

**ELEKTRİK ENERJİ KALİTESİ OLAYLARI  
İÇİN  
GÖMÜLÜ SİSTEM UYGULAMALARI**

Semavi AKIN  
Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı  
Temmuz-2009

**“Bu tez çalışması TÜBİTAK Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı tarafından 105E153 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.”**

## JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

**Semavi AKIN**'ın “**Elektrik Enerji Kalitesi Olayları İçin Gömülü Sistem Uygulamaları**” başlıklı **Elektrik-Elektronik Mühendisliği** Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi 10.07.2009 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı-Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	: Yard. Doç. Dr. Hakan Güray ŞENEL	.....
Üye	: Doç. Dr. Ömer Nezh GEREK	.....
Üye	: Yard. Doç. Dr. Özgür YILMAZEL	.....

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

## ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

### **ELEKTRİK ENERJİ KALİTESİ OLAYLARI İÇİN GÖMÜLÜ SİSTEM UYGULAMALARI**

**Semavi AKIN**

**Anadolu Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Yard.Doç.Dr. Hakan Güray ŞENEL**

**2009, 90 sayfa**

Bu çalışmanın amacı enerji kalitesi olayları olarak bilinen gerilim düşmesi, gerilim yükselmesi ve ark hatası gibi yüksek frekans bileşenleri oluşturan anlık geçici olayların, gömülü sistemler kullanılarak tespit edilmesi, sınıflandırılması ve uzaktan izlenmesidir. Çalışma kapsamında farklı ihtiyaçlara yönelik olarak düşük, orta ve yüksek maliyetli sistemler oluşturulmuştur. Sadece bilgisayar ortamında uygulanmış olan ve sırası ile düşük, orta ve yüksek işlem karmaşasına sahip olan yüksek seviyeli istatistiksel parametrelere dayalı, ortak vektör yaklaşım ve görüntü formuna dayalı yöntemler gömülü sistemlere uygulanabilecek şekilde iyileştirilmişlerdir. İlk iki yöntem için gerçek veriler kullanılarak laboratuvar ortamında farklı özelliklerde çok sayıda gerilim düşmesi, gerilim yükselmesi ve ark hatası yapılarak sınıflandırıcılar oluşturulmuştur. Yöntemlerin başarı oranları gerçek veriler kullanılarak denenmiştir.

Son olarak enerji kalitesi olaylarının sınıflandırma sonuçlarının ve olaya ait dalga şeklinin merkezi bir web sunucusuna aktarılması amacı ile kablolu ve kablosuz internet bağlantısı kurabilen iki ayrı gömülü sistem daha gerçekleştirilmiştir. Kablolu bağlantı için ethernet ara yüzü bulunan bir donanım kullanılarak yazılım geliştirilmiştir. Kablosuz internet bağlantı ise GPRS kullanılarak sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji kalitesi, gömülü sistemler, DSP, GPRS, tanımlama ve sınıflandırma

**ABSTRACT****Master of Science Thesis****EMBEDDED SYSTEM APPLICATIONS FOR ELECTRICAL POWER  
QUALITY****Semavi AKIN****Anadolu University  
Graduate School of Sciences  
Electrical and Electronics Engineering Program****Supervisor: Assist. Prof. Dr. Hakan Güray ŞENEL  
2009, 90 pages**

Propose of this work is detection, classification and remote monitoring of instant transients that includes high frequency components like voltage sags, voltage swells and arcing faults known as power quality events. During the work low, medium and high cost systems were developed for different requirements. Detection and classification algorithms; high order statistical parameters, common vector approach and 2D signal representation with low, medium and high computing complexity which are only implemented to computer systems was optimized for embedded systems. For first two methods many voltage sags, voltage swells, arcing faults with different features was done to generate classifiers. Performance rates of the methods were tested with real data.

Finally to send classification results and the wave form of the event to the central server with wired or wireless internet connection, two more embedded systems was developed. For wired connection software was developed on hardware with Ethernet interface. For wireless connection GPRS was used.

**Keywords:** Power quality, embedded systems, DSP, GPRS, detection and classification.

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince kendileri ile çalışma fırsatı bulduğum değerli hocalarım Doç. Dr. Doğan Gökhan ECE'ye ve Doç. Dr. Ömer Nezh GEREK'e bana olan katkılarından dolayı teşekkür ederim. Mikroişlemcilere ilgi duymamı sağlayan ve kendisi ile çalışmaktan zevk duyduğum değerli hocam ve tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Hakan Güray ŞENEL teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca benden desteklerini esirgemeyen sevgili aileme çok teşekkür ediyorum.

Semavi AKIN

Temmuz 2009

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ENERJİ KALİTESİ VE ENERJİ KALİTESİ OLAYLAR</b> .....	<b>3</b>
2.1. Enerji Kalitesi.....	3
2.2. Enerji Kalitesi Olayları .....	4
<b>3. ENERJİ KALİTESİ OLAYLARININ BELİRLENMESİ VE SINIFLANDIRILMASI İÇİN KULLANILAN YÖNTEMLER</b> .....	<b>6</b>
3.1. Yüksek Seviyeli İstatistiksel Parametrelere Dayalı Yöntem .....	6
3.2. Ortak Vektör Yaklaşımlı Yöntem .....	10
3.3. Görüntü Formuna Dayalı Yöntem .....	15
3.4. Yöntemlerin Hata Belirleme Başarımları.....	19
3.5. Yöntemlerin İşlemsel Karmaşıklıkları ve Donanım Uygulamaları .....	20
<b>4. UYGULAMANIN GENEL YAPISI VE DONANIMLAR</b> .....	<b>22</b>
4.1. Uygulamanın Kısımları.....	22

