan bu beş adet bozucu birbirinden farklı özellikler gösteren sekiz farklı noktada ( $0^0$ ,  $45^0$ ,  $90^0$ ,  $135^0$ ,  $180^0$ ,  $225^0$ ,  $270^0$ ,  $315^0$ ) oluşturulmuş ve bu yöntemin başarımına bakılmıştır.

Kullanılan bu istatistiksel yöntemin, harmonikli gerilim ve kırpışmalı gerilimde bozucunun oluşum yerinden etkilenmediği görülürken, gerilim yükselmesi, gerilim çökmesi ve geçici olay içeren gerilim gibi bazı güç kalitesi olaylarında bu yöntemin bozucunun oluşum yerinden etkilendiği gözlemlenmiştir. Ancak elde edilen çarpıklık ve basıklık katsayılarının enerjileri daha sonra Bayes sınıflandırıcıya da verilmiş ve özellikle çökme ve yükselme bozucularının birbirine karıştığı bazı bölgelerde de kırpışmalı işaretin bu bozucularla karşıtığı gözlemlenmiştir. Geçici olay ve harmonikli işaretin ayrı bölgelerde çıktığı görülmüştür. Sınıflandırma başarımını arttırmak için kullanılan bu özellik vektörüne yeni özelliklerinde eklenebileceği sonucuna varılmıştır..

İkinci yöntem olarak bu beş adet GKB işarete sadece ADD uygulanmıştır. Daubechies-4 dalgacık fonksiyonunu kullanan on iki seviyeli ADD bozuculara uygulanmıştır. Gerilim yükselmesi oluşturulduğunda özellikle d1 ve d2 katsayılarında yükselmenin başlangıç ve bitiş anının kestirilebileceği gözlemlenmiştir. Sadece ADD uygulandığında d1 ve d2 detay katsayılarındaki değişim bu bozucuya özgü özellikler taşımamaktadır. Gerilim çökmesinde de d1 ve d2 katsayılarındaki değişim göze çarpmakta ancak bu değişim diğer bozuculardan farklı bir özellik taşımamaktadır. Harmonikli gerilim uygulandığında ise özellikle d3-d6 katsayılarındaki değişim göze çarpmaktadır. Bu değişim, saf sinüs oluşturulduğunda elde edilen d3-d6 katsayılarıyla karşılaştırılırsa, işarete farklı sıklık bilgisinin oluştuğu yargısına varılabilir; ancak bu değişim gürültüden de kaynaklanabilir. Geçici olay oluşturulduğunda ise yine bozucunun başlangıç ve bitiş anları kestirilebilmektedir. Kırpışmalı işarete ise d1-d2-d3 katsayılarındaki değişim bir bozucunun oluştuğunu gösterebilmekte; fakat kırpışmanın ayırt edilebilmesi için yeterli olmamaktadır. Bu nedenlerden dolayı ADD'ye ek çözümlenmeler yapılacağı sonucuna varılmıştır.

Daha sonra oluşturulan beş adet bozucu, 12 seviye olarak Daubechies-4 ayrık dalgacık süzgeci ile ayrıştırılmış ve bozucuların detay katsayılarına ait enerji dağılımları elde edilmiştir. Saf sinüs işareti referans olarak alınmıştır. Enerji dağılım grafiklerine bakıldığında oluşturulan beş adet GKB işaretinin ve saf sinüsün birbirinden ayırt edilebileceği görülebilmekte ve veri boyutu da çok küçük değerlere indirilebilmektedir.

Gerilim yükselmesi ve çökme oluşturulduğunda işaretlerin sıklığı değişmemekte, sadece genlikleri değişmektedir. Bu bozucular için d8 ve d9 katsayıları 50 Hz sıklık bantını içine aldıklarından önemlidir. Referans olarak alınan saf sinüs işaretinin enerji dağılımıyla karşılaştırıldıklarında d8 ve d9 katsayılarında çökme oluşturulduğunda bir azalış, yükselme oluşturulduğunda ise bir artış gözlemlenmektedir.

Üçüncü ve beşinci harmoniğe sahip işarete ise d6 ve d7 katsayıları önem kazanmakta ve saf sinüs işaretiyle karşılaştırıldığında bu bozucu için belirtilen katsayı değerlerinin yüksek çıktığı gözlemlenmektedir.

Geçici olay 4 kHz'de oluşturulduğu için d2 katsayıları bu bozucu için önem kazanmaktadır ve bu bozucu için elde edilen d2 katsayıları saf sinüsün d2 katsayılarından yüksek çıkmıştır.

58 Hz ara harmoniğe sahip kırpışmalı işaret oluşturulduğunda ise d11 katsayılarında artış gözlemlenmektedir.

Enerji dağılım grafiklerine bakıldığında oluşturulan beş adet GKB işaretinin ve saf sinüsün birbirinden ayırt edilebileceği görülmüştür.

Daha sonra oluşturulan bozucuların oluşum yerleri değiştirilerek yöntemin başarımına bakılmıştır. Oluşturulan bozucular için önemli olan katsayının veya katsayıların bozucunun oluşum yerinden etkilenmediği kanısına varılmıştır. Ayrıca oluşturulan bozucuların genlikleri ve süreleri arttırıldığı zaman da bozucular için önemli olan katsayı veya katsayılarda artış gözlemlenmiştir. Benzetimlerle oluşturulan GKB bozucularına istatistiksel yöntem ve dalgacık tabanlı enerji dağılımı yöntemi uygulandığında elde edilen sonuçlar ile gerçek sistemden alınan verilere her iki yöntem uygulandığında elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Her iki yöntemi de gerçek güç sisteminden alınan verilere uygulayabilmek için, gerçek zamanlı veriler '*Güç Kalitesi Milli Projesi*' kapsamında TÜBİTAK'tan alınmıştır. Gerçek zamanlı verilere istatistiksel yöntem uygulandığında bu yöntem, bozucunun oluşum yerinden etkilendiği için örnek olarak alınan dalga şeklinde bulunan yükselme ve çökme bozucularını karıştırdığı; ancak ikinci yöntem uygulandığında yöntemin sağlıklı sonuçlar verdiği



gözlemlenmiştir. Hem benzetimlerle hem de gerçek sistemden alınan verilerle elde edilen sonuçlar dalgacık tabanlı enerji dağılım özelliğini kullanan yöntemin sağlıklı sonuçlar verdiğini göstermiştir. Bu nedenle, bu tez çalışmasında özellik vektörü olarak dalgacık katsayılarının enerjilerinden yararlanılmıştır.

Özellik vektörü çıkarıldıktan sonra güçlü bir sınıflandırıcı olan DVM sınıflandırma aşamasında kullanılmıştır. STPRTOOL adlı yazılım DVM ile sınıflandırma yaparken kullanılmıştır ve radyal tabanlı fonksiyon çekirdek fonksiyonu olarak seçilmiştir. Değişen  $\gamma$  (radyal tabanlı fonksiyonun genişlik parametresi) değerleri için denemeler yapıldığında en iyi sonucun  $\gamma=0.8$  değerinde olduğu belirlenmiştir. BKB ve BKD yöntemlerinin her ikisi de çoklu sınıflandırma yöntemi için kullanılmıştır ve farklı C (düzgünleştirme parametresi, ceza katsayısı) değerleri için iki yöntem karşılaştırıldığında, eğitim hatası, sınav hatası ve destek vektörlerinin sayısı yönünden karşılaştırıldığında BKB yönteminin daha iyi sonuçlar ürettiği görülmüştür. Yöntemin ortalama sınıflandırma başarımına bakıldığında ise % 97.905' lik bir başarımla elde edilmiştir. Bu yöntem sıklığı temel güç sıklığında olan bozuculara uygulanmıştır.

Aynı zamanda kullanılan bu özellik vektörü YSA ve Bayes sınıflandırıcıya da verilerek YSA, Bayes sınıflandırıcı ve DVM' nin aynı özellik vektörü verildiğinde sınıflandırma başarımları açısından karşılaştırılması yapılmıştır. En iyi başarımla %97.905' lik ortalama başarımla DVM' nin, daha sonra %94.56' lık ortalama başarımla YSA' nın sağladığı görülmektedir. %80.31' lik ortalama başarımla sahip olan Bayes sınıflandırıcı ise diğer iki sınıflandırıcıya göre en kötü başarımla sonucunu vermiştir.

Literatürde DVM ile sınıflandırma yapılırken dalgacık tabanlı enerji dağılım özelliklerinin özellik vektörü olarak kullanıldığı görülmüştür. Ancak oluşturulan bozucuların sıklığı değiştirildiğinde yöntemin başarımına bakılmamıştır. Bu nedenle bu tez çalışmasında oluşturulan bozucuların sıklıkları değiştirilerek yöntemin başarımına bakılmıştır. Oluşturulan beş adet GKB işareti ve saf sinüs işareti 49.8-50.2 Hz arasında sıklıkları değiştirilerek yöntemin ürettiği sonuçlar irdelenmiştir. Bu nedenle önce gelen işaretin sıklığı ölçülmelidir. Sıklık tahmini için bu tezde önerilen yöntem eğri uydurma yaklaşımıdır ve yöntem sadece gerilimdeki altı örneğe gereksinim duymaktadır (Kocaman ve ark., 2010).

Bu tezde önerilen yöntem ile, özellik vektörü olarak aynı yöntem kullanıldığında ve GKB işaretlerinin sıklığı değiştiğinde ancak yöntemde referans alınan saf sinüs işaretinin sıklığı 50 Hz' de sabit kaldığı zaman karşılaştırma yapabilmek amacıyla

Çizelge 4.8. ve Çizelge 4.9. oluşturulmuştur. Karşılaştırmanın sağlıklı yapılabilmesi için Çizelge 4.8. ve Çizelge 4.9.’ da kullanılan veriler aynı alınmıştır. Çizelge 4.8.’ de, GKB işaretlerinin sıklığı değiştirilerek oluşturulduğunda ancak referans olarak alınacak saf sinüsün sıklığının GKB işaretlerinin sıklığı değiştiğinde güncellenmediği ve 50 Hz’ de kalması durumu için sınıflandırmanın başarımları sonuçları verilmektedir.

Bu tezde önerilen yöntemle Çizelge 4.9.’ da, gerilim çökmesinin başarımları % 91.11, gerilim yükselmesinin başarımları % 92.3, harmonikli gerilimin % 94.35, geçici olay içeren gerilimin % 83.495, kırpışmalı gerilimin %85.49 ve saf sinüsün % 100 başarımları sergilediği görülmektedir. Ancak Çizelge 4.8.’ de gerilim çökmesinin başarımları % 89.01, gerilim yükselmesinin başarımları % 80, harmonikli gerilimin % 75.89, geçici olay içeren gerilimin % 56.31, kırpışmalı gerilimin % 96.94 ve saf sinüsün % 58.53 başarımları sergilediği görülmektedir. Ortalama başarımları %76.11 gibi düşük değerlerde olduğu Çizelge 4.8.’de görülmektedir. Özellikle harmonikli gerilim, geçici olay içeren gerilim ve saf sinüsü sınıflandırma da başarımları düşük çıktığı görülmüştür. Çizelge 4.9’ de ise bu tezde önerilen yöntemin ortalama başarımları ise %91.12 olduğu verilmektedir.

Literatürde güç kalitesi izleme sistemleri için geliştirilen yöntemlerin geçerliliğini değerlendirmek için referans bir veri kümesinin eksikliği bu alanda yapılan çalışmaları kısıtlamaktadır. Bu nedenle hem matematiksel eşitlikler kullanılarak, hem de gerçek güç sisteminden alınan verilerle referans bir veri bankası oluşturulabilir.

Bu tez çalışmasında önerilen yöntemleri kullanan akıllı tanıma sisteminin başarımları ve hesaplama süresi geliştirilecek yeni sınıflandırıcılarla daha da iyileştirilebilir.

Ayrıca önerilen bu yöntemin kullanılacağı bir akıllı güç kalitesi bozucu sistemi sayısal işaret işleyiciler (DSP) kullanılarak gerçek zamanlı uygulaması gerçekleştirilebilir.

### **5.1. Tez Çalışmasından Elde Edilen Yayınlar**

Kocaman, Ç., Özdemir, M., 2008. Çarpıklık ve basıklık katsayılarının güç kalitesi bozunumlarının oluşum yerine göre değişimi. “Elektrik Elektronik Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu 26-30 Kasım 2008, Bursa”.

Kocaman, Ç., Özdemir, M., 2009. Güç sistemlerinde oluşan güç kalitesi bozunumlarının çarpıklık ve basıklık katsayıları ile belirlenmesi. “IEEE 17. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SIU’09) 09–11 Nisan 2009, Manavgat, Antalya”. s:341–344

Kocaman, Ç., Özdemir, M., 2009. Dalgacık yaklaşımının ve dalgacık katsayılarından enerji yöntemiyle özellik çıkarımı yöntemlerinin bazı güç kalitesi bozucularının belirlenmesinde kullanılması. “3. Enerji Verimliliği Ve Kalitesi Sempozyumu (EVK’09) 21-22 Mayıs 2009, Kartepe, İzmit”.

Kocaman, Ç., Özdemir, M., Dirik, H., 2009. Dalgacık katsayılarından enerji yöntemiyle özellik çıkarımı yönteminin güç kalitesi bozunumlarının oluşum yerine göre değişimi. “3. Enerji Verimliliği Ve Kalitesi Sempozyumu (EVK’09) 21-22 Mayıs 2009, Kartepe, İzmit”.

Kocaman, Ç., Özdemir, M., 2009. Comparison of statistical methods and wavelet energy coefficients for determining two common PQ disturbances: sag and swell. “International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO’09) 5-8 November 2009, Bursa, Turkey”.

Kocaman, Ç., Özgonenel, O., Özdemir, M., Terzi, Ü.K., 2010. Calculation of fundamental power frequency for digital relaying algorithms. “The 10th IET International Conference on Developments in Power System Protection (DPSP’10) 29 March - 1 April 2010, Manchester, UK”. s:1-5.

Kocaman, Ç., Usta, H., Özdemir, M., Eminoğlu D., 2010. Classification of two common power quality disturbances using wavelet based SVM. “The 15th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON’10) 26-28 April 2010, Valetta, Malta”.

## 6. KAYNAKLAR

- Abe, S., 2005. *Support Vector Machines for Pattern Classification (Advances in Pattern Recognition)*. Springer; 1 edition.
- Aiello, M., Cataliotti, A., Nuccio, S., 2005. A Chirp-Z transform-based synchronizer for power system measurements. *IEEE Trans. Instrument. Meas.*, 54(3), 1025–1032.
- Akıncı, Ç., T., Taşkın, S., Şeker, S., Kaymaz, H., 2006. Dalgacık dönüşümü kullanılarak bir yolcu otobüsü alternatörünün sıcaklık değişiminin istatistiksel analizi. “Elektrik Elektronik Bilgisayar Mühendisliği Kongresi (ELECO’06) 6-10 Aralık 2006, Bursa”.
- Alpaslan, H., 2005. En Küçük Kareler Destek Vektör Mekanizmalarını Kullanarak Darbeler Arası Zaman Ölçümü İle Elde Edilen Kaotik Zaman Serilerinin Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 102 s.
- Altıntaş, E., Boyrazoğlu, B., Buhan, S., Özdemirci, E., Salor, Ö., 2007. LABVIEW Yazılımı Kullanılarak Kırpışma Ölçer Tasarlanması ve Gerçek Zamanlı Ölçümler. “2 Enerji Verimliliği Ve Kalitesi Sempozyumu (EVK’07) 17-18 Mayıs 2007, Kartepe, İzmit”.
- Andami, H., Jalilian, A., 2003. Voltage notch detection using fuzzy expert system. “Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering 4-7 May 2003, Montreal, Canada”. s: 479-482.
- Andersson, T., Nilsson, D., 2002. *Test and Evaluation of Voltage Dip Immunity*. Chalmers University of Technology, Inst., Elteknik, 84 s, Sweden.
- Atasal, M., 2000. Güç Kalitesi ve Flicker. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 146 s.
- Avcı, E., Türkoğlu, İ., Poyraz, M., 2004. Darbeli Radar Sistemlerinde Bayes Karar Kuralı İle Hedef Sınıflama Uygulaması. *DAUM*, 2(2), 25-29.
- Aygün, O., 2005. Konuşmacı Tanıma Sistemlerinde Dalgacık Dönüşümü. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 85 s.
- Bollen, M.H.J., Gu, I. Y-H, 2006. *Signal Processing of Power Quality Disturbances*. IEEE Press Series on Power Engineering, 861s, Wiley Interscience.
- Borras, D., Castilla, M., Moreno, N., Montano, J. C. 2001. Wavelet and neural structure: a new tool for diagnostic of power system disturbances. *IEEE Trans. Industry Appl.*, 37(1), 184-190.
- Burges, C.J., 1998. A tutorial on support vector machines for pattern recognition, *Data Mining and Knowledge Discovery*, Kluwer Academic Publishers, 121-167 s, Netherlands.
- Cerqueira, A.S., Ferreira, D.D., Ribeiro, M.V., Duque, C.A., 2008. Power quality events recognition using a SVM-based method. *Elect. Power Syst. Res.*, 78, 1546–1552.
- Chamberlain, N., F., 2002. *Introduction to Wavelets v1.7*. South Dakota School of Mines and Technology Press, 104 s, USA.
- Chen, Z., Wei, M., 2008. A voltage quality detection method. “Third Int. Conf. on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Tech.(DRPT’08) 6-9 April 2008, Nanjing, China”. s:2358–2363.
- Chuling, C., Tongyu, X., Zailin, P., Ye, Y., 2009. Power quality disturbances classification based on multi-class classification SVM. “2nd International Conference on Power Electronics and Intelligent Transportation System 2009 (PEITS’09) 19-20 December 2009, Shenzhen, China”. s: 290-294.

- Cover, T. M., 1965. Geometrical and statistical properties of systems of linear inequalities with application in pattern recognition. *IEEE Transactions on Electronic Computers*, 14, 304-314.
- Daubechies, I., 1992. *Ten Lectures on Wavelets*. Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, PA.
- David, G.L., 2004. *Comments On Hilbert Transform Based Signal Analysis*. BYU Microwave Remote Sensing (MERS) Laboratory Technical Report No. MERS04-001, Brigham Young University, Provo, UT.
- Demir, B., 2007. Akıllı Hiperspektral Sınıflandırma. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 62 s.
- Dugan, R.C., Mcgranaghan, M.F., Santoso, S. ve Beaty, H.W., 2002. *Electrical Power Systems Quality*. McGraw-Hill, 528s, New York.
- Ece, D., G., Gerek, Ö., N., 2006. Güç kalitesi bozucularının belirlenmesinde dalgacık dönüşümünün başarımlarını sınıması. "Elektrik Elektronik Bilgisayar Mühendisliği Kongresi (ELECO'06) 6-10 Aralık 2006, Bursa".
- Elektik İletim Sistemi Arz Güvenilirliği ve Kalitesi Yöntemliği.
- Gaing, Z., L., Huang, H., S., 2003. Wavelet based neural network for power disturbance classification. "IEEE Power Engineering Society General Meeting, 3, 1621-1628.
- Gaing, Z. L., 2004. Wavelet-based neural network for power disturbance recognition and classification. *IEEE Trans. Power Delivery*, 19(4), 1560-1568.
- Ganyun, L., V., Haozhong, C., Haiboo, Z., Lixin, D., 2005. Fault diagnosis of power transformer based on multi layer SVM classifier. *Electric Power System Research*, 74(1), 9-15.
- Gao, P., Wu, W., 2006. Power quality disturbances classification using wavelet and support vector machines. "Sixth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA'06) 19-18 October 2006, Jinan, Shandong, China". s: 201-206.
- Gauda, A. M., 1999. Wavelet Automated Recognition System For Power System For Power Quality Monitoring. Phd Thesis, University of Waterloo, 172s.
- Gaouda, A., M., Salama, M., M., A., Sultan, M., R., Chikhani, A., Y., 1999. Power quality detection and classification using wavelet and multiresolution signal decomposition, *IEEE Transactions on Power Delivery*, 14(4), 1469-1476.
- Garcia, V.V., Gualdrón, C.A.D., Plata, G.O., 2007. Obtaining patterns for classification of power quality disturbances using biorthogonal wavelets, RMS value and support vector machines. "9th International Conference Electrical Power Quality and Utilisation 9-11 October, Barcelona". s: 1-6.
- Gnacinski, P., Mindykowski, J., Tarasiuk, T., 2008. A new concept of the power quality temperature factor and its experimental verification. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 57(8), 1651-1660.
- Gutierrez, R., Texas University, 2010.  
[http://research.cs.tamu.edu/prism/lectures/pr/pr\\_122.pdf](http://research.cs.tamu.edu/prism/lectures/pr/pr_122.pdf)
- Halpin, S. M., Bergeron, R., Blooming, T. M., Burch, R. F., Conrad, L. E., Key, T. S., 2003. Voltage and Lamp Flicker Issues: Should the IEEE Adopt the IEC Approach? *IEEE Transactions On Power Delivery*, 18 (3).
- Hamid, E. Y., Kawasaki, Z. I., 2002. Wavelet based data compression of power system disturbances using the minimum description length criterion. *IEEE Transactions On Power Delivery*. 17(2), 460-466.