4.1.2. Merkez.....	24
4.1.3. Kullanıcı.....	25
4.2. Kullanılan Donanımlar.....	25
4.2.1. California Instruments MX30 AC/DC Programlanabilir Güç Kaynağı..	25
4.2.2. Tectronix A6909 İzolatör.....	26
4.2.3. Adapt9S12EQ128 Mikrodenetleyici Kartı.....	27
4.2.4. Adapt9S12NE64 Mikrodenetleyici Kartı.....	27
4.2.5. Texas Instruments eZdspF28044 DSP Kartı.....	28
4.2.6. Texas Instruments eZdspF2812 DSP Kartı.....	29
4.2.7. Wavecom Q2501b Gsm/Gprs Modül .....	30
4.2.8. Siemens MC35 Terminal Gsm/Gprs Modül .....	31
<b>5. YÜKSEK SEVİYELİ İSTATİSTİKSEL PARAMETRELERE</b>	
<b>DAYALI YÖNTEMİN UYGULANMASI .....</b>	<b>32</b>
5.1. Olay Belirleme Algoritması.....	33
5.2. Sınıflandırma Algoritması.....	39
<b>6. ORTAK VEKTÖR YAKLAŞIMLI YÖNTEMİN UYGULANMASI .....</b>	<b>44</b>
6.1. Donanım Yapısı ve Algoritmanın Uygulanması.....	45
6.1.1. Filtre Tasarımı ve Uygulanması.....	47
6.1.1.1 Filtre Tasarımı.....	47
6.1.1.2 Filtrenin Uygulanması.....	50
6.1.2 Dalgacık Dönüşümü ve Uygulanması.....	51
6.1.3. Ortak Vektör Yaklaşımli Sınıflandırıcının Oluşturulması .....	52
6.2. Programın Bölümleri ve Akış Şemaları .....	54
6.3 Algoritmanın Denenmesi ve Sonuçlar .....	59
<b>7. GÖRÜNTÜ FORMUNA DAYALI YÖNTEMİN UYGULANMASI .....</b>	<b>62</b>
7.1. Donanım Yapısı ve Algoritmanın Uygulanması.....	63
7.2. Filtre İşlemleri.....	67

7.2.1. Dikey Filtre Tasarımı ve Uygulanması .....	67
7.3. Frekans Tespit Algoritması .....	73
<b>8. SUNUCU BAĞLANTISI VE UYARI SİSTEMİ.....</b>	<b>75</b>
8.1. Kablolu İnternet Bağlantısının Gerçekleştirilmesi.....	75
8.2. Kablosuz İnternet Bağlantısının ve SMS Uyarı Mekanizmasının Gerçekleştirilmesi .....	75
<b>9. WEB SUNUCUSU VE İSTEMCİLER .....</b>	<b>80</b>
9.1. Sunucu.....	80
9.2. İstemciler.....	83
9.2.1. PC İstemcisi .....	83
9.2.2. PDA İstemcisi .....	84
<b>10. SONUÇ.....</b>	<b>87</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>89</b>



## ŞEKİLLER DİZİNİ

2.1 Enerji kalitesini etkileyen bazı faktörler .....	3
3.1 Asenkron motorun çalıştırılması anında oluşan gerilim azalması .....	8
3.2 İkinci dereceden sınıflandırılmış istatistiksel parametre noktaları.....	9
3.3 İki sınıfta Ortak Vektör Yaklaşımı.....	11
3.4 En küçük özdeğerin 10 olarak tespit edilmesi.....	12
3.5 Gerilim düşmesi ve ark hatalarının OVY uzayında gösterimleri.....	13
3.6 OVY sınıflandırıcı mesafelerinin “seçilen” elemanlar cinsinden değerleri.....	14
3.7 OVY sınıflandırıcı mesafelerinin “seçilmeyen” elemanlar cinsinden değerleri.....	15
3.8 2D gösterimin 1D veriden elde edilmesi.....	16
3.9 Güç verisinin 2D (a) yüzey şekli, (b) görüntüsü.....	16
3.10 Bir seviye 2D-DWT uygulanmış güç sinyali (saat doğrultusunda ll, lh, hh, ve hl).....	18
3.11 Yukarıdan aşağıya: Arc hatası ve voltajda genlik düşümü içeren sinyal, ll hariç geri çatılıp 1D’ye dönüşmüş sinyal, ll hariç, diğer altbantlar temizlendikten sonra 1D’ye dönüşmüş sinyal.....	19
4.1 Uygulamanın Kısımları .....	22
4.2 California Instruments MX30 AC/DC Programlanabilir Güç Kaynağı.....	26
4.3 Tectronix A6909 İzolatör .....	26
4.4 Adapt9S12EQ128 Mikrodenetleyici Kartı.....	27
4.5 Adapt9S12NE64 Mikrodenetleyici Kartı.....	28
4.6 Texas Instruments eZdspF28044 DSP Kartı.....	29
4.7 Texas Instruments eZdspF2812 DSP Kartı.....	30
4.8 Q2501b modülü, güç kartı ve mikrodenetleyici kartı .....	31
4.9 Siemens MC35 Terminal .....	31
5.1 Uygulanan Sistemin Genel Blok Şeması .....	33
5.2 Temel Akış Diyagramı .....	35
5.3 Başlangıç Ayarları Akış Diyagramı .....	36
5.4 Olay Yakalanmadan Önce Çalışan Programın Akış Diyagramı .....	37
5.5 Olay Yakalandıktan Sonra Çalışan Programın Akış Diyagramı.....	38