- Hanzelka, Z., Bień, A., 2005. Power Quality Application Guide. AGH University of Science and Technology October, 2005.
- He, H., Starzyk, J. A., 2006. A self organizing learning array system for power quality classification based on wavelet transform. *IEEE Trans. Power Delivery*, 21(1), 286-295.
- Heydt, G.T., Galli, A.W., 1997. Transient power quality problems analyzed using wavelets. *IEEE Trans. Power Delivery*, 12(2), 908–991.
- Heydt, G. T., Fjeld, P. S., Liu, C.C., Pierce, D., Tu, I., Hensley, 1999. Applications of the windowed FFT to electric power quality assessment. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 14(4), 1411-1416.
- Hinich, M. J., 1982. Testing for gaussianity and linearity of a stationary time series. *Journal Of Time Series Analysis*, 3, 169–176.
- Hsu, C., W., Lin, C., J., 2002. A comparison of methods for multiclass support vector machines. *IEEE Trans. On Neural Networks*, 13(2), 415-425.
- Hu, G., S., Xie, J., Zhu, F., F., 2005. Classification of power quality disturbances using wavelet and fuzzy support vector machines. “The Fourth International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 18-21 August 2005, Guangzhou”. s: 3981-3984.
- Hu, W., B., Li, K., C., Zhao, D., J., 2007. A novel probabilistic neural network system for power quality classification based on different wavelet transforms. “International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition 2-4 November 2007, Beijing, China”. s: 746-750.
- Huang, S.J., Hsieh, C.T., 2001. Feasibility of fractal-based methods for visualization of power system disturbances. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 23(1), 31–36.
- IEC 1000-2-1, 1990 *Electromagnetic Compatibility (EMC) Part 2*.
- IEC 61000-1-1. *Electromagnetic Compatibility (EMC) Part 1*.
- IEC 61000-4-30. *Electromagnetic Compatibility (EMC). Testing And Measurement Techniques – Power Quality Measurement Methods*.
- IEEE Std 1159-1995. *IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*, IEEE Standards Coordinating Committee 22 on Power Quality, USA.
- IEEE Std 519-1992. *IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems*, *IEEE Industry Applications Society/Power Engineering Society*, USA.
- Janik, P., Lobos, T., Schegner, P., 2005. RBF and SVM neural networks for power quality disturbances analysis. “8th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation 21-23 September 2005, Cracow, Poland”. s:191-198.
- Joachims, T., 2002. *Learning to Classify Text Using Support Vector Machines: Methods, Theory and Algorithms*. Kluwer Academic Publishers, London.
- Jun, Q., Shi, Z., H., 2005. A SVM face recognition method based on Gabor featured key points. “International Conference on Machine Learning and Cybernetics 18-21 August 2005, Guangzhou”.s: 5144-5149.
- Kaczmarski, M., U., Kubacki, P., 2005. Support vector machines in handwritten digits classification. “5th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications 8-10 Semp. 2005, Wroclaw, Poland”. s: 252-256.

- Kecman, V., 2001. *Learning and Soft Computing: Support Vector Machines, Neural Networks and Fuzzy Logic Models*. MIT Pres, Cambridge, Massachusetts, England.
- Keppler, T., Watson, N., 2000. Computation of the Short-Term Flicker Severity Index. *IEEE Transactions On Power Delivery*, 15 (4), October, 2000.
- Kezunovik, M., 2000. Advanced assessment of the power quality events. "Ninth International Conference on Harmonics and Quality of Power 1-4 October 2000, Orlando, Florida, USA". s: 834-839.
- Knerr, S., Personnaz, L., Dreyfus, G., 1990. Single-layer Learning Revised: A Stepwise Procedure for Building and Training A Neural Network in Neuro Computing: Algorithms, Architectures and Applications, J. Fogelman, Ed. New York: Springer-Verlag.
- Kocaman, Ç., 2003. Dalgacık Tabanlı Transformatör Koruma Algoritması Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 104 s.
- Kocaman, Ç., Özdemir, M., 2008. Çarpıklık ve basıklık katsayılarının güç kalitesi bozunumlarının oluşum yerine göre değişimi. "Elektrik Elektronik Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu 26-30 Kasım 2008, Bursa".
- Kocaman, Ç., Özdemir, M., 2009. Güç sistemlerinde oluşan güç kalitesi bozunumlarının çarpıklık ve basıklık katsayıları ile belirlenmesi. "IEEE 17. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SİU'09) 09-11 Nisan 2009, Manavgat, Antalya". s:341-344
- Kocaman, Ç., Özdemir, M., 2009. Dalgacık yaklaşımının ve dalgacık katsayılarından enerji yöntemiyle özellik çıkarımı yöntemlerinin bazı güç kalitesi bozucularının belirlenmesinde kullanılması. "3. Enerji Verimliliği Ve Kalitesi Sempozyumu (EVK'09) 21-22 Mayıs 2009, Kartepe, İzmit".
- Kocaman, Ç., Özdemir, M., Dirik, H., 2009. Dalgacık katsayılarından enerji yöntemiyle özellik çıkarımı yönteminin güç kalitesi bozunumlarının oluşum yerine göre değişimi. "3. Enerji Verimliliği Ve Kalitesi Sempozyumu (EVK'09) 21-22 Mayıs 2009, Kartepe, İzmit".
- Kocaman, Ç., Özdemir, M., 2009. Comparison of statistical methods and wavelet energy coefficients for determining two common PQ disturbances: sag and swell. "International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO'09) 5-8 November 2009, Bursa, Turkey".
- Kocaman, Ç., Özgonenel, O., Özdemir, M., Terzi, Ü.K., 2010. Calculation of fundamental power frequency for digital relaying algorithms. "The 10th IET International Conference on Developments in Power System Protection (DPSP'10) 29 March - 1 April 2010, Manchester, UK". s:1-5.
- Kocaman, Ç., Usta, H., Özdemir, M., Eminoğlu D., 2010. Classification of two common power quality disturbances using wavelet based SVM. "The 15th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON'10) 26-28 April 2010, Valetta, Malta".
- Kocatepe, C., Uzunoğlu, M., Yumurtacı, R., Karakaş, A. ve Arıkan, O., 2003. *Elektrik Tesislerinde Harmonikler*, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Kocatepe, C., Umurkan, N., Atar, F., Yumurtacı, R., Karakaş, A., Arıkan, O., Baysal, M., 2005. *Enerji Kalitesi ve Harmonikler Kurs Notları*. MİSEM, İstanbul.
- Lazzaretti, A.E., Ferreira, V.H., Neto, H.V., Riella, R.J., Omori, J., 2009. Classification of events in distribution networks using autonomous neural models. "15<sup>th</sup>

- International Conference on Intelligent System Applications to Power Systems (ISAP '09) 8-12 November 2009, Curitiba, Brazil". s: 1-6.
- Li, Y., Liu Q., Ruan, X., 2004. Cancer molecular classification based on support vector machines. "Fifth World Congress on Intelligent Control and Automation, (WCICA'04) 15-19 June 2004, Hangzhou". s:5521-5524.
- Liao, Y., Lee, J.B., 2004. A fuzzy-expert system for classifying power quality disturbances. *Elect. Power Energy Syst.*, 26, 199–205.
- Lin, W.M., 2008. Detection and classification of multiple power quality disturbances with wavelet multiclass SVM. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 23(4), 2575-2582.
- Lin, W., M., Wu, C., H., Lin, C., H., Cheng, F., S., 2008. Detection and classification of multiple power quality disturbances with wavelet multiclass SVM. *IEEE Transactions On Power Delivery*, 23(4), 2575-2582.
- Lixia, W., Zhengyou, H., Jing, Z., 2010. A new approach of power quality disturbance classification based on rough membership neural networks. "Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC'10) 28-31 March 2010, Chengdu, China". s: 1-4.
- Misiti, M., Misiti, Y., Oppenheim, G., Poggi, J., M., 2002. *Wavelet Toolbox for Use with MATLAB*. The MathWorks Inc, 934 s, USA.
- Moravej, Z. , Abdoos, A. A., Pazoki, M., 2010. Detection and classification of power quality disturbances using wavelet transform and support vector machines. *Electric Power Components and Systems*, 38(2),182-196.
- Nguyen T., Strang G., 1996. *Wavelets and Filter Banks*. Wellesley-Cambridge Press, Massachusetts, USA.
- Nguyen, T., Liao,Y., 2009. Power quality disturbance classification utilizing S transform and binary feature matrix method. *Elect.PowerSyst.Res.*,79(4), 569-575.
- Oral, L., 2010. Uyarlamalı Sinir Bulanık Sınıflayıcı İle Parmak İzi Tanıma Ve Dalgacık Tabanlı Momentlerle Özellik Çıkarma. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 83 s.
- Ozgoenel, O., Önbilgin, G., Özdemir, M., Kocaman, Ç., 2004. Dalgacık dönüşümleri ile akım transformatörü doymasının algılanması. "Elektrik Elektronik Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu (ELECO'04) 8–12 Aralık 2004, Bursa". s:1–4.
- Pehlivan Türk, E., 2004. Güç Kalitesi ve Güç Kalitesi Kontrolörleri. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 112 s.
- Pöyhönen, S., 2004. Support Vector Machine Based Classification in Condition Monitoring of Induction Motors. Helsinki University of Technology Control Engineering Laboratory, Finland.
- Ribeiro, P., 1994. Wavelet transform: an advanced tool for analyzing non-stationary harmonic distortion in power systems. "IEEE International Conference on Harmonics in Power Systems, Bologna, 6, 21-23.
- Sanino, A. 2005. *International Master Program in Electric Power Engineering and The Swedish 'Civilingenjörutbildning' at Chalmers University of Technology Lecture Notes*, 102 s, Sweden.
- Sankaran, C., 2002. *Power Quality*. CRC Press LLC, 179 s, Washington D.C.
- Santoso, S., Powers E.J., Grady, W.M., Hofmann, P., 1996. Power quality assessment via wavelet transform analysis. *IEEE Trans. Power Delivery*, 11(2), 924–930.
- Shangwei, L., Yaming, S., 2008. Study on the classification method of power disturbances based on the combination of S transform and SVM multi-class



- classifier with binary tree. "Third International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies (DRPT 2008) 6-9 April 2008, Nanjing, China". s: 2275-2280.
- Styvaktakis, E., Bollen, M.H.J, Gu, I.Y.H., 2002. Expert system for classification and analysis of power system events. *IEEE Transactions on power delivery*, 17 (2), 423-428.
- Talaat, N., Ilic, M., 2008. ANNs based on subtractive cluster feature for classifying power quality. "40th North American Power Symposium (NAPS '08) 28-30 September 2008, Calgary, AB". s: 1-7.
- Tan, Y., Wang, J., 2004. A support vector machine with a hybrid Kernel and minimal Vapnik-Chervonenkis dimension. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 16(4), 385-395.
- Tayjasanant, T., Wang, W., Li, C., Xu, W., 2005. Interharmonic flicker curves. *IEEE Transactions On Power Delivery*, 20(2), 1017-1024.
- Tong, W., Song, X., Lin, J., Zhao, Z., 2006. Detection and classification of power quality disturbances based on wavelet packet decomposition and support vector machines. "8th International Conference on Signal Processing (ICOSP'06) 16-20 November 2006, Beijing". s: 1-4.
- Tse, W.L., Chan, W.L., 2004. A novel voltage quality monitoring system. "IEEE Int. Conf. on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies (DRPT'04) 5-8 April 2004, Hong Kong". s:671– 676.
- Uyar, M., Yıldırım, S., Gençoğlu, T., 2007. Güç kalitesi bozulmalarının sınıflandırılmasında dalgacık dönüşümüyle enerji dağılımına dayalı özelliklerin incelenmesi. "Elektrik Elektronik Bilgisayar Biyomedikal Mühendisliği 12. Ulusal Kongre Ve Sergisi 14-18 Kasım 2007, Eskişehir". Sempozyum Bildiri Kitabı, s:216-224.
- Uyar, M., 2008. Güç Kalitesi Bozulma Türlerinin Akıllı Örüntü Tanıma Yaklaşımları İle Belirlenmesi. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 160 s.
- Uyar, M., Yıldırım, S., Gençoğlu, M., T., 2008. An effective wavelet-based feature extraction method for classification of power quality disturbance signals. *Electric Power System Research*, 78, 1747-1755.
- Uyar, M., Yıldırım, S., Gençoğlu, M., T., 2009. An expert system based on S-transform and neural network for automatic classification of power quality disturbances. *Expert Systems with Applications*, 36, 5962-5975.
- Vapnik, V.N., 1999. An overview of statistical learning theory. *IEEE Transactions On Neural Networks*, 10(5), 988-999.
- Vega, V., Kagan, N., Ordonez, G., Duarte, C., 2009. Automatic power quality disturbance classification using wavelet, support vector machine and artificial neural network. "20th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution 8-11 June 2009, Praga".s: 1-4.
- Wang, M., Ochenkowski, P., Mamishev, A., 2001. A classification of power quality disturbances using time-frequency ambiguity plane and neural networks. "IEEE Power Eng. Soc. Summer Mtg 15-19 July 2001, Vancouver, Canada". s: 1246-1251.
- Wen, J., Liu, P., 2002. A method for detection and classification of power quality disturbances. *Automat. Elect. Power Syst.*, 26(1), 42-44.
- Xu, Y. X., Xiangning S.Y.H., 2004. Automatic classification and analysis of the characteristic parameters for power quality disturbances. "IEEE Power

- Engineering Society General Meeting 6-10 June 2004, Denver, Colorado, USA". s:496-503.
- Yang, G., H., Qu, B., 2008. A new method for classification of power quality. "3rd IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA'08) 3-5 June 2008, Singapore". s:1916-1920.
- Yıldırım, S., 2006. Arıza Teşhisinde Destek Vektör Makinelerinin Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 113 s.
- Yu, X., Wang, K., 2009. Digital system for detection and classification of power quality disturbance. "2009 Asia Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC'09) 27-31 March 2009, Wuhan, China". s: 1-4.
- Zang, H., Yu, X., 2008. Disturbance classification utilizing wavelet and multi-class support vector machines. "Fourth International Conference on Natural Computation 18-20 Ekim 2008, Jinan, Shandong, China". s: 170-174.
- Zang, H., Zhao, Y., 2009. Intelligent identification system of power quality disturbance. "WRI Global Congress on Intelligent Systems (GCIS'09) 19-21 May 2009, Xiamen, China". s: 258-261.
- Zhang, D., Xu, W., Nassif, A., 2005. Flicker source identification by interharmonic power direction. "Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE/CCGEI'05) 1-4 May 2005, Saskatoon, Sask. ".s: 549-552.
- Zhang, M., Li, K., C., 2009. The application of wavelet energy entropy and LS-SVM to classify power quality disturbances. "International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition 12-15 July 2009, Boading". s: 154-159.

### EK-A GKB İşaretlerinin Oluşturulması

Bu bölümde beş adet GKB işaretinin matematiksel eşitliklerle oluşumu verilmiştir.

#### a. Gerilim Yükselmesi Bozucusunun Oluşturulması

```

m=1.2; (Gerilim yükselmesi bozucusunun genliği)
f=50; (İşaretin Sıklığı)
tariza1=2/f; (Bozucusunun oluşum yeri)
tariza2=5/f; (Bozucusunun bitiş yeri)
tson=10/f; (İşaretin toplam süresi)
t1=0:1/25600:(tariza1-1/25600);
for j=1:length(t1)
    normal1(j)=sin(2*pi*f*t1(j));
end
t2=tariza1:1/25600:(tariza1+(((m-1)*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t2)
    swell1(j)=sin(2*pi*f*t2(j))+j*0.01*sin(2*pi*f*t2(j));
end
t3=(tariza1+(((m-1)*100)/25600)):1/25600:(tariza2-1/25600);
for j=1:length(t3)
    normal2(j)=m*sin(2*pi*f*t3(j));
end
t4=tariza2:1/25600:(tariza2+(((m-1)*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t4)
    swell2(j)=m*sin(2*pi*f*(t4(j)))-j*0.01*sin(2*pi*f*t4(j));%+(tariza+((1-
m)/25600));
end
t5=(tariza2+(((m-1)*100)/25600)):1/25600:tson;
for j=1:length(t5)
    normal3(j)=sin(2*pi*f*(t5(j)));
end
swell=[normal1 swell1 normal2 swell2 normal3];

```

#### b. Gerilim Çökmesi Bozucusunun Oluşturulması

```

m=0.8; (Gerilim çökmesi bozucusunun genliği)
f=50; (İşaretin Sıklığı)
tariza1=2/f; (Bozucusunun oluşum yeri)
tariza2=5/f; (Bozucusunun bitiş yeri)
tson=10/f; (İşaretin toplam süresi)
t1=0:1/25600:(tariza1-1/25600);
for j=1:length(t1)
    normal1(j)=sin(2*pi*f*t1(j));
end
t2=tariza1:1/25600:(tariza1+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t2)
    sag1(j)=sin(2*pi*f*t2(j))-(j*0.01*sin(2*pi*f*t2(j)));
end
t3=(tariza1+((100-m*100)/25600)):1/25600:(tariza2-1/25600);
for j=1:length(t3)
    normal2(j)=m*sin(2*pi*f*t3(j));
end

```

```

t4=tariza2:1/25600:(tariza2+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t4)
    sag2(j)=m*sin(2*pi*f*(t4(j)))+j*0.01*sin(2*pi*f*t4(j));%+(tariza+((1-
m)/25600)))));
end
t5=(tariza2+((100-100*m)/25600)):1/25600:tson;
for j=1:length(t5)
    normal3(j)=sin(2*pi*f*(t5(j)));
end
sag=[normal1 sag1 normal2 sag2 normal3];
c. Harmonikli Gerilimin Oluşturulması
m1=0.1; (Üçüncü harmoniğin genliği)
m2=0.1; (Beşinci harmoniğin genliği)
f=50; (Temel güç sistem sıklığı)
tariza1=2/f; (Bozucunun oluşum yeri)
tariza2=5/f; (Bozucunun bitiş yeri)
tson=10/50; (İşaretin toplam süresi)
t1=0:1/25600:(tariza1-1/25600);
for j=1:length(t1)
    normal1(j)=sin(2*pi*f*t1(j));
end
f2=f*3;
f3=f*5;
t2=tariza1:1/25600:(tariza2-1/25600);
for j=1:length(t2)
    harmonik1(j)=sin(2*f*pi*t2(j))+((m1)*sin(2*pi*f2*t2(j)))+((m2)*sin(2*pi*f3*t
2(j)));
end
t1=tariza2:1/25600:tson;
for j=1:length(t1)
    normal2(j)=sin(2*pi*f*t1(j));
end
harmonik=[normal1 harmonik1 normal2];
d. Geçici Olay İçeren İşaretin Oluşturulması
m=1.5; (Geçici olayın genliği)
f=50; (Temel güç sıklığı)
fT=Geçici olayın sıklığı
d=2;
dd=5;
tariza1=d/f; (Birinci geçici olayın oluşum yeri)
tariza2=dd/f; (İkinci geçici olayın oluşum yeri)
tG=35*10-3; (Geçici olayın süresi)
tson=10/f; (Toplam işaretin süresi)
t1=0:1/25600:(tariza1-1/25600);
for j=1:length(t1)
    normal1(j)=sin(2*pi*f*t1(j));
end
t2=tariza1:1/25600:(tariza1+(35*10-3))-(1/25600);
for j=1:length(t2)

```

```

    b=linspace(0,tG,length(t2));
    transient1(j)=sin(2*pi*f*t2(j))+m*exp(-250*b(j))*sin(2*pi*f_T*t2(j));
end
t3=(tariza1+(35*10^-3)):1/25600:(tariza2-1/25600);
for j=1:length(t3)
    normal2(j)=sin(2*pi*f*t3(j));
end
t4=tariza2:1/25600:(tariza2+(35*10^-3))-(1/25600);
for j=1:length(t4)
    bb=linspace(0,tG,length(t4));
    transient2(j)=sin(2*pi*f*t4(j))+m*exp(-250*bb(j))*sin(2*pi*f_T*t4(j));
end
t5=(tariza2+(35*10^-3)):1/25600:tson;
for j=1:length(t5)
    normal3(j)=sin(2*pi*50*t5(j));
end
transient=[normal1 transient1 normal2 transient2 normal3];
e. Kırpışma İçeren İşaretin Oluşturulması
f=50; (Temel güç sistem sıklığı)
tson=10/f; (İşaretin toplam süresi)
m=0.1; (Kırpışmanın genliği)
f_g=Kırpışma sıklığı
t1=0:1/25600:(0.02-1/25600);
for j=1:length(t1)
    normal1(j)=sin(2*pi*50*t1(j));
end
t2=0.02:1/25600:(0.16-1/25600);
for j=1:length(t2)
    flicker(j)=sin(2*pi*50*t2(j))+(m)*sin(2*pi*(f+f_g)*t2(j));
end
t3=0.16:1/25600:tson;
for j=1:length(t3)
    normal2(j)=sin(2*pi*50*t3(j));
end; flicker=[normal1 flicker normal2];

```

### Ek-B İstatistiksel Yöntemle Çözümleme

Bu bölümde çarpıklık ve basıklık katsayılarının elde edilmesi için örnek olarak gerilim çökmesi içeren işaret ele alınmıştır. b.'de farklı noktalarda oluşturulan gerilim çökmeli işaretin çarpıklık ve basıklık katsayılarının elde edilmesi verilmilmiştir.