5.6 Kesme Rutini Akış Diyagramı .....	39
6.1 ADC Modül Blok Şeması .....	44
6.2 Uygulama Donanım Blok Şeması .....	46
6.3 İkinci Dereceden IIR 50Hz Notch Filtre için Matlab Kodu.....	48
6.4 IIR Filtrenin Genlik Tepkisi.....	48
6.5 IIR Filtrenin Faz Tepkisi.....	49
6.6 IIR Filtrenin Zero-Pole Çizimi.....	49
6.7 İkinci Dereceden IIR Filtrenin Direct Form II ile Uygulanması.....	50
6.8. Dalgacık Dönüşümü için Lifting Yöntemi.....	51
6.9 5/3 Dalgacık Dönüşümü için Lifting Şeması.....	52
6.10 Programın Genel Akış Şeması .....	56
6.11 Olay Öncesi Programın Akış Şeması.....	57
6.12 Olay Sonrası Programın Akış Şeması.....	58
6.13 Kesme Rutini Akış Şeması .....	59
6.14 Gerilim Düşmesi. (a) Orijinal Sinyal (b) Filtrelenmiş Sinyal .....	60
6.15 Gerilim Yükselmesi. (a) Orijinal Sinyal (b) Filtrelenmiş Sinyal .....	60
6.16 Ark Hatası. (a) Orijinal Sinyal (b) Filtrelenmiş Sinyal .....	61
7.1 ADC Modül Blok Şeması .....	62
7.2 Uygulama Donanım Blok Şeması.....	63
7.3 Resim Formuna Dönüştürülmüş Şebeke Sinyali .....	64
7.4 Görüntü Formu Algoritmasının Akış Diyagramı.....	65
7.5 Frekansı 49.9 Hz olan şebeke sinyali.....	66
7.6 Frekansı 50.6 Hz olan şebeke sinyali.....	66
7.7 Birinci Dereceden IIR Yüksek Geçiren Filtre için Matlab Kodu .....	67
7.8 Birinci Dereceden IIR Filtrenin Genlik Tepkisi .....	68
7.9 Birinci Dereceden IIR Filtrenin Faz Tepkisi.....	68
7.10 Birinci Dereceden IIR Filtrenin Pole-Zero Çizimi .....	69
7.11 Birinci Dereceden IIR Filtrenin Direct Form II ile Uygulanması.....	70
7.12 İkinci Dereceden IIR Yüksek Geçiren Filtre için Matlab Kodu .....	70
7.13 IIR Filtrenin Genlik Tepkisi.....	71
7.14 IIR Filtrenin Faz Tepkisi.....	71
7.15 IIR Filtrenin Zero-Pole Çizimi.....	72

7.16 İkinci Dereceden IIR Filtrenin Direct Form II ile Uygulanması.....	73
7.17 Resmi Oluşturan Sütunlar a) Orijinal b) Nicelenmiş .....	74
7.18 Eğim Açısının Belirlenmesi .....	74
8.1 Tüm sistem içinde GSM/GPRS modüller .....	76
8.2 Siemens MC35 Akış Diagramı .....	77
8.3 Sunucuda SMS Sekmesi .....	78
8.4 Q2501B Donanım Yapısı.....	78
8.5 DSP ile Q2501B Modülü Arasındaki Mikrodenetleyicinin Akış Diagramı.....	79
9.1 Sunucu Penceresi .....	81
9.2 Sunucu Modül / İstemci Sekmeleri .....	81
9.3 Sunucu Olay Künye Sekmesi.....	82
9.4 Olay Sekmesindeki bir Olayın Dalga Şekli .....	83
9.5 PC İstemcisi Olay Künye Sekmesi .....	84
9.6 PDA istemcisi sunucu bağlantı ekranı .....	85
9.7 PDA istemcisi olay seçme ekranı.....	85
9.8 PDA istemcisi olay dalga şekli .....	86

**SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ**

$a_n$	: Transfer Fonksiyonu Pay Katsayısı
$b_n$	: Transfer Fonksiyonu Payda Katsayısı
V	: Volt
I	: Akım
Z	: Z Dönüşümü
Hz	: Hertz
$\sigma$	: Varyans
$C_n$	: n'inci Kümülant
$m_n$	: n'inci Moment
$\mu$	: Ortalama değer
EMI	: Elektromanyetik Girişim
EKO	: Enerji Kalitesi Olayı
BRF	: Band Reject Filter
ADD	: Ayrık Dalgacık Dönüşümü
KLT	: Karhunen-Loeve Dönüşümü
2D	: İki Boyutlu
PC	: Kişisel Bilgisayar
PDA	: Avuçiçi Bilgisayar
DSP	: Sayısal Sinyal İşleme
AC	: Alternatif Akım
DC	: Doğru Akım
TCP-IP	: Transmission Control Protocol – Internet Protocol
GPRS	: General Packet Radio Service
SMS	: Kısa Mesaj Servisi
RAM	: Rastgele Erişimli Bellek
IIR	: Infinite Impulse Respons
FIR	: Finite Impulse Respons