#### a. Güç Kalitesi Bozucularının İstatistiksel Yöntemle Çözümlemesi

Bu bölümde çarpıklık ve basıklık katsayılarının elde edilmesi verilmilmiştir. Örnek gerilim dalga şekli olarak çökme içeren gerilim seçilmiştir.

```

clc
clear all
close all
m=0.8; (Gerilim çökmesi bozucusunun genliği)
f=50; (İşaretin Sıklığı)
tariza1=2/f; (Bozucunun oluşum yeri)
tariza2=5/f; (Bozucunun bitiş yeri)
tson=0.2; (İşaretin toplam süresi)
%%% İşaretin oluşturulması
t1=0:1/25600:(tariza1-1/25600);
for j=1:length(t1)
    normal1(j)=sin(2*pi*f*t1(j));
end
t2=tariza1:1/25600:(tariza1+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t2)
    sag1(j)=sin(2*pi*f*t2(j))-(j*0.01*sin(2*pi*f*t2(j)));
end
t3=(tariza1+((100-m*100)/25600)):1/25600:(tariza2-1/25600);
for j=1:length(t3)
    normal2(j)=m*sin(2*pi*f*t3(j));
end
t4=tariza2:1/25600:(tariza2+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t4)
    sag2(j)=m*sin(2*pi*f*(t4(j)))+j*0.01*sin(2*pi*f*t4(j));%(tariza+((1-
m)/25600)))));
end
t5=(tariza2+((100-100*m)/25600)):1/25600:tson;
for j=1:length(t5)
    normal3(j)=sin(2*pi*f*(t5(j)));
end
sag=[normal1 sag1 normal2 sag2 normal3];
t=linspace(0,tson,length(sag));
for e=0:length(sag)-512
    k(e+1)=0;
    mutop(e+1)=0;
    sapma(e+1)=0;
    c(e+1)=0;
    for f=1:512
        mutop(f+e)=mutop(f+e)+sag(f+e);
        mutop(f+1+e)=mutop(f+e);
    end
    mu(e+513)=mutop(e+513)/512; (Ortalama değerin hesaplanması)

```

```

for g=1:512
    sapma(g+e)=(sag(g+e)-mu(e+513))^2+sapma(g+e);
    sapma(g+1+e)=sapma(g+e);
end
    stsapma(e+1)=sqrt((1/512)*sapma(e+513));(Std. sapmanın hesaplanması)
for h=1:512
    c(e+h)=c(e+h)+(sag(h+e)-mu(e+513))^3;
    c(h+1+e)=c(e+h);
end
    c(e+1)=c(e+513)/(stsapma(e+1)^3*512);    (Çarpıklık    katsayılarının
hesaplanması)
for l=1:512
    k(l+e)=k(l+e)+(sag(e+1)-mu(e+513))^4;
    k(l+e+1)=k(e+1);
end
    k(e+1)=k(e+513)/(stsapma(e+1)^4*512);    (Basıklık    katsayılarının
hesaplanması)
end
plot(t,sag)
xlabel('Zaman (sn)')
ylabel('Genlik (pu)')
grid
c=zeros(1,512) c];
k=[1.506*ones(1,512) k];
c=c(1:(length(sag)-1));
k=k(1:(length(sag)-1));
t=linspace(0,tson,(length(sag)-1));
figure
subplot(2,1,1),plot(t,c)
title('Gerilim Cokmesi Carpiklik (Skewness) Katsayilari')
xlabel('Zaman (sn)')
ylabel('Carpiklik Katsayilari')
grid
subplot(2,1,2),plot(t,k)
title('Gerilim Cokmesi Basiklik (Kurtosis) Katsayilari')
xlabel('Zaman (sn)')
ylabel('Basiklik Katsayilari')
grid

```

### **b. Farklı Noktalarda Oluşturulan Güç Kalitesi Bozucularının İstatistiksel Yöntemle Çözülmesi**

```

clc
clear all
close all
f=50; (Temel güç sistem sıklığı)
m=0.8; (Gerilim çökmesinin genliği)
%%%%%%Bozucuların oluşum yerleri
tariza1=1.125/f;
tariza2=4.125/f;
tariza3=7.25/f;

```

```

tariza4=10.25/f;
tariza5=13.375/f;
tariza6=16.375/f;
tariza7=19.5/f;
tariza8=22.5/f;
tariza9=25.625/f;
tariza10=28.625/f;
tariza11=31.75/f;
tariza12=34.75/f;
tariza13=37.875/f;
tariza14=40.875/f;
tariza15=44/f;
%%%%%%İşarerin oluşturulması
t1=0:1/25600:(tariza1-1/25600);
for j=1:length(t1)
    normal1(j)=sin(2*pi*f*t1(j));
end
t2=tariza1:1/25600:(tariza1+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t2)
    sag1(j)=sin(2*pi*f*t2(j))-j*0.01*sin(2*pi*f*t2(j));
end
t3=(tariza1+((100-m*100)/25600)):1/25600:(tariza2-1/25600);
for j=1:length(t3)
    normal2(j)=m*sin(2*pi*f*t3(j));
end
t4=tariza2:1/25600:(tariza2+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t4)
    sag2(j)=m*sin(2*pi*f*(t4(j)))+j*0.01*sin(2*pi*f*t4(j));%(tariza+((1-
m)/25600)));
end
t5=(tariza2+((100-100*m)/25600)):1/25600:(tariza3-1/25600);
for j=1:length(t5)
    normal3(j)=sin(2*pi*f*(t5(j)));
end
t2=tariza3:1/25600:(tariza3+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t2)
    sag3(j)=sin(2*pi*f*t2(j))-j*0.01*sin(2*pi*f*t2(j));
end
t3=(tariza3+((100-m*100)/25600)):1/25600:(tariza4-1/25600);
for j=1:length(t3)
    normal4(j)=m*sin(2*pi*f*t3(j));
end
t4=tariza4:1/25600:(tariza4+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t4)
    sag4(j)=m*sin(2*pi*f*(t4(j)))+j*0.01*sin(2*pi*f*t4(j));%(tariza+((1-
m)/25600)));
end
t5=(tariza4+((100-100*m)/25600)):1/25600:(tariza5-1/25600);
for j=1:length(t5)

```



```

    normal5(j)=sin(2*pi*f*(t5(j)));
end
t2=tariza5:1/25600:(tariza5+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t2)
    sag5(j)=sin(2*pi*f*t2(j))-(j*0.01*sin(2*pi*f*t2(j)));
end
t3=(tariza5+((100-m*100)/25600)):1/25600:(tariza6-1/25600);
for j=1:length(t3)
    normal6(j)=m*sin(2*pi*f*t3(j));
end
t4=tariza6:1/25600:(tariza6+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t4)
    sag6(j)=m*sin(2*pi*f*(t4(j)))+j*0.01*sin(2*pi*f*t4(j));%(tariza+((1-
m)/25600)));
end
t5=(tariza6+((100-100*m)/25600)):1/25600:(tariza7-1/25600);
for j=1:length(t5)
    normal7(j)=sin(2*pi*f*(t5(j)));
end
t2=tariza7:1/25600:(tariza7+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t2)
    sag7(j)=sin(2*pi*f*t2(j))-(j*0.01*sin(2*pi*f*t2(j)));
end
t3=(tariza7+((100-m*100)/25600)):1/25600:(tariza8-1/25600);
for j=1:length(t3)
    normal8(j)=m*sin(2*pi*f*t3(j));
end
t4=tariza8:1/25600:(tariza8+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t4)
    sag8(j)=m*sin(2*pi*f*(t4(j)))+j*0.01*sin(2*pi*f*t4(j));%(tariza+((1-
m)/25600)));
end
t5=(tariza8+((100-100*m)/25600)):1/25600:(tariza9-1/25600);
for j=1:length(t5)
    normal9(j)=sin(2*pi*f*(t5(j)));
end
t2=tariza9:1/25600:(tariza9+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t2)
    sag9(j)=sin(2*pi*f*t2(j))-(j*0.01*sin(2*pi*f*t2(j)));
end
t3=(tariza9+((100-m*100)/25600)):1/25600:(tariza10-1/25600);
for j=1:length(t3)
    normal10(j)=m*sin(2*pi*f*t3(j));
end
t4=tariza10:1/25600:(tariza10+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t4)
    sag10(j)=m*sin(2*pi*f*(t4(j)))+j*0.01*sin(2*pi*f*t4(j));%(tariza+((1-
m)/25600)));
end

```

```

t5=(tariza10+((100-100*m)/25600)):1/25600:(tariza11-1/25600);
for j=1:length(t5)
    normal11(j)=sin(2*pi*f*(t5(j)));
end
t2=tariza11:1/25600:(tariza11+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t2)
    sag11(j)=sin(2*pi*f*t2(j))-j*0.01*sin(2*pi*f*t2(j));
end
t3=(tariza11+((100-m*100)/25600)):1/25600:(tariza12-1/25600);
for j=1:length(t3)
    normal12(j)=m*sin(2*pi*f*t3(j));
end
t4=tariza12:1/25600:(tariza12+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t4)
    sag12(j)=m*sin(2*pi*f*(t4(j)))+j*0.01*sin(2*pi*f*t4(j));%(tariza+((1-
m)/25600)));
end
t5=(tariza12+((100-100*m)/25600)):1/25600:(tariza13-1/25600);
for j=1:length(t5)
    normal13(j)=sin(2*pi*f*(t5(j)));
end
t2=tariza13:1/25600:(tariza13+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t2)
    sag13(j)=sin(2*pi*f*t2(j))-j*0.01*sin(2*pi*f*t2(j));
end
t3=(tariza13+((100-m*100)/25600)):1/25600:(tariza14-1/25600);
for j=1:length(t3)
    normal14(j)=m*sin(2*pi*f*t3(j));
end
t4=tariza14:1/25600:(tariza14+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t4)
    sag14(j)=m*sin(2*pi*f*(t4(j)))+j*0.01*sin(2*pi*f*t4(j));%(tariza+((1-
m)/25600)));
end
t5=(tariza14+((100-100*m)/25600)):1/25600:(tariza15-1/25600);
for j=1:length(t5)
    normal15(j)=sin(2*pi*f*(t5(j)));
end
sag=[normal1 sag1 normal2 sag2 normal3 sag3 normal4 sag4 normal5 sag5
normal6 ...
sag6 normal7 sag7 normal8 sag8 normal9 sag9 normal10 sag10 normal11
sag11 normal12...
sag12 normal13 sag13 normal14 sag14 normal15];
t=linspace(0,0.88,length(sag));
for e=0:length(sag)-512
    k(e+1)=0;
    mutop(e+1)=0;
    sapma(e+1)=0;
    c(e+1)=0;

```

```

for f=1:512
    mutop(f+e)=mutop(f+e)+sag(f+e);
    mutop(f+1+e)=mutop(f+e);
end
mu(e+513)=mutop(e+513)/512;
for g=1:512
    sapma(g+e)=(sag(g+e)-mu(e+513))^2+sapma(g+e);
    sapma(g+1+e)=sapma(g+e);
end
stsapma(e+1)=sqrt((1/512)*sapma(e+513));
for h=1:512
    c(e+h)=c(e+h)+(sag(h+e)-mu(e+513))^3;
    c(h+1+e)=c(e+h);
end
c(e+1)=c(e+513)/(stsapma(e+1)^3*511);
for l=1:512
    k(l+e)=k(l+e)+(sag(e+1)-mu(e+513))^4;
    k(l+e+1)=k(e+1);
end
k(e+1)=k(e+513)/(stsapma(e+1)^4*511);
end
plot(t,sag)
c=[zeros(1,512) c];
k=[1.506*ones(1,512) k];
c=c(1:length(sag));
k=k(1:length(sag));
t=linspace(0,0.88,length(sag));
figure
subplot(2,1,1),plot(t,c)
title('Gerilim Cokmesi Carpiklik (Skewness) Katsayilari')
xlabel('Zaman (sn)')
ylabel('Genlik (pu)')
subplot(2,1,2),plot(t,k)
title(' Gerilim Cokmesi Basiklik (Kurtosis) Katsayilari')
xlabel('Zaman (sn)')
ylabel('Genlik (pu)')

```

### Ek-C Güç Kalitesi Bozucularının ADD İle Çözümlemesi

Bu bölümde Daubechies-4 ayrık dalgacık fonksiyonu kullanılarak 12 seviyeli ayrışım yapılmıştır. Örnek gerilim dalga şekli olarak gerilim çökmesi içeren işaret seçilmiştir.

```

clc
clear all
close all
m=0.5; (Gerilim çökmesinin genliği)
f=50; (Temel güç sıklığı)
tariza1=2/f; (Bozucunun başlangıç yeri)
tariza2=5/f; (Bozucunun bitiş yeri)
tson=10/f; (İşaretin toplam süresi)
t1=0:1/25600:(tariza1-1/25600);
for j=1:length(t1)
    normal1(j)=sin(2*pi*f*t1(j));
end
t2=tariza1:1/25600:(tariza1+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t2)
    sag1(j)=sin(2*pi*f*t2(j))-j*0.01*sin(2*pi*f*t2(j));
end
t3=(tariza1+((100-m*100)/25600)):1/25600:(tariza2-1/25600);
for j=1:length(t3)
    normal2(j)=m*sin(2*pi*f*t3(j));
end
t4=tariza2:1/25600:(tariza2+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t4)
    sag2(j)=m*sin(2*pi*f*(t4(j)))+j*0.01*sin(2*pi*f*t4(j));%(tariza+((1-
m)/25600)))));
end
t5=(tariza2+((100-100*m)/25600)):1/25600:tson;
for j=1:length(t5)
    normal3(j)=sin(2*pi*f*(t5(j)));
end
sag=[normal1 sag1 normal2 sag2 normal3];
t=linspace(0,tson,length(sag));
subplot(9,1,1),plot(t,sag)
ls=length(sag);
[c1,11]=wavedec(sag,12,'db4'); (Daubechies-4 ayrık dalgacık fonksiyonu
kullanılarak 12 seviyeli ayrışım)
ca12=appcoef(c1,11,'db4',12); (12. seviyedeki ayrışım katsayıları)
cd1=detcoef(c1,11,1); (1. seviyedeki detay katsayıları)
cd2=detcoef(c1,11,2); (2. seviyedeki detay katsayıları)
cd3=detcoef(c1,11,3); (3. seviyedeki detay katsayıları)
cd4=detcoef(c1,11,4); (4. seviyedeki detay katsayıları)
cd5=detcoef(c1,11,5); (5. seviyedeki detay katsayıları)
cd6=detcoef(c1,11,6); (6. seviyedeki detay katsayıları)
cd7=detcoef(c1,11,7); cd8=detcoef(c1,11,8); cd9=detcoef(c1,11,9);
cd10=detcoef(c1,11,10);cd11=detcoef(c1,11,11);cd12=detcoef(c1,11,12);

```

### Ek-D Güç Kalitesi Bozucularının Enerji Yöntemiyle Özellik Çıkarımı

```

clc
clear all
close all
f=50; (Temel güç sistem sıklığı)
m=0.8; (Gerilim çökmesinin genliği)
tariza1=2/f; (Bozucunun oluşum yeri)
tariza2=5/f; (Bozucunun bitiş yeri)
tson=10/50; (İşaretin toplam süresi)
%%% İşaretin oluşturulması
t1=0:1/25600:(tariza1-1/25600);
for j=1:length(t1)
    normal1(j)=sin(2*pi*f*t1(j));
end
t2=tariza1:1/25600:(tariza1+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t2)
    sag1(j)=sin(2*pi*f*t2(j))-j*0.01*sin(2*pi*f*t2(j));
end
t3=(tariza1+((100-m*100)/25600)):1/25600:(tariza2-1/25600);
for j=1:length(t3)
    normal2(j)=m*sin(2*pi*f*t3(j));
end
t4=tariza2:1/25600:(tariza2+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t4)
    sag2(j)=m*sin(2*pi*f*(t4(j)))+j*0.01*sin(2*pi*f*t4(j));%(tariza+((1-
m)/25600)))));
end
t5=(tariza2+((100-100*m)/25600)):1/25600:0.2;
for j=1:length(t5)
    normal3(j)=sin(2*pi*f*(t5(j)));
end
sag=[normal1 sag1 normal2 sag2 normal3];

ls=length(sag);
[c1,11]=wavedec(sag,12,'db4'); (Daubechies-4 ayırık dalgacık fonksiyonu
kullanılarak 12 seviyeli ayrışım)
ca12=appcoef(c1,11,'db4',12); (12. seviyedeki ayrışım katsayıları)
cd1=detcoef(c1,11,1); (1. seviyedeki detay katsayıları)
cd2=detcoef(c1,11,2); (2. seviyedeki detay katsayıları)
cd3=detcoef(c1,11,3); (3. seviyedeki detay katsayıları)
cd4=detcoef(c1,11,4); (4. seviyedeki detay katsayıları)
cd5=detcoef(c1,11,5); (5. seviyedeki detay katsayıları)
cd6=detcoef(c1,11,6); (6. seviyedeki detay katsayıları)
cd7=detcoef(c1,11,7); (7. seviyedeki detay katsayıları)
cd8=detcoef(c1,11,8); (8. seviyedeki detay katsayıları)
cd9=detcoef(c1,11,9); (9. seviyedeki detay katsayıları)
cd10=detcoef(c1,11,10); (10. seviyedeki detay katsayıları)
cd11=detcoef(c1,11,11); (11. seviyedeki detay katsayıları)
cd12=detcoef(c1,11,12); (12. seviyedeki detay katsayıları)

```

```

cd1norm(1)=0;
cd2norm(1)=0;
cd3norm(1)=0;
cd4norm(1)=0;
cd5norm(1)=0;
cd6norm(1)=0;
cd7norm(1)=0;
cd8norm(1)=0;
cd9norm(1)=0;
cd10norm(1)=0;
cd11norm(1)=0;
cd12norm(1)=0;
for a=1:length(cd1)
    cd1norm(a)=cd1norm(a)+cd1(a)^2;
    cd1norm(a+1)=cd1norm(a); (1. seviyedeki detay katsayıları kareleri toplamı)
end
for a=1:length(cd2)
    cd2norm(a)=cd2norm(a)+cd2(a)^2;
    cd2norm(a+1)=cd2norm(a); (2. seviyedeki detay katsayıları kareleri toplamı)
end
for a=1:length(cd3)
    cd3norm(a)=cd3norm(a)+cd3(a)^2;
    cd3norm(a+1)=cd3norm(a); (3. seviyedeki detay katsayıları kareleri toplamı)
end
for a=1:length(cd4)
    cd4norm(a)=cd4norm(a)+cd4(a)^2;
    cd4norm(a+1)=cd4norm(a); (4. seviyedeki detay katsayıları kareleri toplamı)
end
for a=1:length(cd5)
    cd5norm(a)=cd5norm(a)+cd5(a)^2;
    cd5norm(a+1)=cd5norm(a); (5. seviyedeki detay katsayıları kareleri toplamı)
end
for a=1:length(cd6)
    cd6norm(a)=cd6norm(a)+cd6(a)^2;
    cd6norm(a+1)=cd6norm(a); (6. seviyedeki detay katsayıları kareleri toplamı)
end
for a=1:length(cd7)
    cd7norm(a)=cd7norm(a)+cd7(a)^2;
    cd7norm(a+1)=cd7norm(a); (7. seviyedeki detay katsayıları kareleri toplamı)
end
for a=1:length(cd8)
    cd8norm(a)=cd8norm(a)+cd8(a)^2;
    cd8norm(a+1)=cd8norm(a); (8. seviyedeki detay katsayıları kareleri toplamı)
end
for a=1:length(cd9)
    cd9norm(a)=cd9norm(a)+cd9(a)^2;
    cd9norm(a+1)=cd9norm(a); (9. seviyedeki detay katsayıları kareleri toplamı)
end
for a=1:length(cd10)

```

```

cd10norm(a)=cd10norm(a)+cd10(a)^2;
cd10norm(a+1)=cd10norm(a);(10. seviyedeki detay katsayıları kareleri
toplama)
end
for a=1:length(cd11)
cd11norm(a)=cd11norm(a)+cd11(a)^2;
cd11norm(a+1)=cd11norm(a); (11. seviyedeki detay katsayıları kareleri
toplama)
end
for a=1:length(cd12)
cd12norm(a)=cd12norm(a)+cd12(a)^2;
cd12norm(a+1)=cd12norm(a); (12. seviyedeki detay katsayıları kareleri
toplama)
end
%%%%%%Normalize edilmiş detay katsayıları
cd1norm((length(cd1)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd1norm(length(cd1)+1));
cd2norm((length(cd2)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd2norm(length(cd2)+1));
cd3norm((length(cd3)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd3norm(length(cd3)+1));
cd4norm((length(cd4)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd4norm(length(cd4)+1));
cd5norm((length(cd5)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd5norm(length(cd5)+1));
cd6norm((length(cd6)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd6norm(length(cd6)+1));
cd7norm((length(cd7)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd7norm(length(cd7)+1));
cd8norm((length(cd8)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd8norm(length(cd8)+1));
cd9norm((length(cd9)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd9norm(length(cd9)+1));
cd10norm((length(cd10)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd10norm(length(cd10)+1));
cd11norm((length(cd11)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd11norm(length(cd11)+1));
cd12norm((length(cd12)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd12norm(length(cd12)+1));
cdnorm=[cd1norm(length(cd1)+1) cd2norm(length(cd2)+1) ...
cd3norm(length(cd3)+1) cd4norm(length(cd4)+1) cd5norm(length(cd5)+1)
cd6norm(length(cd6)+1) cd7norm(length(cd7)+1) cd8norm(length(cd8)+1)
cd9norm(length(cd9)+1) cd10norm(length(cd10)+1) cd11norm(length(cd11)+1)
cd12norm(length(cd12)+1)];
normal_ve_sagx=[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12];
stem(normal_ve_sagx,cdnorm,'r');grid;xlabel('Ayrisim Seviyeleri')

```

### Ek-E Sıklık Tahmini İçin Eğri Uydurma Yaklaşımı

Bu bölümde yine örnek olarak gerilim çökmesi içeren bozucu ele alınmıştır. Sıklığı önceden belirlenmiş olan gerilim çökmeli bozucu kullanılan yöntemle verilmiş ve yöntemin hesapladığı sıklık ile önceden bilinen sıklık değeri karşılaştırılmıştır.

```

clc
clear all
close all
f=48.6; (Gerilim çökmesinin sıklığı)
m=0.8; (Gerilim çökmesinin genliği)
tariza1=2/f; (Arızanın oluşum yeri)
tariza2=5/f; (Arızanın bitiş yeri)
tson=10/50; (İşaretin toplam süresi)
dt=1/25600; (Örnekleme zamanı)
%%% İşaretin oluşturulması
t1=0:1/25600:(tariza1-1/25600);
for j=1:length(t1)
    normal1(j)=sin(2*pi*f*t1(j));
end
t2=tariza1:1/25600:(tariza1+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t2)
    sag1(j)=sin(2*pi*f*t2(j))-j*0.01*sin(2*pi*f*t2(j));
end
t3=(tariza1+((100-m*100)/25600)):1/25600:(tariza2-1/25600);
for j=1:length(t3)
    normal2(j)=m*sin(2*pi*f*t3(j));
end
t4=tariza2:1/25600:(tariza2+((100-m*100)/25600))-(1/25600);
for j=1:length(t4)
    sag2(j)=m*sin(2*pi*f*(t4(j)))+j*0.01*sin(2*pi*f*t4(j));%(tariza+((1-
m)/25600)))));
end
t5=(tariza2+((100-100*m)/25600)):1/25600:0.2;
for j=1:length(t5)
    normal3(j)=sin(2*pi*f*(t5(j)));
end
sag=[normal1 sag1 normal2 sag2 normal3];
t=linspace(0,tson,length(sag));
y1=[sag];
plot(t,y1)
inx=0;
anahtar=1;
for k=1:length(t)-1
    df(k)=(y1(k+1)-y1(k))/dt; (İki gerilim örneği arasındaki fark )
    s = sign(df(k)); (İki gerilim örneği arasındaki farkın işareti)
    if (anahtar==1 && y1(k)<0 && s==-1)
        anahtar = 0;
    elseif (anahtar==0 && y1(k)>0 && s==1)
        anahtar = 1;
    end
    inx=inx+1;

```



```

a=[y1(k) y1(k+1) y1(k+2)]; (Ardışık üç gerilim örneği)
z=[t(k) t(k+1) t(k+2)]; (Ardışık üç gerilim örneğine karşılık gelen zaman)
if inx==1
    b1=[z;a];
end
if inx==2
    b2=[z;a];
    break
end
else
end
end
b1,b2,inx
% birinci grup için eğri uydurma  $y=a*x+b$ 
xx=[b1(1) b1(3) b1(5)];
yy=[b1(2) b1(4) b1(6)];
p=polyfit(xx,yy,1);
d1=p(2)/p(1);
% ikinci grup için eğri uydurma işlemi
xx=[b2(1) b2(3) b2(5)];
yy=[b2(2) b2(4) b2(6)];
p=polyfit(xx,yy,1);
d2=p(2)/p(1);
fg=(abs(d2)-abs(d1))^-1; % hesaplanan frekans
fprintf('Gerçek      = %.10f\nHesaplanan = %.10f\nFark      = %.10f\n', f, fg,
abs(fg-f));

```

Program çıktısı aşağıdaki gibi oluşmuştur:

```

Gerçek      = 48.6000000000
Hesaplanan = 48.6397535992
Fark        = 0.0397535992

```

### Ek-F Güç Kalitesi Bozucularının DVM' yle Sınıflandırılması

Bu bölümde sınıflandırma işlemine geçilmeden önce beş bozucuya ait veriler oluşturulmuştur. Oluşturulan verilerin yarısı sınama aşamasında diğer yarısı ise eğitim aşamasında kullanılmıştır. Bozucuların oluşum yerlerinin farklı olması, bozucuların sürelerinin farklı olması, bozucuların genliklerinin farklı olması ve sıklıklarının farklı olması durumları için oluşturulan veriler mat dosyaları şeklinde saklanmıştır.

#### a. Temel Güç Sistem Sıklığındaki (50 Hz) GKB İşaretlerinin DVM İle Sınıflandırılması

```
clc
```

```
close all
```

%%%%gerilim yükselmesinin farklı oluşum yerlerinde oluşturulan veri dosyasının yüklenmesi

%%(cdnorm: Oluşum yerleri farklı olduğunda elde edilen detay katsayılarını belirtmektedir. Örneğin cdnorm(:,1): Bozucunun oluşum yeri değiştirildiğinde elde edilen 1. seviyedeki detay katsayılarını göstermektedir.)

```
load wave_swell_gecisler_farkli.mat cdnorm
```

```
d1_swell_gecisler_farkli=cdnorm(:,1);
```

```
d2_swell_gecisler_farkli=cdnorm(:,2);
```

```
d3_swell_gecisler_farkli=cdnorm(:,3);
```

```
d4_swell_gecisler_farkli=cdnorm(:,4);
```

```
d5_swell_gecisler_farkli=cdnorm(:,5);
```

```
d6_swell_gecisler_farkli=cdnorm(:,6);
```

```
d7_swell_gecisler_farkli=cdnorm(:,7);
```

```
d8_swell_gecisler_farkli=cdnorm(:,8);
```

```
d9_swell_gecisler_farkli=cdnorm(:,9);
```

```
d10_swell_gecisler_farkli=cdnorm(:,10);
```

```
d11_swell_gecisler_farkli=cdnorm(:,11);
```

```
d12_swell_gecisler_farkli=cdnorm(:,12);
```

%%%%gerilim çökmesinin farklı oluşum yerlerinde oluşturulan veri dosyasının yüklenmesi

```
load wave_sag_gecisler_farkli.mat cdnorm
```

```
d1_sag_gecisler_farkli=cdnorm(:,1);
```

```
d2_sag_gecisler_farkli=cdnorm(:,2);
```

```
d3_sag_gecisler_farkli=cdnorm(:,3);
```

```
d4_sag_gecisler_farkli=cdnorm(:,4);
```

```
d5_sag_gecisler_farkli=cdnorm(:,5);
```

```
d6_sag_gecisler_farkli=cdnorm(:,6);
```

```
d7_sag_gecisler_farkli=cdnorm(:,7);
```

```
d8_sag_gecisler_farkli=cdnorm(:,8);
```

```
d9_sag_gecisler_farkli=cdnorm(:,9);
```

```
d10_sag_gecisler_farkli=cdnorm(:,10);
```

```
d11_sag_gecisler_farkli=cdnorm(:,11);
```

```
d12_sag_gecisler_farkli=cdnorm(:,12);
```

%%%%geçici olay içeren gerilimin farklı oluşum yerlerinde oluşturulan veri dosyasının yüklenmesi

```
load wave_transient_gecisler_farkli.mat cdnorm
```

```
d1_transient_gecisler_farkli=cdnorm(:,1);
```

```
d2_transient_gecisler_farkli=cdnorm(:,2);
```

```
d3_transient_gecisler_farkli=cdnorm(:,3);
```

```

d4_transient_gecisler_farkli=cdnorm(:,4);
d5_transient_gecisler_farkli=cdnorm(:,5);
d6_transient_gecisler_farkli=cdnorm(:,6);
d7_transient_gecisler_farkli=cdnorm(:,7);
d8_transient_gecisler_farkli=cdnorm(:,8);
d9_transient_gecisler_farkli=cdnorm(:,9);
d10_transient_gecisler_farkli=cdnorm(:,10);
d11_transient_gecisler_farkli=cdnorm(:,11);
d12_transient_gecisler_farkli=cdnorm(:,12);
%%%%%%gerilim yükselmesi içeren işaretin bozucu süresi
değiştirildiğinde oluşturulan veri dosyasının yüklenmesi
load wave_yu_swell_sure_farkli.mat cdnorm
d1_swell_sure_farkli=cdnorm(:,1);
d2_swell_sure_farkli=cdnorm(:,2);
d3_swell_sure_farkli=cdnorm(:,3);
d4_swell_sure_farkli=cdnorm(:,4);
d5_swell_sure_farkli=cdnorm(:,5);
d6_swell_sure_farkli=cdnorm(:,6);
d7_swell_sure_farkli=cdnorm(:,7);
d8_swell_sure_farkli=cdnorm(:,8);
d9_swell_sure_farkli=cdnorm(:,9);
d10_swell_sure_farkli=cdnorm(:,10);
d11_swell_sure_farkli=cdnorm(:,11);
d12_swell_sure_farkli=cdnorm(:,12);
%%%%%%gerilim çökmesi içeren işaretin bozucu süresi değiştirildiğinde
oluşturulan veri dosyasının yüklenmesi
load wave_yu_sag_sure_farkli.mat cdnorm
d1_sag_sure_farkli=cdnorm(:,1);
d2_sag_sure_farkli=cdnorm(:,2);
d3_sag_sure_farkli=cdnorm(:,3);
d4_sag_sure_farkli=cdnorm(:,4);
d5_sag_sure_farkli=cdnorm(:,5);
d6_sag_sure_farkli=cdnorm(:,6);
d7_sag_sure_farkli=cdnorm(:,7);
d8_sag_sure_farkli=cdnorm(:,8);
d9_sag_sure_farkli=cdnorm(:,9);
d10_sag_sure_farkli=cdnorm(:,10);
d11_sag_sure_farkli=cdnorm(:,11);
d12_sag_sure_farkli=cdnorm(:,12);
%%%%%%geçici olay içeren gerilimin bozucu süresi değiştirildiğinde
oluşturulan veri dosyasının yüklenmesi
load wave_yu_transient_sure_farkli.mat cdnorm
d1_transient_sure_farkli=cdnorm(:,1);
d2_transient_sure_farkli=cdnorm(:,2);
d3_transient_sure_farkli=cdnorm(:,3);
d4_transient_sure_farkli=cdnorm(:,4);
d5_transient_sure_farkli=cdnorm(:,5);
d6_transient_sure_farkli=cdnorm(:,6);
d7_transient_sure_farkli=cdnorm(:,7);

```

```

d8_transient_sure_farkli=cdnorm(:,8);
d9_transient_sure_farkli=cdnorm(:,9);
d10_transient_sure_farkli=cdnorm(:,10);
d11_transient_sure_farkli=cdnorm(:,11);
d12_transient_sure_farkli=cdnorm(:,12);
%%%%%%gerilim yükselmesi içeren gerilimin bozucu genliğinin
değiştirilmesi durumunda elde edilen veri dosyasının yüklenmesi

```

```
load wave_swell_genlikler_farkli.mat cdnorm
```

```

d1_swell_genlik_farkli=cdnorm(:,1);
d2_swell_genlik_farkli=cdnorm(:,2);
d3_swell_genlik_farkli=cdnorm(:,3);
d4_swell_genlik_farkli=cdnorm(:,4);
d5_swell_genlik_farkli=cdnorm(:,5);
d6_swell_genlik_farkli=cdnorm(:,6);
d7_swell_genlik_farkli=cdnorm(:,7);
d8_swell_genlik_farkli=cdnorm(:,8);
d9_swell_genlik_farkli=cdnorm(:,9);
d10_swell_genlik_farkli=cdnorm(:,10);
d11_swell_genlik_farkli=cdnorm(:,11);
d12_swell_genlik_farkli=cdnorm(:,12);

```

```

%%%%%%gerilim çökmesi içeren gerilimin bozucu genliğinin
değiştirilmesi durumunda elde edilen veri dosyasının yüklenmesi

```

```
load wave_sag_genlikler_farkli.mat cdnorm
```

```

d1_sag_genlik_farkli=cdnorm(:,1);
d2_sag_genlik_farkli=cdnorm(:,2);
d3_sag_genlik_farkli=cdnorm(:,3);
d4_sag_genlik_farkli=cdnorm(:,4);
d5_sag_genlik_farkli=cdnorm(:,5);
d6_sag_genlik_farkli=cdnorm(:,6);
d7_sag_genlik_farkli=cdnorm(:,7);
d8_sag_genlik_farkli=cdnorm(:,8);
d9_sag_genlik_farkli=cdnorm(:,9);
d10_sag_genlik_farkli=cdnorm(:,10);
d11_sag_genlik_farkli=cdnorm(:,11);
d12_sag_genlik_farkli=cdnorm(:,12);

```

```

%%%%%%harmonik içeren gerilimin bozucu genliğinin değiştirilmesi
durumunda elde edilen veri dosyasının yüklenmesi

```

```
load wave_harmonik_genlikler_farkli.mat cdnorm
```

```

d1_harmonik_genlik_farkli=cdnorm(:,1);
d2_harmonik_genlik_farkli=cdnorm(:,2);
d3_harmonik_genlik_farkli=cdnorm(:,3);
d4_harmonik_genlik_farkli=cdnorm(:,4);
d5_harmonik_genlik_farkli=cdnorm(:,5);
d6_harmonik_genlik_farkli=cdnorm(:,6);
d7_harmonik_genlik_farkli=cdnorm(:,7);
d8_harmonik_genlik_farkli=cdnorm(:,8);
d9_harmonik_genlik_farkli=cdnorm(:,9);
d10_harmonik_genlik_farkli=cdnorm(:,10);

```

```

d11_harmonik_genlik_farkli=cdnorm(:,11);
d12_harmonik_genlik_farkli=cdnorm(:,12);
%%%%%%kırpışma içeren gerilimin bozucu genliğinin değiştirilmesi
durumunda elde edilen veri dosyasının yüklenmesi
load wave_flicker_genlikler_farkli.mat cdnorm
d1_kirpisma_sonda_genlik_farkli=cdnorm(:,1);
d2_kirpisma_sonda_genlik_farkli=cdnorm(:,2);
d3_kirpisma_sonda_genlik_farkli=cdnorm(:,3);
d4_kirpisma_sonda_genlik_farkli=cdnorm(:,4);
d5_kirpisma_sonda_genlik_farkli=cdnorm(:,5);
d6_kirpisma_sonda_genlik_farkli=cdnorm(:,6);
d7_kirpisma_sonda_genlik_farkli=cdnorm(:,7);
d8_kirpisma_sonda_genlik_farkli=cdnorm(:,8);
d9_kirpisma_sonda_genlik_farkli=cdnorm(:,9);
d10_kirpisma_sonda_genlik_farkli=cdnorm(:,10);
d11_kirpisma_sonda_genlik_farkli=cdnorm(:,11);
d12_kirpisma_sonda_genlik_farkli=cdnorm(:,12);
%%%%%%geçici olay içeren gerilimin bozucu genliğinin değiştirilmesi
durumunda elde edilen veri dosyasının yüklenmesi
load wave_transient_genlikler_farkli.mat cdnorm
d1_transient_genlik_farkli=cdnorm(:,1);
d2_transient_genlik_farkli=cdnorm(:,2);
d3_transient_genlik_farkli=cdnorm(:,3);
d4_transient_genlik_farkli=cdnorm(:,4);
d5_transient_genlik_farkli=cdnorm(:,5);
d6_transient_genlik_farkli=cdnorm(:,6);
d7_transient_genlik_farkli=cdnorm(:,7);
d8_transient_genlik_farkli=cdnorm(:,8);
d9_transient_genlik_farkli=cdnorm(:,9);
d10_transient_genlik_farkli=cdnorm(:,10);
d11_transient_genlik_farkli=cdnorm(:,11);
d12_transient_genlik_farkli=cdnorm(:,12);
%%%%%%geçici olay içeren gerilimin sıklığının değiştirilmesi durumunda elde
edilen veri kümesinin yüklenmesi
load wave_transient_frekans_farkli.mat cdnorm
d1_transient_frekans_farkli=cdnorm(:,1);
d2_transient_frekans_farkli=cdnorm(:,2);
d3_transient_frekans_farkli=cdnorm(:,3);
d4_transient_frekans_farkli=cdnorm(:,4);
d5_transient_frekans_farkli=cdnorm(:,5);
d6_transient_frekans_farkli=cdnorm(:,6);
d7_transient_frekans_farkli=cdnorm(:,7);
d8_transient_frekans_farkli=cdnorm(:,8);
d9_transient_frekans_farkli=cdnorm(:,9);
d10_transient_frekans_farkli=cdnorm(:,10);
d11_transient_frekans_farkli=cdnorm(:,11);
d12_transient_frekans_farkli=cdnorm(:,12);
%%%%%%kırpışma içeren gerilimin sıklığının değiştirilmesi durumunda elde
edilen veri kümesinin yüklenmesi

```



```

d2_flicker_frekans_farkli_test(k)=d2_flicker_frekans_farkli(i+1);
d3_flicker_frekans_farkli_egi(k)=d3_flicker_frekans_farkli(i);
d3_flicker_frekans_farkli_test(k)=d3_flicker_frekans_farkli(i+1);
d4_flicker_frekans_farkli_egi(k)=d4_flicker_frekans_farkli(i);
d4_flicker_frekans_farkli_test(k)=d4_flicker_frekans_farkli(i+1);
d5_flicker_frekans_farkli_egi(k)=d5_flicker_frekans_farkli(i);
d5_flicker_frekans_farkli_test(k)=d5_flicker_frekans_farkli(i+1);
d6_flicker_frekans_farkli_egi(k)=d6_flicker_frekans_farkli(i);
d6_flicker_frekans_farkli_test(k)=d6_flicker_frekans_farkli(i+1);
d7_flicker_frekans_farkli_egi(k)=d7_flicker_frekans_farkli(i);
d7_flicker_frekans_farkli_test(k)=d7_flicker_frekans_farkli(i+1);
d8_flicker_frekans_farkli_egi(k)=d8_flicker_frekans_farkli(i);
d8_flicker_frekans_farkli_test(k)=d8_flicker_frekans_farkli(i+1);
d9_flicker_frekans_farkli_egi(k)=d9_flicker_frekans_farkli(i);
d9_flicker_frekans_farkli_test(k)=d9_flicker_frekans_farkli(i+1);
d10_flicker_frekans_farkli_egi(k)=d10_flicker_frekans_farkli(i);
d10_flicker_frekans_farkli_test(k)=d10_flicker_frekans_farkli(i+1);
d11_flicker_frekans_farkli_egi(k)=d11_flicker_frekans_farkli(i);
d11_flicker_frekans_farkli_test(k)=d11_flicker_frekans_farkli(i+1);
d12_flicker_frekans_farkli_egi(k)=d12_flicker_frekans_farkli(i);
d12_flicker_frekans_farkli_test(k)=d12_flicker_frekans_farkli(i+1);
k=k+1;
end
k=1;
for i=1:2:length(d8_swell_gecisler_farkli)-1
    d1_sag_gecisler_farkli_egi(k)=d1_sag_gecisler_farkli(i);
    d1_sag_gecisler_farkli_test(k)=d1_sag_gecisler_farkli(i+1);
    d2_sag_gecisler_farkli_egi(k)=d2_sag_gecisler_farkli(i);
    d2_sag_gecisler_farkli_test(k)=d2_sag_gecisler_farkli(i+1);
    d3_sag_gecisler_farkli_egi(k)=d3_sag_gecisler_farkli(i);
    d3_sag_gecisler_farkli_test(k)=d3_sag_gecisler_farkli(i+1);
    d4_sag_gecisler_farkli_egi(k)=d4_sag_gecisler_farkli(i);
    d4_sag_gecisler_farkli_test(k)=d4_sag_gecisler_farkli(i+1);
    d5_sag_gecisler_farkli_egi(k)=d5_sag_gecisler_farkli(i);
    d5_sag_gecisler_farkli_test(k)=d5_sag_gecisler_farkli(i+1);
    d6_sag_gecisler_farkli_egi(k)=d6_sag_gecisler_farkli(i);
    d6_sag_gecisler_farkli_test(k)=d6_sag_gecisler_farkli(i+1);
    d7_sag_gecisler_farkli_egi(k)=d7_sag_gecisler_farkli(i);
    d7_sag_gecisler_farkli_test(k)=d7_sag_gecisler_farkli(i+1);
    d8_sag_gecisler_farkli_egi(k)=d8_sag_gecisler_farkli(i);
    d8_sag_gecisler_farkli_test(k)=d8_sag_gecisler_farkli(i+1);
    d9_sag_gecisler_farkli_egi(k)=d9_sag_gecisler_farkli(i);
    d9_sag_gecisler_farkli_test(k)=d9_sag_gecisler_farkli(i+1);
    d10_sag_gecisler_farkli_egi(k)=d10_sag_gecisler_farkli(i);
    d10_sag_gecisler_farkli_test(k)=d10_sag_gecisler_farkli(i+1);
    d11_sag_gecisler_farkli_egi(k)=d11_sag_gecisler_farkli(i);
    d11_sag_gecisler_farkli_test(k)=d11_sag_gecisler_farkli(i+1);
    d12_sag_gecisler_farkli_egi(k)=d12_sag_gecisler_farkli(i);
    d12_sag_gecisler_farkli_test(k)=d12_sag_gecisler_farkli(i+1);