## 1. GİRİŞ

İdeal durumda alçak-gerilim elektrik enerjisi kullanıcıya 220/380 V 50Hz ve sinüzoidal dalga şeklinde iletilir. Enerji üretimi ve iletiminden sorumlu kuruluşlar kendi denetimleri dışındaki bozucu etkenlerden dolayı sağladıkları enerjinin ideal özelliklerinin sürekliliğini ve güvenilirliğini kalıcı halde koruyamayabilirler. Bu noktada enerjinin kalitesi bozulabilir ve bu nedenle çeşitli sorunlar ortaya çıkabilir. Enerji kalitesi bozucuları kaynak frekansındaki değişimler, gerilimin genliğindeki kısa ya da uzun süreli değişiklikler, gerilimin dalga şeklini bozan geçici olaylar, harmonikler ve zayıf bağlantı noktaları nedeniyle ortaya çıkan ark hataları dolayısıyla ortaya çıkan bozulmalar olarak sıralanabilir. Alçak-gerilim seviyesindeki kullanıcının elektriksel yük durumu hem çok dinamik hem de doğrusal ve doğrusal olmayan yükler olarak çeşitlilik gösterir. Ayrıca bu yük durumu enerji sağlayıcı kuruluşlar tarafından kontrol edilemezler. Dolayısıyla, yukarıda sıralanan enerji kalitesi bozucularının kaynağı alçak-gerilim seviyesindeki kullanıcıların yük kompozisyonudur. Enerjinin kalitesindeki bu bozulmalar sonucunda hassas veri işleme, kontrol ve ölçme sistemleri ayrıca endüstride kullanılan motor kontrol üniteleri ve PLC'ler etkilenecek işlevlerini yerine getiremez duruma gelebilirler. Dalga şeklindeki bozulmalar, diğer bir deyişle harmonikler ve özellikle temel bileşenden daha düşük olan harmonik bileşenler aydınlatma sistemlerini büyük ölçüde etkilerler. Harmonikler nedeniyle, dengeli bir elektrik enerjisi dağıtımında hiç akım taşımayan nötr hatlarında, yüksek akımlar oluşarak bu hattın tasarım değerlerinin üzerinde ısınmasına ve bu hatta bağlı devre açıcıların gereksiz bir şekilde enerjiyi kesmesine yol açabilirler. Bunun yanında ark hataları sonucunda ortaya sıklıkla çıkan elektriksel kablo yangınları ve dolayısıyla kapalı alanlarda oluşan yangınlar büyük maddi zararlara yol açabilir. Son olarak, alçak-gerilimde kullanılan transformatörlerin kayıpları yükselir, ısınmadan dolayı izolasyon problemleri artar ve daha gürültülü çalışırlar.

Herhangi bir tesiste (üretim yönelik tesisler, hastaneler, laboratuvarlar, yerel ya da geniş ağ yönetim merkezleri, hava alanları, savunma sanayi, vb) yukarıda açıklanan bozucuların ve sonuçlarının tümünün bir anda ortaya çıkması

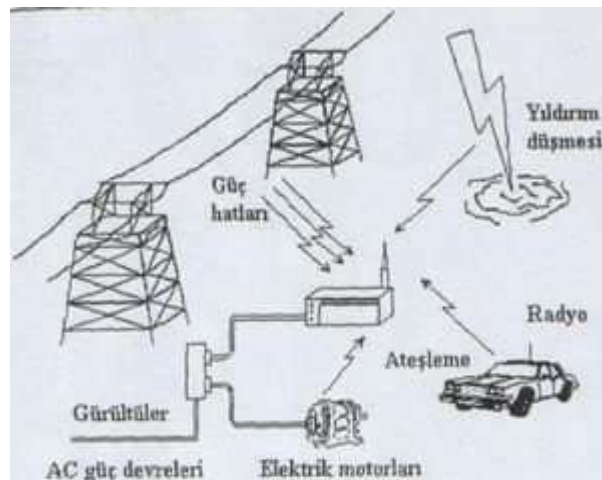
beklenemez. Ancak bazılarının ortaya çıkması durumunda bile tesisin hassasiyetine bağlı olarak birçok istenmeyen durum ve maddi kayıplar ortaya çıkabilir. Bozucuların niteliği ve şiddeti bir kez belirlendikten sonra ortaya konulacak mühendislik yaklaşımıyla çözüm üretilebilir. Ancak burada sorun bozucunun belirlenmesi, hangi zamanda oluştuğu ve kaynağının bulunmasıdır. Bu da problemlili tesisin elektriksel parametrelerinin uluslararası standartlarla belirlenen bozucuların varlığını saptamak amacıyla yeterli bir süre için izlenmesini gerektirmektedir. İzleme, hataları ve bozucuları olduğu anda belirleyen, sınıflandıran, gerekli görülen dalga şekillerinin verilerini toplayan ve tüm bunları gerekirse web tabanlı bir ara yüz kullanarak kablolu yada kablosuz olarak İnternet üzerinden belirli bir merkeze gönderebilen bir sistemin gerçekleştirilmesiyle olanaklı hale gelecektir. Bununla beraber, endüstriyel sistemlerin birçoğunda kesinlikle enerji kalitesinin çözümü gerekmele beraber, tesislerdeki süreçlerin bir bölümü testler ve gerekli izleme süresince normal işlevlerine devam edebilirler. Ancak, ark hatası gibi, kablolarda ve çevresinde yangın tehlikesi oluşturabilecek olan hata durumlarında enerji hemen kesilerek istenmeyen durumlar önlenmelidir.

## 2. ENERJİ KALİTESİ VE ENERJİ KALİTESİ OLAYLAR

### 2.1. Enerji Kalitesi

Enerji kalitesi tanımı yapılan incelemenin türüne veya kim tarafından yapıldığına göre değişebilir. Örneğin elektrik üreticisi için enerji kalitesi enerjinin güvenilir biçimde iletilmesi olarak tanımlanabileceği gibi elektrikli aletler üreticisi için enerji kalitesi üretilen aletin öngörülen şekilde çalışması için gerekli olan elektrik biçimidir. Ancak elektrik üretimi kullanıcılar için yapıldığından kullanıcının bakış açısı temel alınmalıdır. Bu sebeple enerji kalitesi sorunu “Kullanıcı aletlerinin yanlış veya hiç çalışmamasına neden olacak gerilim, akım ve frekanstaki değişimler” olarak tanımlanabilir [8]. Enerji üretim sistemleri ancak üretilen enerjinin gerilimine etkide bulunabileceği düşünüldüğünde enerji kalitesi kavramı üzerinde yapılan belirlemelerin büyük çoğunlukla sistem gerilimi hakkında olduğu görülür.

Vazgeçilmez bir enerji kaynağı olan elektrik enerjisini üreten, ileten ve dağıtan kuruluşların görevi; kesintisiz, ucuz ve kaliteli bir hizmeti tüketicilerine sunmaktır. Enerji kalitesi kavramında maksat, sabit şebeke frekansında; sabit ve sinüzoidal biçimli uç gerilimidir. Ancak bu tür enerji pratikte bir takım zorluklarla sağlanabilir. Güç sistemine bağlanan bazı elemanlar ve bunların yol açtığı olaylar sebebiyle tam sinüzoidal değişimden sapmalar olabilmektedir. Şekil 2.1 enerji kalitesini etkileyen bazı faktörleri göstermektedir.



Şekil 2.1 Enerji kalitesini etkileyen bazı faktörler

Tam sinüzoidal'den sapma, genellikle harmonik adı verilen bileşenlerin ortaya çıkması ile ifade edilir ve buna sebep olan etkenlerin başında ise manyetik ve elektrik devrelerindeki lineersizlikler gelir. Kaliteli elektrik enerjisi, şebekenin tanımlanan bir noktasında, gerilimin genlik ve frekansının anma değerlerini koruması ve gerilim dalga şeklinin sinüs biçiminde bulunmasıdır. Bu tanımın tersi olarak, gerilimin genliğinin değişmesi, kesintiler, gerilim darbeleri, fliker, gerilimin doğru bileşen içermesi, dalga şeklinin sinüsten uzaklaşması, frekans değişimleri, üç faz dengesizlikleri enerji kalitesizliğidir. Enerji kalitesi çoklukla yük tarafından bozulur. Gerilim-akım karakteristiği lineer olmayan yükler şebekeden sinüs olmayan akımlar çeker ve bu akımlar şebekede sinüs olmayan gerilim düşümleri oluşturarak besleme noktasındaki gerilimin dalga şeklini bozar[8].

## 2.2. Enerji Kalitesi Olayları

**Kesinti (Outage):** En az bir yarım dalga boyu süresince gerilimin sıfır değerini almasıdır. Nedeni şebeke arızalarıdır.

**Gerilim darbesi (Voltage impulse):** 50V ve 5kV genlikli, 0.5 ile 2ms sürelidir. Nedeni, yük ve şebeke açma kapamaları, kontaklar arasındaki ark ve yıldırımdır.

**Harmonik:** Gerilim ve akım dalga biçiminin ideal sinüsten uzaklaşmasıdır. Nedeni güç elektroniği devreleri, elektro-mekanik makinelerde doyma ve ark ilkesiyle çalışan cihazlardır.

**Çentik (Notches):** Şebeke geriliminin bir tam dalgasında doğrultucu darbe sayısı kadar tekrarlanan çökmelerdir. Nedeni doğrultucuları besleyen trafo ve hat endüktansının anahtarlarının aktarımını geciktirmesidir.

**Frekans Değişimi:** Frekansın anma değerinden sapmasıdır. Nedeni elektrik şebekesi ve jeneratörlerin ayar düzeneklerinin yetersizliğidir.

**Gerilim Düşmesi (Voltage Sag):** Gerilimin bir tam dalgadan daha uzun bir süre %80'den daha düşük bir değere düşmesidir. Nedeni şebeke yetersizliği, aşırı yüklenme, büyük motorların yol alması ve kısa devreleridir.



**Gerilim Yükselmesi (Voltage swell):** Gerilimin bir tam dalgadan daha uzun bir süre %110'dan daha büyük bir değere çıkmasıdır. Nedeni yük azalması ve şebekedeki ayar zayıflığıdır.

**Fliker:** Gerilimin periyodik olarak 6-7 tam dalga süresince (8-9 Hz) azalması ve yükselmesidir. Nedeni ark fırını gibi dalgalı aşırı yüklerdir.

**Elektromanyetik Girişim (EMI):** Genliği 100V ile -100V, frekansı 10kHz ile 1GHz olan küçük enerjili bozucu bir dalgadır. Nedenleri anahtarlamalı güç kaynakları, motor kontrol devreleri, telsiz yayınları ve güç hatları üzerinden yapılan haberleşmedir.

**Doğru Gerilim Bileşeni:** Alternatif gerilimin, pozitif yarım dalga ve negatif yarım dalga alanlarının birbirine eşit olmamasıdır.

**Elektriksel Gürültü (Noise) :** Elektrik dalgası üzerinde geçici olarak yürüyen, hızlı tranziyentlerin sebep olduğu bir bozulma türüdür. Faz iletkeni, nötr iletkeni veya sinyal hatlarında ortaya çıkabilir.

### 3. ENERJİ KALİTESİ OLAYLARININ BELİRLENMESİ VE SINIFLANDIRILMASI İÇİN KULLANILAN YÖNTEMLER

#### 3.1. Yüksek Seviyeli İstatistiksel Parametrelere Dayalı Yöntem

Enerji iletim veya dağıtım hattı sinyalleri üzerine eklenen gürültüler, normal çalışma sırasında pek çok farklı etkenden üretilmektedir. Merkezi limit teoremi dolayısıyla, eklenen gürültülerin toplam etkisinin Gauss dağılımı göstermesi beklenebilir. Öte yandan, sinyalin sadece üzerine eklenen gürültü miktarını göz önünde bulundurmamak gerekmektedir. Laboratuvar ortamında oluşturulan enerji kalitesi olaylarının (EKO) dalga şekillerini örnekleyen sistemde örnekleme yapan araçların önünde bir bant durdurucu süzgeç ( band reject filter, BRF) uygulanmaktadır. Süzgecin durdurduğu bant, hattın orijinal salınım frekansı olan 50Hz olarak seçilmiştir. Bu şekilde, 50Hz'in dışındaki diğer bileşenlerin önlenmemesi sağlanmıştır. Ana salınım frekansının engellenmesi, ayrıca sinyalin durağan olmasını, dolayısıyla da kaydırılan pencere yöntemi ile istatistiksel analiz yapılmasını sağlamaktadır.