```

d1\_swell\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d1\_swell\_gecisler\_farkli(i);  
d1\_swell\_gecisler\_farkli\_test(k)=d1\_swell\_gecisler\_farkli(i+1);  
d2\_swell\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d2\_swell\_gecisler\_farkli(i);  
d2\_swell\_gecisler\_farkli\_test(k)=d2\_swell\_gecisler\_farkli(i+1);  
d3\_swell\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d3\_swell\_gecisler\_farkli(i);  
d3\_swell\_gecisler\_farkli\_test(k)=d3\_swell\_gecisler\_farkli(i+1);  
d4\_swell\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d4\_swell\_gecisler\_farkli(i);  
d4\_swell\_gecisler\_farkli\_test(k)=d4\_swell\_gecisler\_farkli(i+1);  
d5\_swell\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d5\_swell\_gecisler\_farkli(i);  
d5\_swell\_gecisler\_farkli\_test(k)=d5\_swell\_gecisler\_farkli(i+1);  
d6\_swell\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d6\_swell\_gecisler\_farkli(i);  
d6\_swell\_gecisler\_farkli\_test(k)=d6\_swell\_gecisler\_farkli(i+1);  
d7\_swell\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d7\_swell\_gecisler\_farkli(i);  
d7\_swell\_gecisler\_farkli\_test(k)=d7\_swell\_gecisler\_farkli(i+1);  
d8\_swell\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d8\_swell\_gecisler\_farkli(i);  
d8\_swell\_gecisler\_farkli\_test(k)=d8\_swell\_gecisler\_farkli(i+1);  
d9\_swell\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d9\_swell\_gecisler\_farkli(i);  
d9\_swell\_gecisler\_farkli\_test(k)=d9\_swell\_gecisler\_farkli(i+1);  
d10\_swell\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d10\_swell\_gecisler\_farkli(i);  
d10\_swell\_gecisler\_farkli\_test(k)=d10\_swell\_gecisler\_farkli(i+1);  
d11\_swell\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d11\_swell\_gecisler\_farkli(i);  
d11\_swell\_gecisler\_farkli\_test(k)=d11\_swell\_gecisler\_farkli(i+1);  
d12\_swell\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d12\_swell\_gecisler\_farkli(i);  
d12\_swell\_gecisler\_farkli\_test(k)=d12\_swell\_gecisler\_farkli(i+1);

d1\_transient\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d1\_transient\_gecisler\_farkli(i);  
d1\_transient\_gecisler\_farkli\_test(k)=d1\_transient\_gecisler\_farkli(i+1);  
d2\_transient\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d2\_transient\_gecisler\_farkli(i);  
d2\_transient\_gecisler\_farkli\_test(k)=d2\_transient\_gecisler\_farkli(i+1);  
d3\_transient\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d3\_transient\_gecisler\_farkli(i);  
d3\_transient\_gecisler\_farkli\_test(k)=d3\_transient\_gecisler\_farkli(i+1);  
d4\_transient\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d4\_transient\_gecisler\_farkli(i);  
d4\_transient\_gecisler\_farkli\_test(k)=d4\_transient\_gecisler\_farkli(i+1);  
d5\_transient\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d5\_transient\_gecisler\_farkli(i);  
d5\_transient\_gecisler\_farkli\_test(k)=d5\_transient\_gecisler\_farkli(i+1);  
d6\_transient\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d6\_transient\_gecisler\_farkli(i);  
d6\_transient\_gecisler\_farkli\_test(k)=d6\_transient\_gecisler\_farkli(i+1);  
d7\_transient\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d7\_transient\_gecisler\_farkli(i);  
d7\_transient\_gecisler\_farkli\_test(k)=d7\_transient\_gecisler\_farkli(i+1);  
d8\_transient\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d8\_transient\_gecisler\_farkli(i);  
d8\_transient\_gecisler\_farkli\_test(k)=d8\_transient\_gecisler\_farkli(i+1);  
d9\_transient\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d9\_transient\_gecisler\_farkli(i);  
d9\_transient\_gecisler\_farkli\_test(k)=d9\_transient\_gecisler\_farkli(i+1);  
d10\_transient\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d10\_transient\_gecisler\_farkli(i);  
d10\_transient\_gecisler\_farkli\_test(k)=d10\_transient\_gecisler\_farkli(i+1);  
d11\_transient\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d11\_transient\_gecisler\_farkli(i);  
d11\_transient\_gecisler\_farkli\_test(k)=d11\_transient\_gecisler\_farkli(i+1);  
d12\_transient\_gecisler\_farkli\_egi(k)=d12\_transient\_gecisler\_farkli(i);



```

    d12_transient_gecisler_farkli_test(k)=d12_transient_gecisler_farkli(i+1);
    k=k+1;
end
k=1;
for i=1:2:length(d1_sag_sure_farkli)-1
    d1_sag_sure_farkli_egi(k)=d1_sag_sure_farkli(i);
    d1_sag_sure_farkli_test(k)=d1_sag_sure_farkli(i+1);
    d2_sag_sure_farkli_egi(k)=d2_sag_sure_farkli(i);
    d2_sag_sure_farkli_test(k)=d2_sag_sure_farkli(i+1);
    d3_sag_sure_farkli_egi(k)=d3_sag_sure_farkli(i);
    d3_sag_sure_farkli_test(k)=d3_sag_sure_farkli(i+1);
    d4_sag_sure_farkli_egi(k)=d4_sag_sure_farkli(i);
    d4_sag_sure_farkli_test(k)=d4_sag_sure_farkli(i+1);
    d5_sag_sure_farkli_egi(k)=d5_sag_sure_farkli(i);
    d5_sag_sure_farkli_test(k)=d5_sag_sure_farkli(i+1);
    d6_sag_sure_farkli_egi(k)=d6_sag_sure_farkli(i);
    d6_sag_sure_farkli_test(k)=d6_sag_sure_farkli(i+1);
    d7_sag_sure_farkli_egi(k)=d7_sag_sure_farkli(i);
    d7_sag_sure_farkli_test(k)=d7_sag_sure_farkli(i+1);
    d8_sag_sure_farkli_egi(k)=d8_sag_sure_farkli(i);
    d8_sag_sure_farkli_test(k)=d8_sag_sure_farkli(i+1);
    d9_sag_sure_farkli_egi(k)=d9_sag_sure_farkli(i);
    d9_sag_sure_farkli_test(k)=d9_sag_sure_farkli(i+1);
    d10_sag_sure_farkli_egi(k)=d10_sag_sure_farkli(i);
    d10_sag_sure_farkli_test(k)=d10_sag_sure_farkli(i+1);
    d11_sag_sure_farkli_egi(k)=d11_sag_sure_farkli(i);
    d11_sag_sure_farkli_test(k)=d11_sag_sure_farkli(i+1);
    d12_sag_sure_farkli_egi(k)=d12_sag_sure_farkli(i);
    d12_sag_sure_farkli_test(k)=d12_sag_sure_farkli(i+1);

    d1_swell_sure_farkli_egi(k)=d1_swell_sure_farkli(i);
    d1_swell_sure_farkli_test(k)=d1_swell_sure_farkli(i+1);
    d2_swell_sure_farkli_egi(k)=d2_swell_sure_farkli(i);
    d2_swell_sure_farkli_test(k)=d2_swell_sure_farkli(i+1);
    d3_swell_sure_farkli_egi(k)=d3_swell_sure_farkli(i);
    d3_swell_sure_farkli_test(k)=d3_swell_sure_farkli(i+1);
    d4_swell_sure_farkli_egi(k)=d4_swell_sure_farkli(i);
    d4_swell_sure_farkli_test(k)=d4_swell_sure_farkli(i+1);
    d5_swell_sure_farkli_egi(k)=d5_swell_sure_farkli(i);
    d5_swell_sure_farkli_test(k)=d5_swell_sure_farkli(i+1);
    d6_swell_sure_farkli_egi(k)=d6_swell_sure_farkli(i);
    d6_swell_sure_farkli_test(k)=d6_swell_sure_farkli(i+1);
    d7_swell_sure_farkli_egi(k)=d7_swell_sure_farkli(i);
    d7_swell_sure_farkli_test(k)=d7_swell_sure_farkli(i+1);
    d8_swell_sure_farkli_egi(k)=d8_swell_sure_farkli(i);
    d8_swell_sure_farkli_test(k)=d8_swell_sure_farkli(i+1);
    d9_swell_sure_farkli_egi(k)=d9_swell_sure_farkli(i);
    d9_swell_sure_farkli_test(k)=d9_swell_sure_farkli(i+1);
    d10_swell_sure_farkli_egi(k)=d10_swell_sure_farkli(i);

```

```

d10_swell_sure_farkli_test(k)=d10_swell_sure_farkli(i+1);
d11_swell_sure_farkli_egi(k)=d11_swell_sure_farkli(i);
d11_swell_sure_farkli_test(k)=d11_swell_sure_farkli(i+1);
d12_swell_sure_farkli_egi(k)=d12_swell_sure_farkli(i);
d12_swell_sure_farkli_test(k)=d12_swell_sure_farkli(i+1);

```

```

d1_transient_sure_farkli_egi(k)=d1_transient_sure_farkli(i);
d1_transient_sure_farkli_test(k)=d1_transient_sure_farkli(i+1);
d2_transient_sure_farkli_egi(k)=d2_transient_sure_farkli(i);
d2_transient_sure_farkli_test(k)=d2_transient_sure_farkli(i+1);
d3_transient_sure_farkli_egi(k)=d3_transient_sure_farkli(i);
d3_transient_sure_farkli_test(k)=d3_transient_sure_farkli(i+1);
d4_transient_sure_farkli_egi(k)=d4_transient_sure_farkli(i);
d4_transient_sure_farkli_test(k)=d4_transient_sure_farkli(i+1);
d5_transient_sure_farkli_egi(k)=d5_transient_sure_farkli(i);
d5_transient_sure_farkli_test(k)=d5_transient_sure_farkli(i+1);
d6_transient_sure_farkli_egi(k)=d6_transient_sure_farkli(i);
d6_transient_sure_farkli_test(k)=d6_transient_sure_farkli(i+1);
d7_transient_sure_farkli_egi(k)=d7_transient_sure_farkli(i);
d7_transient_sure_farkli_test(k)=d7_transient_sure_farkli(i+1);
d8_transient_sure_farkli_egi(k)=d8_transient_sure_farkli(i);
d8_transient_sure_farkli_test(k)=d8_transient_sure_farkli(i+1);
d9_transient_sure_farkli_egi(k)=d9_transient_sure_farkli(i);
d9_transient_sure_farkli_test(k)=d9_transient_sure_farkli(i+1);
d10_transient_sure_farkli_egi(k)=d10_transient_sure_farkli(i);
d10_transient_sure_farkli_test(k)=d10_transient_sure_farkli(i+1);
d11_transient_sure_farkli_egi(k)=d11_transient_sure_farkli(i);
d11_transient_sure_farkli_test(k)=d11_transient_sure_farkli(i+1);
d12_transient_sure_farkli_egi(k)=d12_transient_sure_farkli(i);
d12_transient_sure_farkli_test(k)=d12_transient_sure_farkli(i+1);
k=k+1;

```

```
end
```

```
k=1;
```

```
for i=1:2:length(d1_sag_genlik_farkli)-1
```

```

d1_sag_genlik_farkli_egi(k)=d1_sag_genlik_farkli(i);
d1_sag_genlik_farkli_test(k)=d1_sag_genlik_farkli(i+1);
d2_sag_genlik_farkli_egi(k)=d2_sag_genlik_farkli(i);
d2_sag_genlik_farkli_test(k)=d2_sag_genlik_farkli(i+1);
d3_sag_genlik_farkli_egi(k)=d3_sag_genlik_farkli(i);
d3_sag_genlik_farkli_test(k)=d3_sag_genlik_farkli(i+1);
d4_sag_genlik_farkli_egi(k)=d4_sag_genlik_farkli(i);
d4_sag_genlik_farkli_test(k)=d4_sag_genlik_farkli(i+1);
d5_sag_genlik_farkli_egi(k)=d5_sag_genlik_farkli(i);
d5_sag_genlik_farkli_test(k)=d5_sag_genlik_farkli(i+1);
d6_sag_genlik_farkli_egi(k)=d6_sag_genlik_farkli(i);
d6_sag_genlik_farkli_test(k)=d6_sag_genlik_farkli(i+1);
d7_sag_genlik_farkli_egi(k)=d7_sag_genlik_farkli(i);
d7_sag_genlik_farkli_test(k)=d7_sag_genlik_farkli(i+1);

```

d8\_sag\_genlik\_farkli\_egi(k)=d8\_sag\_genlik\_farkli(i);  
 d8\_sag\_genlik\_farkli\_test(k)=d8\_sag\_genlik\_farkli(i+1);  
 d9\_sag\_genlik\_farkli\_egi(k)=d9\_sag\_genlik\_farkli(i);  
 d9\_sag\_genlik\_farkli\_test(k)=d9\_sag\_genlik\_farkli(i+1);  
 d10\_sag\_genlik\_farkli\_egi(k)=d10\_sag\_genlik\_farkli(i);  
 d10\_sag\_genlik\_farkli\_test(k)=d10\_sag\_genlik\_farkli(i+1);  
 d11\_sag\_genlik\_farkli\_egi(k)=d11\_sag\_genlik\_farkli(i);  
 d11\_sag\_genlik\_farkli\_test(k)=d11\_sag\_genlik\_farkli(i+1);  
 d12\_sag\_genlik\_farkli\_egi(k)=d12\_sag\_genlik\_farkli(i);  
 d12\_sag\_genlik\_farkli\_test(k)=d12\_sag\_genlik\_farkli(i+1);

d1\_swell\_genlik\_farkli\_egi(k)=d1\_swell\_genlik\_farkli(i);  
 d1\_swell\_genlik\_farkli\_test(k)=d1\_swell\_genlik\_farkli(i+1);  
 d2\_swell\_genlik\_farkli\_egi(k)=d2\_swell\_genlik\_farkli(i);  
 d2\_swell\_genlik\_farkli\_test(k)=d2\_swell\_genlik\_farkli(i+1);  
 d3\_swell\_genlik\_farkli\_egi(k)=d3\_swell\_genlik\_farkli(i);  
 d3\_swell\_genlik\_farkli\_test(k)=d3\_swell\_genlik\_farkli(i+1);  
 d4\_swell\_genlik\_farkli\_egi(k)=d4\_swell\_genlik\_farkli(i);  
 d4\_swell\_genlik\_farkli\_test(k)=d4\_swell\_genlik\_farkli(i+1);  
 d5\_swell\_genlik\_farkli\_egi(k)=d5\_swell\_genlik\_farkli(i);  
 d5\_swell\_genlik\_farkli\_test(k)=d5\_swell\_genlik\_farkli(i+1);  
 d6\_swell\_genlik\_farkli\_egi(k)=d6\_swell\_genlik\_farkli(i);  
 d6\_swell\_genlik\_farkli\_test(k)=d6\_swell\_genlik\_farkli(i+1);  
 d7\_swell\_genlik\_farkli\_egi(k)=d7\_swell\_genlik\_farkli(i);  
 d7\_swell\_genlik\_farkli\_test(k)=d7\_swell\_genlik\_farkli(i+1);  
 d8\_swell\_genlik\_farkli\_egi(k)=d8\_swell\_genlik\_farkli(i);  
 d8\_swell\_genlik\_farkli\_test(k)=d8\_swell\_genlik\_farkli(i+1);  
 d9\_swell\_genlik\_farkli\_egi(k)=d9\_swell\_genlik\_farkli(i);  
 d9\_swell\_genlik\_farkli\_test(k)=d9\_swell\_genlik\_farkli(i+1);  
 d10\_swell\_genlik\_farkli\_egi(k)=d10\_swell\_genlik\_farkli(i);  
 d10\_swell\_genlik\_farkli\_test(k)=d10\_swell\_genlik\_farkli(i+1);  
 d11\_swell\_genlik\_farkli\_egi(k)=d11\_swell\_genlik\_farkli(i);  
 d11\_swell\_genlik\_farkli\_test(k)=d11\_swell\_genlik\_farkli(i+1);  
 d12\_swell\_genlik\_farkli\_egi(k)=d12\_swell\_genlik\_farkli(i);  
 d12\_swell\_genlik\_farkli\_test(k)=d12\_swell\_genlik\_farkli(i+1);

d1\_harmonik\_genlik\_farkli\_egi(k)=d1\_harmonik\_genlik\_farkli(i);  
 d1\_harmonik\_genlik\_farkli\_test(k)=d1\_harmonik\_genlik\_farkli(i+1);  
 d2\_harmonik\_genlik\_farkli\_egi(k)=d2\_harmonik\_genlik\_farkli(i);  
 d2\_harmonik\_genlik\_farkli\_test(k)=d2\_harmonik\_genlik\_farkli(i+1);  
 d3\_harmonik\_genlik\_farkli\_egi(k)=d3\_harmonik\_genlik\_farkli(i);  
 d3\_harmonik\_genlik\_farkli\_test(k)=d3\_harmonik\_genlik\_farkli(i+1);  
 d4\_harmonik\_genlik\_farkli\_egi(k)=d4\_harmonik\_genlik\_farkli(i);  
 d4\_harmonik\_genlik\_farkli\_test(k)=d4\_harmonik\_genlik\_farkli(i+1);  
 d5\_harmonik\_genlik\_farkli\_egi(k)=d5\_harmonik\_genlik\_farkli(i);  
 d5\_harmonik\_genlik\_farkli\_test(k)=d5\_harmonik\_genlik\_farkli(i+1);  
 d6\_harmonik\_genlik\_farkli\_egi(k)=d6\_harmonik\_genlik\_farkli(i);  
 d6\_harmonik\_genlik\_farkli\_test(k)=d6\_harmonik\_genlik\_farkli(i+1);  
 d7\_harmonik\_genlik\_farkli\_egi(k)=d7\_harmonik\_genlik\_farkli(i);

d7\_harmonik\_genlik\_farkli\_test(k)=d7\_harmonik\_genlik\_farkli(i+1);  
 d8\_harmonik\_genlik\_farkli\_egi(k)=d8\_harmonik\_genlik\_farkli(i);  
 d8\_harmonik\_genlik\_farkli\_test(k)=d8\_harmonik\_genlik\_farkli(i+1);  
 d9\_harmonik\_genlik\_farkli\_egi(k)=d9\_harmonik\_genlik\_farkli(i);  
 d9\_harmonik\_genlik\_farkli\_test(k)=d9\_harmonik\_genlik\_farkli(i+1);  
 d10\_harmonik\_genlik\_farkli\_egi(k)=d10\_harmonik\_genlik\_farkli(i);  
 d10\_harmonik\_genlik\_farkli\_test(k)=d10\_harmonik\_genlik\_farkli(i+1);  
 d11\_harmonik\_genlik\_farkli\_egi(k)=d11\_harmonik\_genlik\_farkli(i);  
 d11\_harmonik\_genlik\_farkli\_test(k)=d11\_harmonik\_genlik\_farkli(i+1);  
 d12\_harmonik\_genlik\_farkli\_egi(k)=d12\_harmonik\_genlik\_farkli(i);  
 d12\_harmonik\_genlik\_farkli\_test(k)=d12\_harmonik\_genlik\_farkli(i+1);

d1\_transient\_genlik\_farkli\_egi(k)=d1\_transient\_genlik\_farkli(i);  
 d1\_transient\_genlik\_farkli\_test(k)=d1\_transient\_genlik\_farkli(i+1);  
 d2\_transient\_genlik\_farkli\_egi(k)=d2\_transient\_genlik\_farkli(i);  
 d2\_transient\_genlik\_farkli\_test(k)=d2\_transient\_genlik\_farkli(i+1);  
 d3\_transient\_genlik\_farkli\_egi(k)=d3\_transient\_genlik\_farkli(i);  
 d3\_transient\_genlik\_farkli\_test(k)=d3\_transient\_genlik\_farkli(i+1);  
 d4\_transient\_genlik\_farkli\_egi(k)=d4\_transient\_genlik\_farkli(i);  
 d4\_transient\_genlik\_farkli\_test(k)=d4\_transient\_genlik\_farkli(i+1);  
 d5\_transient\_genlik\_farkli\_egi(k)=d5\_transient\_genlik\_farkli(i);  
 d5\_transient\_genlik\_farkli\_test(k)=d5\_transient\_genlik\_farkli(i+1);  
 d6\_transient\_genlik\_farkli\_egi(k)=d6\_transient\_genlik\_farkli(i);  
 d6\_transient\_genlik\_farkli\_test(k)=d6\_transient\_genlik\_farkli(i+1);  
 d7\_transient\_genlik\_farkli\_egi(k)=d7\_transient\_genlik\_farkli(i);  
 d7\_transient\_genlik\_farkli\_test(k)=d7\_transient\_genlik\_farkli(i+1);  
 d8\_transient\_genlik\_farkli\_egi(k)=d8\_transient\_genlik\_farkli(i);  
 d8\_transient\_genlik\_farkli\_test(k)=d8\_transient\_genlik\_farkli(i+1);  
 d9\_transient\_genlik\_farkli\_egi(k)=d9\_transient\_genlik\_farkli(i);  
 d9\_transient\_genlik\_farkli\_test(k)=d9\_transient\_genlik\_farkli(i+1);  
 d10\_transient\_genlik\_farkli\_egi(k)=d10\_transient\_genlik\_farkli(i);  
 d10\_transient\_genlik\_farkli\_test(k)=d10\_transient\_genlik\_farkli(i+1);  
 d11\_transient\_genlik\_farkli\_egi(k)=d11\_transient\_genlik\_farkli(i);  
 d11\_transient\_genlik\_farkli\_test(k)=d11\_transient\_genlik\_farkli(i+1);  
 d12\_transient\_genlik\_farkli\_egi(k)=d12\_transient\_genlik\_farkli(i);  
 d12\_transient\_genlik\_farkli\_test(k)=d12\_transient\_genlik\_farkli(i+1);

d1\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_egi(k)=d1\_kirpisma\_sonda\_genlik\_farkli(i);  
 d1\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_test(k)=d1\_kirpisma\_sonda\_genlik\_farkli(i+1);  
 d2\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_egi(k)=d2\_kirpisma\_sonda\_genlik\_farkli(i);  
 d2\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_test(k)=d2\_kirpisma\_sonda\_genlik\_farkli(i+1);  
 d3\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_egi(k)=d3\_kirpisma\_sonda\_genlik\_farkli(i);  
 d3\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_test(k)=d3\_kirpisma\_sonda\_genlik\_farkli(i+1);  
 d4\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_egi(k)=d4\_kirpisma\_sonda\_genlik\_farkli(i);  
 d4\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_test(k)=d4\_kirpisma\_sonda\_genlik\_farkli(i+1);  
 d5\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_egi(k)=d5\_kirpisma\_sonda\_genlik\_farkli(i);  
 d5\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_test(k)=d5\_kirpisma\_sonda\_genlik\_farkli(i+1);  
 d6\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_egi(k)=d6\_kirpisma\_sonda\_genlik\_farkli(i);  
 d6\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_test(k)=d6\_kirpisma\_sonda\_genlik\_farkli(i+1);  
 d7\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_egi(k)=d7\_kirpisma\_sonda\_genlik\_farkli(i);

```

d7_kirpisma_genlik_farkli_sonda_test(k)=d7_kirpisma_sonda_genlik_farkli(i+1);
d8_kirpisma_genlik_farkli_sonda_egi(k)=d8_kirpisma_sonda_genlik_farkli(i);
d8_kirpisma_genlik_farkli_sonda_test(k)=d8_kirpisma_sonda_genlik_farkli(i+1);
d9_kirpisma_genlik_farkli_sonda_egi(k)=d9_kirpisma_sonda_genlik_farkli(i);
d9_kirpisma_genlik_farkli_sonda_test(k)=d9_kirpisma_sonda_genlik_farkli(i+1);
d10_kirpisma_genlik_farkli_sonda_egi(k)=d10_kirpisma_sonda_genlik_farkli(i);
d10_kirpisma_genlik_farkli_sonda_test(k)=d10_kirpisma_sonda_genlik_farkli(i+1);
d11_kirpisma_genlik_farkli_sonda_egi(k)=d11_kirpisma_sonda_genlik_farkli(i);
d11_kirpisma_genlik_farkli_sonda_test(k)=d11_kirpisma_sonda_genlik_farkli(i+1);
d12_kirpisma_genlik_farkli_sonda_egi(k)=d12_kirpisma_sonda_genlik_farkli(i);
d12_kirpisma_genlik_farkli_sonda_test(k)=d12_kirpisma_sonda_genlik_farkli(i+1);
    k=k+1;
    end
    k=1;
    %%%Referans olarak alınan 50 Hz sıklıklı saf sinüs işaretinin 12 seviyeli
detay katsayılarının girilmesi
    d1_saf=[0.0001];
    d2_saf=[0.0006];
    d3_saf=[0.002];
    d4_saf=[0.0031];
    d5_saf=[0.0067];
    d6_saf=[0.0209];
    d7_saf=[0.1531];
    d8_saf=[0.8775];
    d9_saf=[1.0368];
    d10_saf=[0.0796];
    d11_saf=[0.1471];
    d12_saf=[0.0071];
    %-----egitim için
%gerilim yükselmesi için bozucuun oluşum yerlerinin farklı olması, bozucuun
genliğinin farklı olması ve bozucu süresinin farklı olması durumlarındaki detay
katsayılarının birleştirilmesi
d1swell_egi=[d1_swell_gecisler_farkli_egi                d1_swell_genlik_farkli_egi
d1_swell_sure_farkli_egi];
d2swell_egi=[d2_swell_gecisler_farkli_egi                d2_swell_genlik_farkli_egi
d2_swell_sure_farkli_egi];
d3swell_egi=[d3_swell_gecisler_farkli_egi                d3_swell_genlik_farkli_egi
d3_swell_sure_farkli_egi];
d4swell_egi=[d4_swell_gecisler_farkli_egi                d4_swell_genlik_farkli_egi
d4_swell_sure_farkli_egi];
d5swell_egi=[d5_swell_gecisler_farkli_egi                d5_swell_genlik_farkli_egi
d5_swell_sure_farkli_egi];
d6swell_egi=[d6_swell_gecisler_farkli_egi                d6_swell_genlik_farkli_egi
d6_swell_sure_farkli_egi];
d7swell_egi=[d7_swell_gecisler_farkli_egi                d7_swell_genlik_farkli_egi
d7_swell_sure_farkli_egi];
d8swell_egi=[d8_swell_gecisler_farkli_egi                d8_swell_genlik_farkli_egi
d8_swell_sure_farkli_egi];