Normal çalışma koşullarında varyansı düşük Gauss karakteristiği gösteren süzgeçlenmiş sinyal, herhangi bir hata durumunda öncelikle varyansı yüksek bir dağılım sergilemekte ve Gauss dağılımından sapmaktadır. Literatürde Gauss dağılıma benzerlik tespiti için pek çok yöntem önerilmiştir. Histogram şeklinin uyumu (fit test), Hinich test ve istatistiksel karakterizasyon bunlardan bazılarıdır. Histogram şekil uyumu çok fazla sayıda parametreye bağlıdır dolayısıyla hassasiyetini ayarlamak güçtür. Hinich testinde 2. ( $C_{2x}(k)$ ) ve 3. ( $C_{3x}(k,l)$ ) momentlerin Fourier dönüşümleri olan  $S_2(\omega)$  ve  $S_3(\omega_1, \omega_2)$  cinsinden ikili-uyum (bicoherence) ifadesi hesaplanır;

$$bic(\omega_1, \omega_2) = \frac{S_3(\omega_1, \omega_2)}{\sqrt{S_2(\omega_1)S_2(\omega_2)S_2(\omega_1 + \omega_2)}}. \quad (3.1)$$

Hesaplanan  $bic(\omega_1, \omega_2)$  ifadesi, Gauss dağılımlar için  $\chi^2$  dağılım gösterir ve tablolanmış karakteristiklerle karşılaştırılabilir[4].

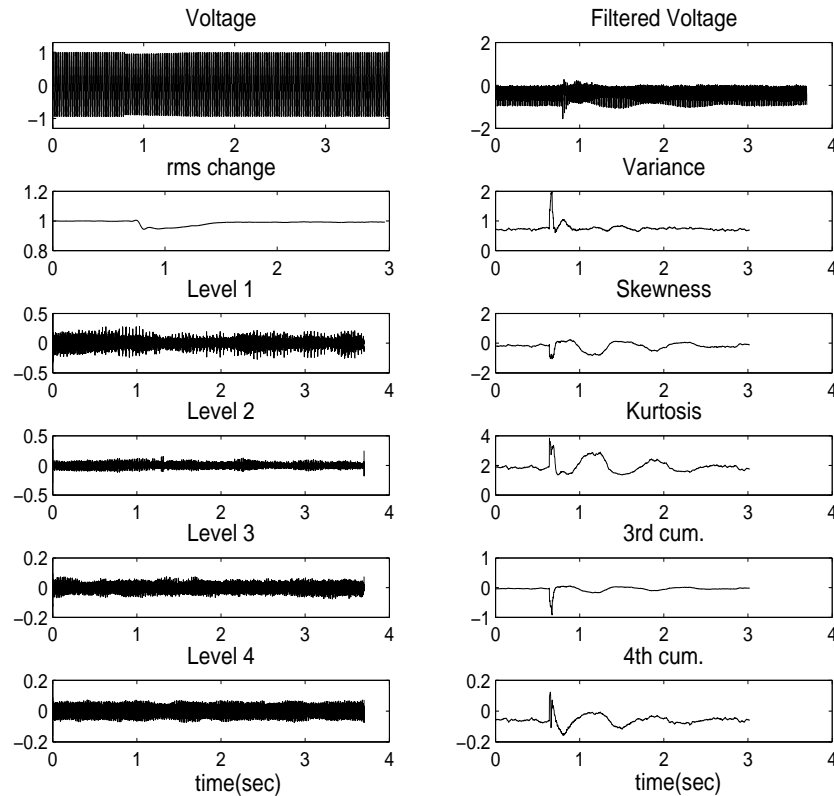
Gerçek simetrik Gauss dağılımlı süreçlerde *kayıklık* (skewness), ve dolayısıyla da 3. momentin kendisi ve Fourier dönüşümü (trispectrum) sıfırdır. Buna benzer bir şekilde, 4. moment ve bu momentten üretilen *savruklu* (kurtosis) değeri de, Gauss sinyaller için sıfırdır. Burada, Gauss dağılımına yakınlık testi olarak kayıklık ve savruklu değerlerinin büyüklükleri kullanılmıştır. Literatürde geçtiği şekliyle  $skewness = (C_{3x}(0,0)) / (C_{2x}(0)^{1.5})$  olarak tanımlanabilir. Diğer parametre ise  $kurtosis = (C_{4x}(0,0,0)) / (C_{2x}(0)^2)$  olarak verilir. Ancak savruklu tanımındaki önyargı (bias) miktarını engellemek için ifadeden 3 çıkarılmalıdır. Her iki ifadenin,  $N$  uzunluğunda örnek veri olan  $x[i]$ 'den çıkarılmış yaklaşık değerleri şu şekilde hesaplanabilir:

$$\hat{s} = \frac{\sum_{i=1}^N (x[i] - \hat{m}_x)^3}{(N-1)\hat{\sigma}^3} \quad (3.2)$$

$$\hat{k} = \frac{\sum_{i=1}^N (x[i] - \hat{m}_x)^4}{(N-1)\hat{\sigma}^4} - 3 \quad (3.3)$$