```

d9swell\_egi=[d9\_swell\_gecisler\_farkli\_egi d9\_swell\_genlik\_farkli\_egi  
d9\_swell\_sure\_farkli\_egi];  
d10swell\_egi=[d10\_swell\_gecisler\_farkli\_egi d10\_swell\_genlik\_farkli\_egi  
d10\_swell\_sure\_farkli\_egi];  
d11swell\_egi=[d11\_swell\_gecisler\_farkli\_egi d11\_swell\_genlik\_farkli\_egi  
d11\_swell\_sure\_farkli\_egi];  
d12swell\_egi=[d12\_swell\_gecisler\_farkli\_egi d12\_swell\_genlik\_farkli\_egi  
d12\_swell\_sure\_farkli\_egi];

%%%Gerilim yükselmesi için oluşturulan 12 adet detay katsayısının birleştirilmesi  
top\_swell\_d\_egi=[d1swell\_egi;d2swell\_egi;d3swell\_egi;d4swell\_egi;d5swell\_egi;d6swell\_egi;d7swell\_egi;d8swell\_egi;d9swell\_egi;d10swell\_egi;d11swell\_egi;d12swell\_egi]  
%gerilim çökmesi için bozucuun oluşum yerlerinin farklı olması, bozucuun genliğinin farklı olması ve bozucu süresinin farklı olması durumlarındaki detay katsayılarının birleştirilmesi

d1sag\_egi=[d1\_sag\_gecisler\_farkli\_egi d1\_sag\_genlik\_farkli\_egi  
d1\_sag\_sure\_farkli\_egi];  
d2sag\_egi=[d2\_sag\_gecisler\_farkli\_egi d2\_sag\_genlik\_farkli\_egi  
d2\_sag\_sure\_farkli\_egi];  
d3sag\_egi=[d3\_sag\_gecisler\_farkli\_egi d3\_sag\_genlik\_farkli\_egi  
d3\_sag\_sure\_farkli\_egi];  
d4sag\_egi=[d4\_sag\_gecisler\_farkli\_egi d4\_sag\_genlik\_farkli\_egi  
d4\_sag\_sure\_farkli\_egi];  
d5sag\_egi=[d5\_sag\_gecisler\_farkli\_egi d5\_sag\_genlik\_farkli\_egi  
d5\_sag\_sure\_farkli\_egi];  
d6sag\_egi=[d6\_sag\_gecisler\_farkli\_egi d6\_sag\_genlik\_farkli\_egi  
d6\_sag\_sure\_farkli\_egi];  
d7sag\_egi=[d7\_sag\_gecisler\_farkli\_egi d7\_sag\_genlik\_farkli\_egi  
d7\_sag\_sure\_farkli\_egi];  
d8sag\_egi=[d8\_sag\_gecisler\_farkli\_egi d8\_sag\_genlik\_farkli\_egi  
d8\_sag\_sure\_farkli\_egi];  
d9sag\_egi=[d9\_sag\_gecisler\_farkli\_egi d9\_sag\_genlik\_farkli\_egi  
d9\_sag\_sure\_farkli\_egi];  
d10sag\_egi=[d10\_sag\_gecisler\_farkli\_egi d10\_sag\_genlik\_farkli\_egi  
d10\_sag\_sure\_farkli\_egi];  
d11sag\_egi=[d11\_sag\_gecisler\_farkli\_egi d11\_sag\_genlik\_farkli\_egi  
d11\_sag\_sure\_farkli\_egi];  
d12sag\_egi=[d12\_sag\_gecisler\_farkli\_egi d12\_sag\_genlik\_farkli\_egi  
d12\_sag\_sure\_farkli\_egi];

%%%Gerilim çökmesi için oluşturulan 12 adet detay katsayısının birleştirilmesi  
top\_sag\_d\_egi=[d1sag\_egi;d2sag\_egi;d3sag\_egi;d4sag\_egi;d5sag\_egi;d6sag\_egi;d7sag\_egi;d8sag\_egi;d9sag\_egi;d10sag\_egi;d11sag\_egi;d12sag\_egi];  
%harmonikli gerilim için bozucuun genliğinin farklı olması durumundaki detay katsayılarının birleştirilmesi

d1harmonik\_egi=[d1\_harmonik\_genlik\_farkli\_egi];  
d2harmonik\_egi=[d2\_harmonik\_genlik\_farkli\_egi];  
d3harmonik\_egi=[d3\_harmonik\_genlik\_farkli\_egi];  
d4harmonik\_egi=[d4\_harmonik\_genlik\_farkli\_egi];  
d5harmonik\_egi=[d5\_harmonik\_genlik\_farkli\_egi];

```

d6harmonik_egi=[d6_harmonik_genlik_farkli_egi];
d7harmonik_egi=[d7_harmonik_genlik_farkli_egi];
d8harmonik_egi=[d8_harmonik_genlik_farkli_egi];
d9harmonik_egi=[d9_harmonik_genlik_farkli_egi];
d10harmonik_egi=[d10_harmonik_genlik_farkli_egi];
d11harmonik_egi=[d11_harmonik_genlik_farkli_egi];
d12harmonik_egi=[d12_harmonik_genlik_farkli_egi];
%%%Harmonikli gerilim için oluşturulan 12 adet detay katsayısının birleştirilmesi
top_harmonik_d_egi=[d1harmonik_egi;d2harmonik_egi;d3harmonik_egi;d4harmonik_
egi;d5harmonik_egi;d6harmonik_egi;d7harmonik_egi;d8harmonik_egi;d9harmonik_egi
;d10harmonik_egi;d11harmonik_egi;d12harmonik_egi];
%geçici olay içeren gerilim için bozucunun oluşum yerlerinin farklı olması, bozucunun
genliğinin farklı olması, bozucu süresinin farklı olması ve bozucunun sıklığının farklı
olması durumlarındaki detay katsayılarının birleştirilmesi
d1transient_egi=[d1_transient_gecisler_farkli_egi d1_transient_genlik_farkli_egi
d1_transient_sure_farkli_egi d1_transient_frekans_farkli_egi];
d2transient_egi=[d2_transient_gecisler_farkli_egi d2_transient_genlik_farkli_egi
d2_transient_sure_farkli_egi d2_transient_frekans_farkli_egi];
d3transient_egi=[d3_transient_gecisler_farkli_egi d3_transient_genlik_farkli_egi
d3_transient_sure_farkli_egi d3_transient_frekans_farkli_egi];
d4transient_egi=[d4_transient_gecisler_farkli_egi d4_transient_genlik_farkli_egi
d4_transient_sure_farkli_egi d4_transient_frekans_farkli_egi];
d5transient_egi=[d5_transient_gecisler_farkli_egi d5_transient_genlik_farkli_egi
d5_transient_sure_farkli_egi d5_transient_frekans_farkli_egi];
d6transient_egi=[d6_transient_gecisler_farkli_egi d6_transient_genlik_farkli_egi
d6_transient_sure_farkli_egi d6_transient_frekans_farkli_egi];
d7transient_egi=[d7_transient_gecisler_farkli_egi d7_transient_genlik_farkli_egi
d7_transient_sure_farkli_egi d7_transient_frekans_farkli_egi];
d8transient_egi=[d8_transient_gecisler_farkli_egi d8_transient_genlik_farkli_egi
d8_transient_sure_farkli_egi d8_transient_frekans_farkli_egi];
d9transient_egi=[d9_transient_gecisler_farkli_egi d9_transient_genlik_farkli_egi
d9_transient_sure_farkli_egi d9_transient_frekans_farkli_egi];
d10transient_egi=[d10_transient_gecisler_farkli_egi d10_transient_genlik_farkli_egi
d10_transient_sure_farkli_egi d10_transient_frekans_farkli_egi];
d11transient_egi=[d11_transient_gecisler_farkli_egi d11_transient_genlik_farkli_egi
d11_transient_sure_farkli_egi d11_transient_frekans_farkli_egi];
d12transient_egi=[d12_transient_gecisler_farkli_egi d12_transient_genlik_farkli_egi
d12_transient_sure_farkli_egi d12_transient_frekans_farkli_egi];
%%%Geçici olay içeren gerilim için oluşturulan 12 adet detay katsayısının
birleştirilmesi
top_transient_d_egi=[d1transient_egi;d2transient_egi;d3transient_egi;d4transient_egi;d
5transient_egi;d6transient_egi;d7transient_egi;d8transient_egi;d9transient_egi;
d10transient_egi;d11transient_egi;d12transient_egi];
%kırpışma içeren gerilim için bozucunun genliğinin ve sıklığının farklı olması
durumundaki detay katsayılarının birleştirilmesi
d1_kirpisma_sonda_egi=[d1_kirpisma_genlik_farkli_sonda_egi
d1_flicker_frekans_farkli_egi];
d2_kirpisma_sonda_egi=[d2_kirpisma_genlik_farkli_sonda_egi
d2_flicker_frekans_farkli_egi];

```

d3\_kirpisma\_sonda\_egi=[d3\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_egi  
 d3\_flicker\_frekans\_farkli\_egi];  
 d4\_kirpisma\_sonda\_egi=[d4\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_egi  
 d4\_flicker\_frekans\_farkli\_egi];  
 d5\_kirpisma\_sonda\_egi=[d5\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_egi  
 d5\_flicker\_frekans\_farkli\_egi];  
 d6\_kirpisma\_sonda\_egi=[d6\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_egi  
 d6\_flicker\_frekans\_farkli\_egi];  
 d7\_kirpisma\_sonda\_egi=[d7\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_egi  
 d7\_flicker\_frekans\_farkli\_egi];  
 d8\_kirpisma\_sonda\_egi=[d8\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_egi  
 d8\_flicker\_frekans\_farkli\_egi];  
 d9\_kirpisma\_sonda\_egi=[d9\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_egi  
 d9\_flicker\_frekans\_farkli\_egi];  
 d10\_kirpisma\_sonda\_egi=[d10\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_egi  
 d10\_flicker\_frekans\_farkli\_egi];  
 d11\_kirpisma\_sonda\_egi=[d11\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_egi  
 d11\_flicker\_frekans\_farkli\_egi];  
 d12\_kirpisma\_sonda\_egi=[d12\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_egi  
 d12\_flicker\_frekans\_farkli\_egi];  
 %%%Kirpışma içeren gerilim için oluşturulan 12 adet detay katsayısının birleştirilmesi  
 top\_kirpisma\_sonda\_egi=[d1\_kirpisma\_sonda\_egi;d2\_kirpisma\_sonda\_egi;d3\_kirpisma  
 \_sonda\_egi;d4\_kirpisma\_sonda\_egi;d5\_kirpisma\_sonda\_egi;d6\_kirpisma\_sonda\_egi;d7  
 \_kirpisma\_sonda\_egi;d8\_kirpisma\_sonda\_egi;d9\_kirpisma\_sonda\_egi;  
 d10\_kirpisma\_sonda\_egi;d11\_kirpisma\_sonda\_egi;d12\_kirpisma\_sonda\_egi];  
 %%%Saf sinüs için 12 adet detay katsayısının birleştirilmesi  
 top\_saf\_egi=[d1\_saf;d2\_saf;d3\_saf;d4\_saf;d5\_saf;d6\_saf;d7\_saf;d8\_saf;d9\_saf;d10\_saf  
 ;d11\_saf;d12\_saf];

%%%%%sınama işlemi için eğitim aşamasındaki işlemlerin  
 ayısının sınama verilerine uygulanması%%

d1swell\_test=[d1\_swell\_gecisler\_farkli\_test d1\_swell\_genlik\_farkli\_test  
 d1\_swell\_sure\_farkli\_test];  
 d2swell\_test=[d2\_swell\_gecisler\_farkli\_test d2\_swell\_genlik\_farkli\_test  
 d2\_swell\_sure\_farkli\_test];  
 d3swell\_test=[d3\_swell\_gecisler\_farkli\_test d3\_swell\_genlik\_farkli\_test  
 d3\_swell\_sure\_farkli\_test];  
 d4swell\_test=[d4\_swell\_gecisler\_farkli\_test d4\_swell\_genlik\_farkli\_test  
 d4\_swell\_sure\_farkli\_test];  
 d5swell\_test=[d5\_swell\_gecisler\_farkli\_test d5\_swell\_genlik\_farkli\_test  
 d5\_swell\_sure\_farkli\_test];  
 d6swell\_test=[d6\_swell\_gecisler\_farkli\_test d6\_swell\_genlik\_farkli\_test  
 d6\_swell\_sure\_farkli\_test];  
 d7swell\_test=[d7\_swell\_gecisler\_farkli\_test d7\_swell\_genlik\_farkli\_test  
 d7\_swell\_sure\_farkli\_test];  
 d8swell\_test=[d8\_swell\_gecisler\_farkli\_test d8\_swell\_genlik\_farkli\_test  
 d8\_swell\_sure\_farkli\_test];



```

d9swell_test=[d9_swell_gecisler_farkli_test d9_swell_genlik_farkli_test
d9_swell_sure_farkli_test];
d10swell_test=[d10_swell_gecisler_farkli_test d10_swell_genlik_farkli_test
d10_swell_sure_farkli_test];
d11swell_test=[d11_swell_gecisler_farkli_test d11_swell_genlik_farkli_test
d11_swell_sure_farkli_test];
d12swell_test=[d12_swell_gecisler_farkli_test d12_swell_genlik_farkli_test
d12_swell_sure_farkli_test];
top_swell_d_test=[d1swell_test;d2swell_test;d3swell_test;d4swell_test;d5swell_test;d6
swell_test;d7swell_test;d8swell_test;d9swell_test;d10swell_test;d11swell_test;d12swell
_test];
d1sag_test=[d1_sag_gecisler_farkli_test d1_sag_genlik_farkli_test
d1_sag_sure_farkli_test];
d2sag_test=[d2_sag_gecisler_farkli_test d2_sag_genlik_farkli_test
d2_sag_sure_farkli_test];
d3sag_test=[d3_sag_gecisler_farkli_test d3_sag_genlik_farkli_test
d3_sag_sure_farkli_test];
d4sag_test=[d4_sag_gecisler_farkli_test d4_sag_genlik_farkli_test
d4_sag_sure_farkli_test];
d5sag_test=[d5_sag_gecisler_farkli_test d5_sag_genlik_farkli_test
d5_sag_sure_farkli_test];
d6sag_test=[d6_sag_gecisler_farkli_test d6_sag_genlik_farkli_test
d6_sag_sure_farkli_test];
d7sag_test=[d7_sag_gecisler_farkli_test d7_sag_genlik_farkli_test
d7_sag_sure_farkli_test];
d8sag_test=[d8_sag_gecisler_farkli_test d8_sag_genlik_farkli_test
d8_sag_sure_farkli_test];
d9sag_test=[d9_sag_gecisler_farkli_test d9_sag_genlik_farkli_test
d9_sag_sure_farkli_test];
d10sag_test=[d10_sag_gecisler_farkli_test d10_sag_genlik_farkli_test
d10_sag_sure_farkli_test];
d11sag_test=[d11_sag_gecisler_farkli_test d11_sag_genlik_farkli_test
d11_sag_sure_farkli_test];
d12sag_test=[d12_sag_gecisler_farkli_test d12_sag_genlik_farkli_test
d12_sag_sure_farkli_test];
top_sag_d_test=[d1sag_test;d2sag_test;d3sag_test;d4sag_test;d5sag_test;d6sag_test;d7s
ag_test;d8sag_test;d9sag_test;d10sag_test;d11sag_test;d12sag_test];
d1harmonik_test=[d1_harmonik_genlik_farkli_test];
d2harmonik_test=[d2_harmonik_genlik_farkli_test];
d3harmonik_test=[d3_harmonik_genlik_farkli_test];
d4harmonik_test=[d4_harmonik_genlik_farkli_test];
d5harmonik_test=[d5_harmonik_genlik_farkli_test];
d6harmonik_test=[d6_harmonik_genlik_farkli_test];
d7harmonik_test=[d7_harmonik_genlik_farkli_test];
d8harmonik_test=[d8_harmonik_genlik_farkli_test];
d9harmonik_test=[d9_harmonik_genlik_farkli_test];
d10harmonik_test=[d10_harmonik_genlik_farkli_test];
d11harmonik_test=[d11_harmonik_genlik_farkli_test];
d12harmonik_test=[d12_harmonik_genlik_farkli_test];

```

top\_harmonik\_d\_test=[d1harmonik\_test;d2harmonik\_test;d3harmonik\_test;d4harmonik\_test;d5harmonik\_test;d6harmonik\_test;d7harmonik\_test;d8harmonik\_test;d9harmonik\_test;d10harmonik\_test;d11harmonik\_test;d12harmonik\_test];

d1transient\_test=[d1\_transient\_gecisler\_farkli\_test d1\_transient\_genlik\_farkli\_test  
d1\_transient\_sure\_farkli\_test d1\_transient\_frekans\_farkli\_test];

d2transient\_test=[d2\_transient\_gecisler\_farkli\_test d2\_transient\_genlik\_farkli\_test  
d2\_transient\_sure\_farkli\_test d2\_transient\_frekans\_farkli\_test];

d3transient\_test=[d3\_transient\_gecisler\_farkli\_test d3\_transient\_genlik\_farkli\_test  
d3\_transient\_sure\_farkli\_test d3\_transient\_frekans\_farkli\_test];

d4transient\_test=[d4\_transient\_gecisler\_farkli\_test d4\_transient\_genlik\_farkli\_test  
d4\_transient\_sure\_farkli\_test d4\_transient\_frekans\_farkli\_test];

d5transient\_test=[d5\_transient\_gecisler\_farkli\_test d5\_transient\_genlik\_farkli\_test  
d5\_transient\_sure\_farkli\_test d5\_transient\_frekans\_farkli\_test];

d6transient\_test=[d6\_transient\_gecisler\_farkli\_test d6\_transient\_genlik\_farkli\_test  
d6\_transient\_sure\_farkli\_test d6\_transient\_frekans\_farkli\_test];

d7transient\_test=[d7\_transient\_gecisler\_farkli\_test d7\_transient\_genlik\_farkli\_test  
d7\_transient\_sure\_farkli\_test d7\_transient\_frekans\_farkli\_test];

d8transient\_test=[d8\_transient\_gecisler\_farkli\_test d8\_transient\_genlik\_farkli\_test  
d8\_transient\_sure\_farkli\_test d8\_transient\_frekans\_farkli\_test];

d9transient\_test=[d9\_transient\_gecisler\_farkli\_test d9\_transient\_genlik\_farkli\_test  
d9\_transient\_sure\_farkli\_test d9\_transient\_frekans\_farkli\_test];

d10transient\_test=[d10\_transient\_gecisler\_farkli\_test d10\_transient\_genlik\_farkli\_test  
d10\_transient\_sure\_farkli\_test d10\_transient\_frekans\_farkli\_test];

d11transient\_test=[d11\_transient\_gecisler\_farkli\_test d11\_transient\_genlik\_farkli\_test  
d11\_transient\_sure\_farkli\_test d11\_transient\_frekans\_farkli\_test];

d12transient\_test=[d12\_transient\_gecisler\_farkli\_test d12\_transient\_genlik\_farkli\_test  
d12\_transient\_sure\_farkli\_test d12\_transient\_frekans\_farkli\_test];

top\_transient\_d\_test=[d1transient\_test;d2transient\_test;d3transient\_test;d4transient\_test  
;d5transient\_test;d6transient\_test;d7transient\_test;d8transient\_test;d9transient\_test;d10  
ransient\_test;d11transient\_test;d12transient\_test];

d1\_kirpisma\_sonda\_test=[d1\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_test  
d1\_flicker\_frekans\_farkli\_egi];

d2\_kirpisma\_sonda\_test=[d2\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_test  
d2\_flicker\_frekans\_farkli\_egi];

d3\_kirpisma\_sonda\_test=[d3\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_test  
d3\_flicker\_frekans\_farkli\_egi];

d4\_kirpisma\_sonda\_test=[d4\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_test  
d4\_flicker\_frekans\_farkli\_egi];

d5\_kirpisma\_sonda\_test=[d5\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_test  
d5\_flicker\_frekans\_farkli\_egi];

d6\_kirpisma\_sonda\_test=[d6\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_test  
d6\_flicker\_frekans\_farkli\_egi];

d7\_kirpisma\_sonda\_test=[d7\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_test  
d7\_flicker\_frekans\_farkli\_egi];

d8\_kirpisma\_sonda\_test=[d8\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_test  
d8\_flicker\_frekans\_farkli\_egi];

d9\_kirpisma\_sonda\_test=[d9\_kirpisma\_genlik\_farkli\_sonda\_test  
d9\_flicker\_frekans\_farkli\_egi];

```

d10_kirpisma_sonda_test=[d10_kirpisma_genlik_farkli_sonda_test
d10_flicker_frekans_farkli_egi];
d11_kirpisma_sonda_test=[d11_kirpisma_genlik_farkli_sonda_test
d11_flicker_frekans_farkli_egi];
d12_kirpisma_sonda_test=[d12_kirpisma_genlik_farkli_sonda_test
d12_flicker_frekans_farkli_egi];
top_kirpisma_sonda_d_test=[d1_kirpisma_sonda_test;d2_kirpisma_sonda_test;d3_kirpisma_sonda_test;d4_kirpisma_sonda_test;d5_kirpisma_sonda_test;d6_kirpisma_sonda_test;d7_kirpisma_sonda_test;d8_kirpisma_sonda_test;d9_kirpisma_sonda_test;d10_kirpisma_sonda_test;d11_kirpisma_sonda_test;d12_kirpisma_sonda_test];
top_saf_test=[d1_saf;d2_saf;d3_saf;d4_saf;d5_saf;d6_saf;d7_saf;d8_saf;d9_saf;d10_saf;d11_saf;d12_saf];

```

```

%%Egitim icin etiket

```

```

sag_etiket=ones(1,length(top_sag_d_egi)); (çökme '1' etiket)
swell_etiket=(ones(1,length(top_swell_d_egi)))+1;(yükselme '2' etiket)
har_size=size(top_harmonik_d_egi );
harmonik_etiket=(ones(1,har_size(:,2)))+2; (harmonik '3' etiket)
transient_etiket=(ones(1,length(top_transient_d_egi)))+3; (g.olay '4' etiket)
kirp_size=size(top_kirpisma_sonda_egi );
kirpisma_sonda_etiket=(ones(1,kirp_size(:,2)))+4; (kırpışma '5' etiket)
saf_sin_etiket=6; (saf sinüs '6' etiket)

```

```

%egitim icin özellik vektörünün oluşturulan beş bozucu ve saf sinüs için toplu halde verilmesi

```

```

feature_egi.X=[top_sag_d_egi top_swell_d_egi top_harmonik_d_egi
top_transient_d_egi top_kirpisma_sonda_egi top_saf_egi];

```

```

%oluşturulan beş bozucunun etiket değerlerinin toplu halde verilmesi

```

```

feature_egi.y=[sag_etiket swell_etiket harmonik_etiket transient_etiket
kirpisma_sonda_etiket saf_sin_etiket];

```

```

%-----

```

```

%sinama icin özellik vektörünün oluşturulan beş bozucu ve saf sinüs için toplu halde verilmesi

```

```

feature_test.X=[top_sag_d_test top_swell_d_test top_harmonik_d_test
top_transient_d_test top_kirpisma_sonda_d_test top_saf_test];

```

```

%%SVM ile siniflandirma

```

```

%SVM ile siniflandirma

```

```

%-----Eğitim-----

```

```

options.solver = 'svmquadprog'; %

```

```

options.ker = 'rbf'; % çekirdek fonksiyonu olarak rbf seçildi

```

```

options.arg = 0.8; %rbf genisligi

```

```

options.C =1000; % düzgünleştirme parametresine (C, ceza katsayısı)

```

```

model = oaosvm(feature_egi,options) % modelin BKB yöntemiyle oluşumu

```

```

save modelim_tum.mat model %modelin kaydedilmesi

```

```

% %-----test-----

```

```

y = mvsvmclass(feature_test.X, model);%BKB yönteminde mvsvmclass kullanılır.

```

```

% y = svmclass(feature_test.X, model);%BKD yönteminde svmclass kullanılır.

```

`hata=cerror(y,feature_egi.y)` (eğitim hatasının hesaplanması)

## **b. Temel Güç Sistem Sıklığı Dışındaki GKB İşaretlerinin DVM İle Sınıflandırılması**

`clc`

`%clear all`

`close all`

`%%%%%%%%gerilim çökmesinin farklı sıklık değerleri için oluşturulan veri dosyasının yüklenmesi`

`%%%%%%%%(cdnorm: Sıklık değerleri farklı olduğunda elde edilen detay katsayılarını belirtmektedir. Örneğin cdnorm(:,1): Bozucunun sıklığı değiştirildiğinde elde edilen 1. seviyedeki detay katsayılarını göstermektedir.)`

`load sag_frekans_farkli.mat cdnorm_sag`

`d1_sag_frekans_farkli=cdnorm_sag(:,1);`

`d2_sag_frekans_farkli=cdnorm_sag(:,2);`

`d3_sag_frekans_farkli=cdnorm_sag(:,3);`

`d4_sag_frekans_farkli=cdnorm_sag(:,4);`

`d5_sag_frekans_farkli=cdnorm_sag(:,5);`

`d6_sag_frekans_farkli=cdnorm_sag(:,6);`

`d7_sag_frekans_farkli=cdnorm_sag(:,7);`

`d8_sag_frekans_farkli=cdnorm_sag(:,8);`

`d9_sag_frekans_farkli=cdnorm_sag(:,9);`

`d10_sag_frekans_farkli=cdnorm_sag(:,10);`

`d11_sag_frekans_farkli=cdnorm_sag(:,11);`

`d12_sag_frekans_farkli=cdnorm_sag(:,12);`

`%%%%%%%%gerilim yükselmesinin farklı sıklık değerleri için oluşturulan veri dosyasının yüklenmesi`

`load swell_frekans_farkli.mat cdnorm_swell`

`d1_swell_frekans_farkli=cdnorm_swell(:,1);`

`d2_swell_frekans_farkli=cdnorm_swell(:,2);`

`d3_swell_frekans_farkli=cdnorm_swell(:,3);`

`d4_swell_frekans_farkli=cdnorm_swell(:,4);`

`d5_swell_frekans_farkli=cdnorm_swell(:,5);`

`d6_swell_frekans_farkli=cdnorm_swell(:,6);`

`d7_swell_frekans_farkli=cdnorm_swell(:,7);`

`d8_swell_frekans_farkli=cdnorm_swell(:,8);`

`d9_swell_frekans_farkli=cdnorm_swell(:,9);`

`d10_swell_frekans_farkli=cdnorm_swell(:,10);`

`d11_swell_frekans_farkli=cdnorm_swell(:,11);`

`d12_swell_frekans_farkli=cdnorm_swell(:,12);`

`%%%%%%%%harmonikli gerilimin farklı sıklık değerleri için oluşturulan veri dosyasının yüklenmesi`

`load harmonik_frekans_farkli.mat cdnorm_harmonik`

`d1_harmonik_frekans_farkli=cdnorm_harmonik(:,1);`

`d2_harmonik_frekans_farkli=cdnorm_harmonik(:,2);`

`d3_harmonik_frekans_farkli=cdnorm_harmonik(:,3);`

`d4_harmonik_frekans_farkli=cdnorm_harmonik(:,4);`

`d5_harmonik_frekans_farkli=cdnorm_harmonik(:,5);`



d4\_sag\_frekans\_farkli\_test(k)=d4\_sag\_frekans\_farkli(i+1);  
d5\_sag\_frekans\_farkli\_egi(k)=d5\_sag\_frekans\_farkli(i);  
d5\_sag\_frekans\_farkli\_test(k)=d5\_sag\_frekans\_farkli(i+1);  
d6\_sag\_frekans\_farkli\_egi(k)=d6\_sag\_frekans\_farkli(i);  
d6\_sag\_frekans\_farkli\_test(k)=d6\_sag\_frekans\_farkli(i+1);  
d7\_sag\_frekans\_farkli\_egi(k)=d7\_sag\_frekans\_farkli(i);  
d7\_sag\_frekans\_farkli\_test(k)=d7\_sag\_frekans\_farkli(i+1);  
d8\_sag\_frekans\_farkli\_egi(k)=d8\_sag\_frekans\_farkli(i);  
d8\_sag\_frekans\_farkli\_test(k)=d8\_sag\_frekans\_farkli(i+1);  
d9\_sag\_frekans\_farkli\_egi(k)=d9\_sag\_frekans\_farkli(i);  
d9\_sag\_frekans\_farkli\_test(k)=d9\_sag\_frekans\_farkli(i+1);  
d10\_sag\_frekans\_farkli\_egi(k)=d10\_sag\_frekans\_farkli(i);  
d10\_sag\_frekans\_farkli\_test(k)=d10\_sag\_frekans\_farkli(i+1);  
d11\_sag\_frekans\_farkli\_egi(k)=d11\_sag\_frekans\_farkli(i);  
d11\_sag\_frekans\_farkli\_test(k)=d11\_sag\_frekans\_farkli(i+1);  
d12\_sag\_frekans\_farkli\_egi(k)=d12\_sag\_frekans\_farkli(i);  
d12\_sag\_frekans\_farkli\_test(k)=d12\_sag\_frekans\_farkli(i+1);

d1\_swell\_frekans\_farkli\_egi(k)=d1\_swell\_frekans\_farkli(i);  
d1\_swell\_frekans\_farkli\_test(k)=d1\_swell\_frekans\_farkli(i+1);  
d2\_swell\_frekans\_farkli\_egi(k)=d2\_swell\_frekans\_farkli(i);  
d2\_swell\_frekans\_farkli\_test(k)=d2\_swell\_frekans\_farkli(i+1);  
d3\_swell\_frekans\_farkli\_egi(k)=d3\_swell\_frekans\_farkli(i);  
d3\_swell\_frekans\_farkli\_test(k)=d3\_swell\_frekans\_farkli(i+1);  
d4\_swell\_frekans\_farkli\_egi(k)=d4\_swell\_frekans\_farkli(i);  
d4\_swell\_frekans\_farkli\_test(k)=d4\_swell\_frekans\_farkli(i+1);  
d5\_swell\_frekans\_farkli\_egi(k)=d5\_swell\_frekans\_farkli(i);  
d5\_swell\_frekans\_farkli\_test(k)=d5\_swell\_frekans\_farkli(i+1);  
d6\_swell\_frekans\_farkli\_egi(k)=d6\_swell\_frekans\_farkli(i);  
d6\_swell\_frekans\_farkli\_test(k)=d6\_swell\_frekans\_farkli(i+1);  
d7\_swell\_frekans\_farkli\_egi(k)=d7\_swell\_frekans\_farkli(i);  
d7\_swell\_frekans\_farkli\_test(k)=d7\_swell\_frekans\_farkli(i+1);  
d8\_swell\_frekans\_farkli\_egi(k)=d8\_swell\_frekans\_farkli(i);  
d8\_swell\_frekans\_farkli\_test(k)=d8\_swell\_frekans\_farkli(i+1);  
d9\_swell\_frekans\_farkli\_egi(k)=d9\_swell\_frekans\_farkli(i);  
d9\_swell\_frekans\_farkli\_test(k)=d9\_swell\_frekans\_farkli(i+1);  
d10\_swell\_frekans\_farkli\_egi(k)=d10\_swell\_frekans\_farkli(i);  
d10\_swell\_frekans\_farkli\_test(k)=d10\_swell\_frekans\_farkli(i+1);  
d11\_swell\_frekans\_farkli\_egi(k)=d11\_swell\_frekans\_farkli(i);  
d11\_swell\_frekans\_farkli\_test(k)=d11\_swell\_frekans\_farkli(i+1);  
d12\_swell\_frekans\_farkli\_egi(k)=d12\_swell\_frekans\_farkli(i);  
d12\_swell\_frekans\_farkli\_test(k)=d12\_swell\_frekans\_farkli(i+1);

d1\_harmonik\_frekans\_farkli\_egi(k)=d1\_harmonik\_frekans\_farkli(i);  
d1\_harmonik\_frekans\_farkli\_test(k)=d1\_harmonik\_frekans\_farkli(i+1);  
d2\_harmonik\_frekans\_farkli\_egi(k)=d2\_harmonik\_frekans\_farkli(i);  
d2\_harmonik\_frekans\_farkli\_test(k)=d2\_harmonik\_frekans\_farkli(i+1);

d3\_harmonik\_frekans\_farkli\_egi(k)=d3\_harmonik\_frekans\_farkli(i);  
d3\_harmonik\_frekans\_farkli\_test(k)=d3\_harmonik\_frekans\_farkli(i+1);  
d4\_harmonik\_frekans\_farkli\_egi(k)=d4\_harmonik\_frekans\_farkli(i);  
d4\_harmonik\_frekans\_farkli\_test(k)=d4\_harmonik\_frekans\_farkli(i+1);  
d5\_harmonik\_frekans\_farkli\_egi(k)=d5\_harmonik\_frekans\_farkli(i);  
d5\_harmonik\_frekans\_farkli\_test(k)=d5\_harmonik\_frekans\_farkli(i+1);  
d6\_harmonik\_frekans\_farkli\_egi(k)=d6\_harmonik\_frekans\_farkli(i);  
d6\_harmonik\_frekans\_farkli\_test(k)=d6\_harmonik\_frekans\_farkli(i+1);  
d7\_harmonik\_frekans\_farkli\_egi(k)=d7\_harmonik\_frekans\_farkli(i);  
d7\_harmonik\_frekans\_farkli\_test(k)=d7\_harmonik\_frekans\_farkli(i+1);  
d8\_harmonik\_frekans\_farkli\_egi(k)=d8\_harmonik\_frekans\_farkli(i);  
d8\_harmonik\_frekans\_farkli\_test(k)=d8\_harmonik\_frekans\_farkli(i+1);  
d9\_harmonik\_frekans\_farkli\_egi(k)=d9\_harmonik\_frekans\_farkli(i);  
d9\_harmonik\_frekans\_farkli\_test(k)=d9\_harmonik\_frekans\_farkli(i+1);  
d10\_harmonik\_frekans\_farkli\_egi(k)=d10\_harmonik\_frekans\_farkli(i);  
d10\_harmonik\_frekans\_farkli\_test(k)=d10\_harmonik\_frekans\_farkli(i+1);  
d11\_harmonik\_frekans\_farkli\_egi(k)=d11\_harmonik\_frekans\_farkli(i);  
d11\_harmonik\_frekans\_farkli\_test(k)=d11\_harmonik\_frekans\_farkli(i+1);  
d12\_harmonik\_frekans\_farkli\_egi(k)=d12\_harmonik\_frekans\_farkli(i);  
d12\_harmonik\_frekans\_farkli\_test(k)=d12\_harmonik\_frekans\_farkli(i+1);

d1\_transient\_frekans\_farkli\_egi(k)=d1\_transient\_frekans\_farkli(i);  
d1\_transient\_frekans\_farkli\_test(k)=d1\_transient\_frekans\_farkli(i+1);  
d2\_transient\_frekans\_farkli\_egi(k)=d2\_transient\_frekans\_farkli(i);  
d2\_transient\_frekans\_farkli\_test(k)=d2\_transient\_frekans\_farkli(i+1);  
d3\_transient\_frekans\_farkli\_egi(k)=d3\_transient\_frekans\_farkli(i);  
d3\_transient\_frekans\_farkli\_test(k)=d3\_transient\_frekans\_farkli(i+1);  
d4\_transient\_frekans\_farkli\_egi(k)=d4\_transient\_frekans\_farkli(i);  
d4\_transient\_frekans\_farkli\_test(k)=d4\_transient\_frekans\_farkli(i+1);  
d5\_transient\_frekans\_farkli\_egi(k)=d5\_transient\_frekans\_farkli(i);  
d5\_transient\_frekans\_farkli\_test(k)=d5\_transient\_frekans\_farkli(i+1);  
d6\_transient\_frekans\_farkli\_egi(k)=d6\_transient\_frekans\_farkli(i);  
d6\_transient\_frekans\_farkli\_test(k)=d6\_transient\_frekans\_farkli(i+1);  
d7\_transient\_frekans\_farkli\_egi(k)=d7\_transient\_frekans\_farkli(i);  
d7\_transient\_frekans\_farkli\_test(k)=d7\_transient\_frekans\_farkli(i+1);  
d8\_transient\_frekans\_farkli\_egi(k)=d8\_transient\_frekans\_farkli(i);  
d8\_transient\_frekans\_farkli\_test(k)=d8\_transient\_frekans\_farkli(i+1);  
d9\_transient\_frekans\_farkli\_egi(k)=d9\_transient\_frekans\_farkli(i);  
d9\_transient\_frekans\_farkli\_test(k)=d9\_transient\_frekans\_farkli(i+1);  
d10\_transient\_frekans\_farkli\_egi(k)=d10\_transient\_frekans\_farkli(i);  
d10\_transient\_frekans\_farkli\_test(k)=d10\_transient\_frekans\_farkli(i+1);  
d11\_transient\_frekans\_farkli\_egi(k)=d11\_transient\_frekans\_farkli(i);  
d11\_transient\_frekans\_farkli\_test(k)=d11\_transient\_frekans\_farkli(i+1);  
d12\_transient\_frekans\_farkli\_egi(k)=d12\_transient\_frekans\_farkli(i);  
d12\_transient\_frekans\_farkli\_test(k)=d12\_transient\_frekans\_farkli(i+1);

d1\_flicker\_frekans\_farkli\_egi(k)=d1\_flicker\_frekans\_farkli(i);  
d1\_flicker\_frekans\_farkli\_test(k)=d1\_flicker\_frekans\_farkli(i+1);

```

d2_flicker_frekans_farkli_egi(k)=d2_flicker_frekans_farkli(i);
d2_flicker_frekans_farkli_test(k)=d2_flicker_frekans_farkli(i+1);
d3_flicker_frekans_farkli_egi(k)=d3_flicker_frekans_farkli(i);
d3_flicker_frekans_farkli_test(k)=d3_flicker_frekans_farkli(i+1);
d4_flicker_frekans_farkli_egi(k)=d4_flicker_frekans_farkli(i);
d4_flicker_frekans_farkli_test(k)=d4_flicker_frekans_farkli(i+1);
d5_flicker_frekans_farkli_egi(k)=d5_flicker_frekans_farkli(i);
d5_flicker_frekans_farkli_test(k)=d5_flicker_frekans_farkli(i+1);
d6_flicker_frekans_farkli_egi(k)=d6_flicker_frekans_farkli(i);
d6_flicker_frekans_farkli_test(k)=d6_flicker_frekans_farkli(i+1);
d7_flicker_frekans_farkli_egi(k)=d7_flicker_frekans_farkli(i);
d7_flicker_frekans_farkli_test(k)=d7_flicker_frekans_farkli(i+1);
d8_flicker_frekans_farkli_egi(k)=d8_flicker_frekans_farkli(i);
d8_flicker_frekans_farkli_test(k)=d8_flicker_frekans_farkli(i+1);
d9_flicker_frekans_farkli_egi(k)=d9_flicker_frekans_farkli(i);
d9_flicker_frekans_farkli_test(k)=d9_flicker_frekans_farkli(i+1);
d10_flicker_frekans_farkli_egi(k)=d10_flicker_frekans_farkli(i);
d10_flicker_frekans_farkli_test(k)=d10_flicker_frekans_farkli(i+1);
d11_flicker_frekans_farkli_egi(k)=d11_flicker_frekans_farkli(i);
d11_flicker_frekans_farkli_test(k)=d11_flicker_frekans_farkli(i+1);
d12_flicker_frekans_farkli_egi(k)=d12_flicker_frekans_farkli(i);
d12_flicker_frekans_farkli_test(k)=d12_flicker_frekans_farkli(i+1);
k=k+1;
end