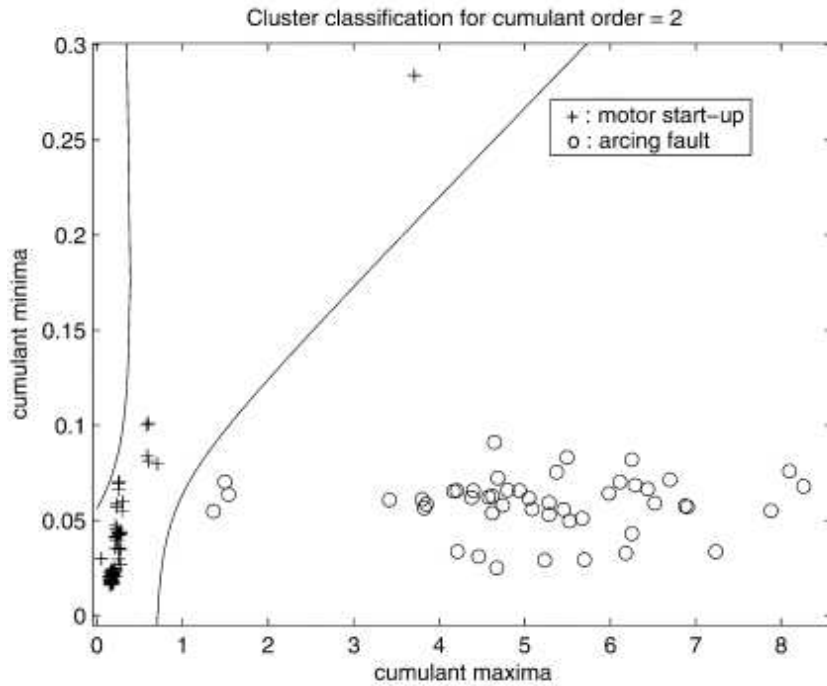
Yukarıda bahsedilen argümanlar ışığında, herhangi bir bozulma anında istatistiksel olarak sinyalin Gauss dağılımdan sapması beklenmektedir. Bu da hem kayıklık, hem de savruklu değerlerinin büyümesine neden olacaktır. Proje çalışmalarında deneysel bir alçak gerilim enerji dağıtım sistemi kullanarak laboratuvar ortamında üretilmiş çok sayıda normal ve hata içeren akım/gerilim sinyali, bölgesel pencereler içerisinde kayıklık ve savruklu hesaplamasına tabi tutulmuştur. Aynı zamanda enerji kalitesi olaylarının tespit ve sınıflandırılmasında sıklıkla kullanılan ayrık dalgacık dönüşümünün (ADD) başarımının ve önerilen yöntemin etkinliğinin karşılaştırılması bakımından da Şekil 3.1'de bir asenkron motorun çalıştırılması anında ortaya çıkan gerilim azalmasının Daubechies – 4 ADD analizi ve 50 Hz bant durdurucu süzgeçten geçirilmiş gerilim dalga şeklinden elde edilen istatistiksel parametreler birlikte verilmiştir. Bu enerji kalitesi olayında da gerilimin genliğindeki rms azalma yaklaşık %6 oranında olmasına karşın uygulanan dalgacık dönüşümünün hiç bir seviyesinde (Level 1 – 4) eşik değer uygulanabilecek bir enerji artışı ya da azalışı gözlemlenmemiştir. Bununla beraber 2 periyot uzunluğunda seçilen kayan bir pencere süresince

hesaplanan yerel istatistiksel parametreler gerilim azalması olayını genliklerindeki belirgin değişimlerle belirlemekte ve zaman içindeki anını da tespit etmektedirler. Yerel istatistiksel parametrelerin genliklerindeki değişimler olayın belirlenmesi ve sınıflandırılması için bir eşik değeri kullanılmasına uygundur. Benzer analizler diğer Daubechies dalgacık dönüşümü türleriyle yapıldığı gibi farklı genel amaçlı dalgacık dönüşümleri olan Coiflets, Symlets ve Meyer kullanılarak da yapılmış ve Şekil 3.1’de sunulana benzer başarımlar elde edilmiştir. Her bir dalgacık ailesi için burada ele alınan enerji kalitesi olayları incelendiğinde varılan sonuç yerel istatistiksel parametrelerin belirleme ve sınıflandırma başarımlarının daha üstün olduğudur. Ayrıca gerçek bir asenkron motorun çalıştırılması sırasındaki gerilim azalmalarının analizlerine ek olarak laboratuvarımızda bulunan enerji kalitesi bozucu cihazı kullanılarak deneyler de yapılmıştır. Bu durumda da istatistiksel parametrelerin enerji kalitesi olaylarını başarıyla belirlediği gözlemlenmiştir[4].



Şekil 3.1 Asenkron motorun çalıştırılması anında oluşan gerilim azalması

Elde edilen yüksek dereceli istatistiksel parametreler, dalga şeklinin Gauss yapıdan ne kadar uzaklaştığı hakkında bilgi içermektedir. Bu bilgileri kullanarak gerilim düşme ve yükselmesi ile ark hatalarının birbirinden farklı değerler ürettiği gözlenmiştir. Mevcut istatistiksel verilerin uç noktalarından (bir zaman süreci içinde kaydedilmiş maksimum ve minimum) alınarak oluşturulan çok boyutlu vektörlere ikinci dereceden eğrilerle ayrılan (quadratic) sınıflandırıcılar uygulandığında bu iki tip enerji kalitesi olayının birbirinden ayrılabilirdiği gözlenmiştir. İkinci derece sınıflandırıcıların bu aşamada doğrusal sınıflandırıcılardan daha iyi sonuç verdiği deneysel olarak gözlenmiştir. Şekil 3.2’de, ikinci dereceden (varyans) istatistik uç değerlerine göre iki boyutlu ve ikinci dereceden sınıflandırıcının sonuçları gerilim düşmesi ve ark hatası sınıfları için görülmektedir[4].