```

fre\_saf=50.2; (Ref. Alınacak saf sinüsün sıklığının bozunumun ölçülen sıklığına göre değiştirilmesi, örnek olması açısından 50. Hz seçilmiştir)

tson=10/50; (Ref. Alınacak saf sinüsün toplam uzunluğu)

t1=0:1/25600:tson;

```
for j=1:length(t1)
```

```
    normal1(j)=sin(2*pi*fre_saf*t1(j));
```

```
end
```

```
saf=[normal1];(Ref. Alınacak saf sinüsün oluşumu)
```

```
ls=length(saf);
```

```
[c1_saf,l1_saf]=wavedec(saf,12,'db4'); (Daubechies-4 ayrık dalgacık fonksiyonu kullanılarak 12 seviyeli ayrışım)
```

```
ca12_saf=appcoef(c1_saf,l1_saf,'db4',12);
```

```
cd1_saf=detcoef(c1_saf,l1_saf,1); (1. seviyeden detay katsayıları)
```

```
cd2_saf=detcoef(c1_saf,l1_saf,2); (2. seviyeden detay katsayıları)
```

```
cd3_saf=detcoef(c1_saf,l1_saf,3); (3. seviyeden detay katsayıları)
```

```
cd4_saf=detcoef(c1_saf,l1_saf,4); (4. seviyeden detay katsayıları)
```

```
cd5_saf=detcoef(c1_saf,l1_saf,5); (5. seviyeden detay katsayıları)
```

```
cd6_saf=detcoef(c1_saf,l1_saf,6); (6. seviyeden detay katsayıları)
```

```
cd7_saf=detcoef(c1_saf,l1_saf,7); (7. seviyeden detay katsayıları)
```

```
cd8_saf=detcoef(c1_saf,l1_saf,8); (8. seviyeden detay katsayıları)
```

```
cd9_saf=detcoef(c1_saf,l1_saf,9); (9. seviyeden detay katsayıları)
```

```
cd10_saf=detcoef(c1_saf,l1_saf,10); (10. seviyeden detay katsayıları)
```

```
cd11_saf=detcoef(c1_saf,l1_saf,11); (11. seviyeden detay katsayıları)
```



```

cd12_saf=detcoef(c1_saf,l1_saf,12); (12. seviyeden detay katsayıları)
cd1norm_saf(1)=0;
cd2norm_saf(1)=0;
cd3norm_saf(1)=0;
cd4norm_saf(1)=0;
cd5norm_saf(1)=0;
cd6norm_saf(1)=0;
cd7norm_saf(1)=0;
cd8norm_saf(1)=0;
cd9norm_saf(1)=0;
cd10norm_saf(1)=0;
cd11norm_saf(1)=0;
cd12norm_saf(1)=0;
for a=1:length(cd1_saf)
    cd1norm_saf(a)=cd1norm_saf(a)+cd1_saf(a)^2;
    cd1norm_saf(a+1)=cd1norm_saf(a); (1.seviyedeki detay kat. kareleri toplamı)
end
for a=1:length(cd2_saf)
    cd2norm_saf(a)=cd2norm_saf(a)+cd2_saf(a)^2;
    cd2norm_saf(a+1)=cd2norm_saf(a); (2.seviyedeki detay kat. kareleri toplamı)
end
for a=1:length(cd3_saf)
    cd3norm_saf(a)=cd3norm_saf(a)+cd3_saf(a)^2;
    cd3norm_saf(a+1)=cd3norm_saf(a); (3.seviyedeki detay kat. kareleri toplamı)
end
for a=1:length(cd4_saf)
    cd4norm_saf(a)=cd4norm_saf(a)+cd4_saf(a)^2;
    cd4norm_saf(a+1)=cd4norm_saf(a); (4.seviyedeki detay kat. kareleri toplamı)
end
for a=1:length(cd5_saf)
    cd5norm_saf(a)=cd5norm_saf(a)+cd5_saf(a)^2;
    cd5norm_saf(a+1)=cd5norm_saf(a); (5.seviyedeki detay kat. kareleri toplamı)
end
for a=1:length(cd6_saf)
    cd6norm_saf(a)=cd6norm_saf(a)+cd6_saf(a)^2;
    cd6norm_saf(a+1)=cd6norm_saf(a); (6.seviyedeki detay kat. kareleri toplamı)
end
for a=1:length(cd7_saf)
    cd7norm_saf(a)=cd7norm_saf(a)+cd7_saf(a)^2;
    cd7norm_saf(a+1)=cd7norm_saf(a); (7.seviyedeki detay kat. kareleri toplamı)
end
for a=1:length(cd8_saf)
    cd8norm_saf(a)=cd8norm_saf(a)+cd8_saf(a)^2;
    cd8norm_saf(a+1)=cd8norm_saf(a); (8.seviyedeki detay kat. kareleri toplamı)
end
for a=1:length(cd9_saf)
    cd9norm_saf(a)=cd9norm_saf(a)+cd9_saf(a)^2;
    cd9norm_saf(a+1)=cd9norm_saf(a); (9.seviyedeki detay kat. kareleri toplamı)
end

```

```

for a=1:length(cd10_saf)
    cd10norm_saf(a)=cd10norm_saf(a)+cd10_saf(a)^2;
    cd10norm_saf(a+1)=cd10norm_saf(a);(10.sev. detay kat. kareleri toplamı)
end
for a=1:length(cd11_saf)
    cd11norm_saf(a)=cd11norm_saf(a)+cd11_saf(a)^2;
    cd11norm_saf(a+1)=cd11norm_saf(a); (11.sev. detay kat. kareleri toplamı)
end
for a=1:length(cd12_saf)
    cd12norm_saf(a)=cd12norm_saf(a)+cd12_saf(a)^2;
    cd12norm_saf(a+1)=cd12norm_saf(a); (12.sev. detay kat. kareleri toplamı)
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Normalize                edilmiş                detay                katsayıları
cd1norm_saf((length(cd1_saf)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd1norm_saf(length(cd1_saf)+1)
);cd2norm_saf((length(cd2_saf)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd2norm_saf(length(cd2_saf)+
1));cd3norm_saf((length(cd3_saf)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd3norm_saf(length(cd3_saf
)+1));cd4norm_saf((length(cd4_saf)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd4norm_saf(length(cd4_s
af)+1));cd5norm_saf((length(cd5_saf)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd5norm_saf(length(cd5
_saf)+1));cd6norm_saf((length(cd6_saf)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd6norm_saf(length(c
d6_saf)+1));cd7norm_saf((length(cd7_saf)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd7norm_saf(length
(cd7_saf)+1));cd8norm_saf((length(cd8_saf)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd8norm_saf(leng
th(cd8_saf)+1));cd9norm_saf((length(cd9_saf)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd9norm_saf(le
ngth(cd9_saf)+1));cd10norm_saf((length(cd10_saf)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd10norm_
saf(length(cd10_saf)+1));cd11norm_saf((length(cd11_saf)+1))=(25600/10^6)*sqrt(cd11
norm_saf(length(cd11_saf)+1));cd12norm_saf((length(cd12_saf)+1))=(25600/10^6)*sq
rt(cd12norm_saf(length(cd12_saf)+1));
normal_ve_sagx_saf=[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12];

```

```

cdnorm_saf
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Ref. Alınacak saf sinüsün detay katsayıları
d1_saf=[cdnorm_saf(1)];
d2_saf=[cdnorm_saf(2)];
d3_saf=[cdnorm_saf(3)];
d4_saf=[cdnorm_saf(4)];
d5_saf=[cdnorm_saf(5)];
d6_saf=[cdnorm_saf(6)];
d7_saf=[cdnorm_saf(7)];
d8_saf=[cdnorm_saf(8)];
d9_saf=[cdnorm_saf(9)];
d10_saf=[cdnorm_saf(10)];
d11_saf=[cdnorm_saf(11)];
d12_saf=[cdnorm_saf(12)];
%-----egitim icin
%gerilim yükselmesi bozucusu için eğitim verileri
d1swell_egi=[d1_swell_frekans_farkli_egi];
d2swell_egi=[d2_swell_frekans_farkli_egi];
d3swell_egi=[d3_swell_frekans_farkli_egi];
d4swell_egi=[d4_swell_frekans_farkli_egi];
d5swell_egi=[d5_swell_frekans_farkli_egi];

```

```

d6swell_egi=[d6_swell_frekans_farkli_egi];
d7swell_egi=[d7_swell_frekans_farkli_egi];
d8swell_egi=[d8_swell_frekans_farkli_egi];
d9swell_egi=[d9_swell_frekans_farkli_egi];
d10swell_egi=[d10_swell_frekans_farkli_egi];
d11swell_egi=[d11_swell_frekans_farkli_egi];
d12swell_egi=[d12_swell_frekans_farkli_egi];
%%gerilim yükselmesi için 12 adet detay katsayısı
top_swell_d_egi=[d1swell_egi;d2swell_egi;d3swell_egi;d4swell_egi;d5swell_egi;d6swell_egi;d7swell_egi;d8swell_egi;d9swell_egi;d10swell_egi;d11swell_egi;d12swell_egi]
%gerilim çökmesi bozucusu için eğitim verileri
d1sag_egi=[d1_sag_frekans_farkli_egi];
d2sag_egi=[d2_sag_frekans_farkli_egi];
d3sag_egi=[d3_sag_frekans_farkli_egi];
d4sag_egi=[d4_sag_frekans_farkli_egi];
d5sag_egi=[d5_sag_frekans_farkli_egi];
d6sag_egi=[d6_sag_frekans_farkli_egi];
d7sag_egi=[d7_sag_frekans_farkli_egi];
d8sag_egi=[d8_sag_frekans_farkli_egi];
d9sag_egi=[d9_sag_frekans_farkli_egi];
d10sag_egi=[d10_sag_frekans_farkli_egi];
d11sag_egi=[d11_sag_frekans_farkli_egi];
d12sag_egi=[d12_sag_frekans_farkli_egi];
%%gerilim çökmesi için 12 adet detay katsayısı
top_sag_d_egi=[d1sag_egi;d2sag_egi;d3sag_egi;d4sag_egi;d5sag_egi;d6sag_egi;d7sag_egi;d8sag_egi;d9sag_egi;d10sag_egi;d11sag_egi;d12sag_egi];
%harmonik için eğitim verileri
d1harmonik_egi=[d1_harmonik_frekans_farkli_egi];
d2harmonik_egi=[d2_harmonik_frekans_farkli_egi];
d3harmonik_egi=[d3_harmonik_frekans_farkli_egi];
d4harmonik_egi=[d4_harmonik_frekans_farkli_egi];
d5harmonik_egi=[d5_harmonik_frekans_farkli_egi];
d6harmonik_egi=[d6_harmonik_frekans_farkli_egi];
d7harmonik_egi=[d7_harmonik_frekans_farkli_egi];
d8harmonik_egi=[d8_harmonik_frekans_farkli_egi];
d9harmonik_egi=[d9_harmonik_frekans_farkli_egi];
d10harmonik_egi=[d10_harmonik_frekans_farkli_egi];
d11harmonik_egi=[d11_harmonik_frekans_farkli_egi];
d12harmonik_egi=[d12_harmonik_frekans_farkli_egi];
%%harmonik için 12 adet detay katsayısı
top_harmonik_d_egi=[d1harmonik_egi;d2harmonik_egi;d3harmonik_egi;d4harmonik_egi;d5harmonik_egi;d6harmonik_egi;d7harmonik_egi;d8harmonik_egi;d9harmonik_egi;d10harmonik_egi;d11harmonik_egi;d12harmonik_egi];
%geçici olay için eğitim verileri
d1transient_egi=[d1_transient_frekans_farkli_egi];
d2transient_egi=[d2_transient_frekans_farkli_egi];
d3transient_egi=[d3_transient_frekans_farkli_egi];
d4transient_egi=[d4_transient_frekans_farkli_egi];
d5transient_egi=[d5_transient_frekans_farkli_egi];

```

```

d6transient_egi=[d6_transient_frekans_farkli_egi];
d7transient_egi=[d7_transient_frekans_farkli_egi];
d8transient_egi=[d8_transient_frekans_farkli_egi];
d9transient_egi=[d9_transient_frekans_farkli_egi];
d10transient_egi=[d10_transient_frekans_farkli_egi];
d11transient_egi=[d11_transient_frekans_farkli_egi];
d12transient_egi=[d12_transient_frekans_farkli_egi];
%%geçici olay için 12 adet detay katsayısı
top_transient_d_egi=[d1transient_egi;d2transient_egi;d3transient_egi;d4transient_egi;d
5transient_egi;d6transient_egi;d7transient_egi;d8transient_egi;d9transient_egi;
d10transient_egi;d11transient_egi;d12transient_egi];
%%kırpışma için eğitim verileri
d1flicker_egi=[d1_flicker_frekans_farkli_egi];
d2flicker_egi=[d2_flicker_frekans_farkli_egi];
d3flicker_egi=[d3_flicker_frekans_farkli_egi];
d4flicker_egi=[d4_flicker_frekans_farkli_egi];
d5flicker_egi=[d5_flicker_frekans_farkli_egi];
d6flicker_egi=[d6_flicker_frekans_farkli_egi];
d7flicker_egi=[d7_flicker_frekans_farkli_egi];
d8flicker_egi=[d8_flicker_frekans_farkli_egi];
d9flicker_egi=[d9_flicker_frekans_farkli_egi];
d10flicker_egi=[d10_flicker_frekans_farkli_egi];
d11flicker_egi=[d11_flicker_frekans_farkli_egi];
d12flicker_egi=[d12_flicker_frekans_farkli_egi];
%%kırpışma için 12 adet detay katsayısı
top_flicker_d_egi=[d1flicker_egi;d2flicker_egi;d3flicker_egi;d4flicker_egi;d5flicker_e
gi;d6flicker_egi;d7flicker_egi;d8flicker_egi;d9flicker_egi;
d10flicker_egi;d11flicker_egi;d12flicker_egi];
%%sıklığı bozucu sıklığına göre değiştirilmiş ref. alınan saf sinüsün 12 adet
detay katsayısı
top_saf_egi=[d1_saf;d2_saf;d3_saf;d4_saf;d5_saf;d6_saf;d7_saf;d8_saf;d9_saf;d10_saf
;d11_saf;d12_saf];

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%sınama işlemi için eğitim aşamasındaki işlemlerin
aynısının sınama verilerine uygulanması%%%%%%%%%%
%%%%yükselme
d1swell_test=[d1_swell_frekans_farkli_test];
d2swell_test=[d2_swell_frekans_farkli_test];
d3swell_test=[d3_swell_frekans_farkli_test];
d4swell_test=[d4_swell_frekans_farkli_test];
d5swell_test=[d5_swell_frekans_farkli_test];
d6swell_test=[d6_swell_frekans_farkli_test];
d7swell_test=[d7_swell_frekans_farkli_test];
d8swell_test=[d8_swell_frekans_farkli_test];
d9swell_test=[d9_swell_frekans_farkli_test];
d10swell_test=[d10_swell_frekans_farkli_test];
d11swell_test=[d11_swell_frekans_farkli_test];
d12swell_test=[d12_swell_frekans_farkli_test];

```

```
top_swell_d_test=[d1swell_test;d2swell_test;d3swell_test;d4swell_test;d5swell_test;d6
swell_test;d7swell_test;d8swell_test;d9swell_test;....;
d10swell_test;d11swell_test;d12swell_test];
```

```
%%%çökme
```

```
d1sag_test=[d1_sag_frekans_farkli_test];
d2sag_test=[d2_sag_frekans_farkli_test];
d3sag_test=[d3_sag_frekans_farkli_test];
d4sag_test=[d4_sag_frekans_farkli_test];
d5sag_test=[d5_sag_frekans_farkli_test];
d6sag_test=[d6_sag_frekans_farkli_test];
d7sag_test=[d7_sag_frekans_farkli_test];
d8sag_test=[d8_sag_frekans_farkli_test];
d9sag_test=[d9_sag_frekans_farkli_test];
d10sag_test=[d10_sag_frekans_farkli_test];
d11sag_test=[d11_sag_frekans_farkli_test];
d12sag_test=[d12_sag_frekans_farkli_test];
```

```
top_sag_d_test=[d1sag_test;d2sag_test;d3sag_test;d4sag_test;d5sag_test;d6sag_test;d7s
ag_test;d8sag_test;d9sag_test;d10sag_test;d11sag_test;d12sag_test];
```

```
%%%harmonik
```

```
d1harmonik_test=[d1_harmonik_frekans_farkli_test];
d2harmonik_test=[d2_harmonik_frekans_farkli_test];
d3harmonik_test=[d3_harmonik_frekans_farkli_test];
d4harmonik_test=[d4_harmonik_frekans_farkli_test];
d5harmonik_test=[d5_harmonik_frekans_farkli_test];
d6harmonik_test=[d6_harmonik_frekans_farkli_test];
d7harmonik_test=[d7_harmonik_frekans_farkli_test];
d8harmonik_test=[d8_harmonik_frekans_farkli_test];
d9harmonik_test=[d9_harmonik_frekans_farkli_test];
d10harmonik_test=[d10_harmonik_frekans_farkli_test];
d11harmonik_test=[d11_harmonik_frekans_farkli_test];
d12harmonik_test=[d12_harmonik_frekans_farkli_test];
```

```
top_harmonik_d_test=[d1harmonik_test;d2harmonik_test;d3harmonik_test;d4harmonik
_test;d5harmonik_test;d6harmonik_test;d7harmonik_test;d8harmonik_test;d9harmonik
_test;d10harmonik_test;d11harmonik_test;d12harmonik_test];
```

```
%geçici olay
```

```
d1transient_test=[d1_transient_frekans_farkli_test];
d2transient_test=[d2_transient_frekans_farkli_test];
d3transient_test=[d3_transient_frekans_farkli_test];
d4transient_test=[d4_transient_frekans_farkli_test];
d5transient_test=[d5_transient_frekans_farkli_test];
d6transient_test=[d6_transient_frekans_farkli_test];
d7transient_test=[d7_transient_frekans_farkli_test];
d8transient_test=[d8_transient_frekans_farkli_test];
d9transient_test=[d9_transient_frekans_farkli_test];
d10transient_test=[d10_transient_frekans_farkli_test];
d11transient_test=[d11_transient_frekans_farkli_test];
d12transient_test=[d12_transient_frekans_farkli_test];
```

```

top_transient_d_test=[d1transient_test;d2transient_test;d3transient_test;d4transient_test
;d5transient_test;d6transient_test;d7transient_test;d8transient_test;d9transient_test;
d10transient_test;d11transient_test;d12transient_test];
    %kirpisma
    d1flicker_test=[d1_flicker_frekans_farkli_test];
    d2flicker_test=[d2_flicker_frekans_farkli_test];
    d3flicker_test=[d3_flicker_frekans_farkli_test];
    d4flicker_test=[d4_flicker_frekans_farkli_test];
    d5flicker_test=[d5_flicker_frekans_farkli_test];
    d6flicker_test=[d6_flicker_frekans_farkli_test];
    d7flicker_test=[d7_flicker_frekans_farkli_test];
    d8flicker_test=[d8_flicker_frekans_farkli_test];
    d9flicker_test=[d9_flicker_frekans_farkli_test];
    d10flicker_test=[d10_flicker_frekans_farkli_test];
    d11flicker_test=[d11_flicker_frekans_farkli_test];
    d12flicker_test=[d12_flicker_frekans_farkli_test];
top_flicker_d_test=[d1flicker_test;d2flicker_test;d3flicker_test;d4flicker_test;d5flicker_
test;d6flicker_test;d7flicker_test;d8flicker_test;d9flicker_test;
d10flicker_test;d11flicker_test;d12flicker_test];
    %saf_sinus icin
    top_saf_test=[d1_saf;d2_saf;d3_saf;d4_saf;d5_saf;d6_saf;d7_saf;d8_saf;d9_saf;
d10_saf;d11_saf;d12_saf];

    %-----
    %Egitim icin etiket
    sag_size=size(top_sag_d_egi );
    sag_etiket=(ones(1,sag_size(:,2))); (çökme‘1’ etiket)
    swell_size=size(top_swell_d_egi );
    swell_etiket=(ones(1,swell_size(:,2)))+1; (yükselme‘2’ etiket)
    har_size=size(top_harmonik_d_egi );
    harmonik_etiket=(ones(1,har_size(:,2)))+2; (harmonik ‘3’ etiket)
    tr_size=size(top_transient_d_egi );
    transient_etiket=(ones(1,tr_size(:,2)))+3; (g.olay ‘4’ etiket)
    fl_size=size(top_flicker_d_egi);
    flicker_etiket=(ones(1,fl_size(:,2)))+4; (kırpışma‘5’ etiket)
    saf_sin_etiket=6; (saf sin. ‘6’ etiket)
    %-----
    %egitim icin özellik vektörünün oluşturulan beş bozucu ve saf sinüs için toplu
halde verilmesi
    feature_egi.X=[top_sag_d_egi      top_swell_d_egi      top_harmonik_d_egi
top_transient_d_egi top_flicker_d_egi top_saf_egi];
    %egitim icin etiketlerin oluşturulan beş bozucu ve saf sinüs için toplu halde
verilmesi
    feature_egi.y=[sag_etiket      swell_etiket      harmonik_etiket      transient_etiket
flicker_etiket saf_sin_etiket];
    %sınama icin özellik vektörünün oluşturulan beş bozucu ve saf sinüs için toplu
halde verilmesi
    feature_test.X=[top_sag_d_test      top_swell_d_test      top_harmonik_d_test
top_transient_d_test top_flicker_d_test top_saf_test];

```

```

%SVM ile sınıflandırma
%-----Eğitim-----
options.solver = 'svmquadprog'; %
options.ker = 'rbf'; % çekirdek fonksiyonu olarak rbf seçildi
options.arg = 0.8; %rbf genişliği
options.C =1000; düzgünleştirme parametresine (C, ceza katsayısı)
model = oaosvm(feature_egi,options) ) % modelin BKB yöntemiyle oluşumu
save modelim_tum.mat model %modelin kaydedilmesi
% %-----test-----
y = mvsvmclass(feature_test.X, model); %BKB yönteminde mvsvmclass
kullanılır.
% y = svmclass(feature_test.X, model); %BKD yönteminde svmclass
kullanılır.
hata=cerror(y,feature_egi.y) (eğitim hatasının hesaplanması)

```

**Ek-G Çalışmada Kullanılan Çok Katmanlı YSA Mimarisi ve Arzu Edilen Çıkış Değerleri**

Katman sayısı	3
Katmanlardaki nöron sayısı	Giriş:12 Ara:15 Çıkış:6
Başlangıç ağırlıkları ve eşik değerleri	Rastgele
Etkinleştirme fonksiyonları	Tansig Logsig
Epochs	100
Öğrenme kuralı	Levenberg-Marquardt geriye yayılım

**Arzu Edilen Çıkış**

S1	1	0	0	0	0	0
S2	0	1	0	0	0	0
S3	0	0	1	0	0	0
S4	0	0	0	1	0	0
S5	0	0	0	0	1	0
S6	0	0	0	0	0	1