Şekil 3.2 İkinci dereceden sınıflandırılmış istatistiksel parametre noktaları

### 3.2. Ortak Vektör Yaklaşımli Yöntem

Ortak Vektör Yaklaşımı (OVY), her sınıfa ait verilerden üretilen kovaryansların ayrı ayrı ele alınarak üretilmiş bir sınıflandırıcıdır. Sınıflandırıcının kovaryans verisini çıkarma işleminden itibaren aşamaları şu şekildedir:

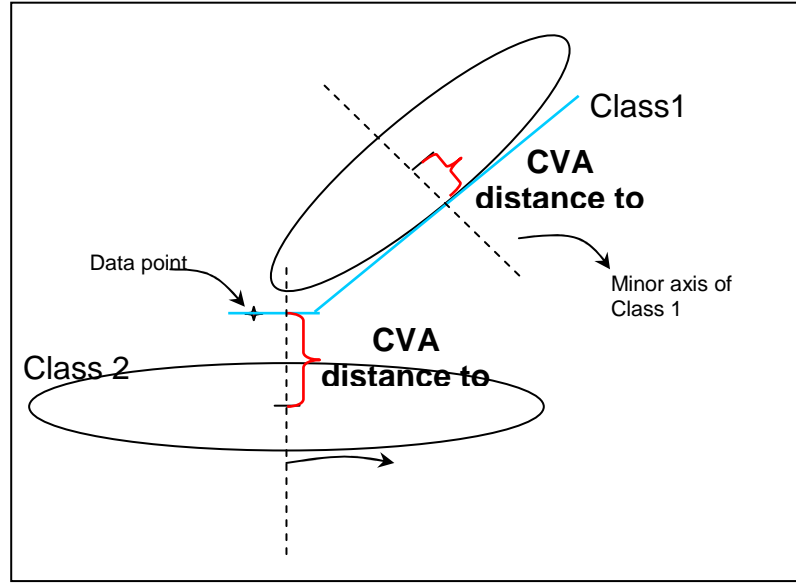
- Her sınıfın (bizim durumumuz için 4 tip sınıf mevcuttur) kovaryansına  $C_i$  diyelim.
- Kovaryansların her birinin özdeğer ve özvektörleri  $C_{i,k}$  ve  $V_{i,k}$  olacaktır.
- Özdeğer karşılığı sıfır (ya da küçük) olan özvektörler sıralanarak bir “dönüşüm” oluşturulur:

$$\mathbf{P}_i = \begin{bmatrix} \uparrow & \uparrow & \dots & \uparrow \\ v_{i,1} & v_{i,2} & \dots & v_{i,L} \\ \downarrow & \downarrow & \dots & \downarrow \end{bmatrix}_{N \times L} \cdot \begin{bmatrix} \uparrow & \uparrow & \dots & \uparrow \\ v_{i,1} & v_{i,2} & \dots & v_{i,L} \\ \downarrow & \downarrow & \dots & \downarrow \end{bmatrix}_{L \times N}^T \quad (3.4)$$

- Bu sınıfa ait OVY projeksiyonu şu şekilde tanımlanır:

$$y = \mathbf{P}_i (x - \mu_i) \quad (3.5)$$

- Elde edilen ifade (y), x verisi hangi i sınıfına aitse o i değerinde “en düşük” olur. Bu şekilde x verisi sınıflandırılır.
- Ortaya çıkan yapı, ünlü KLT yaklaşımının topluca uygulanma yerine, yaklaşımın ters açıdan ele alınarak her sınıf için tek tek uygulanması anlamına gelmektedir. Söz konusu OVY, iki sınıf için Şekil 3.3’de örneklendirilmektedir:



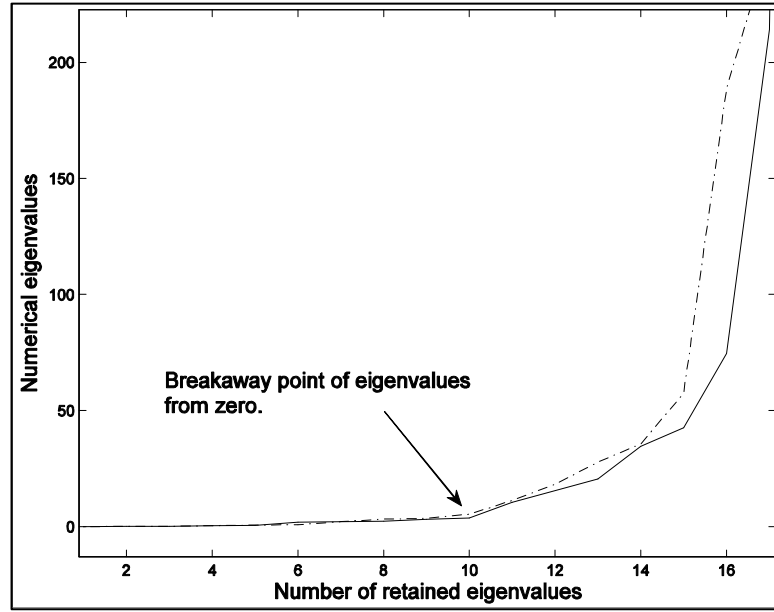
Şekil 3.3 İki sınıfta Ortak Vektör Yaklaşımı

Enerji kalitesi olayları için OVY yönteminin kullanılmasında, veri olarak olayı içeren pencere dahilinde;

1. Yüksek dereceli istatistiksel parametreler
2. Dalgacık dönüşümüne bağlı parametreler
3. RMS değeri
4. Toplam Harmonik Bozulma

Değerleri bir vektör haline getirilerek kullanılmıştır.

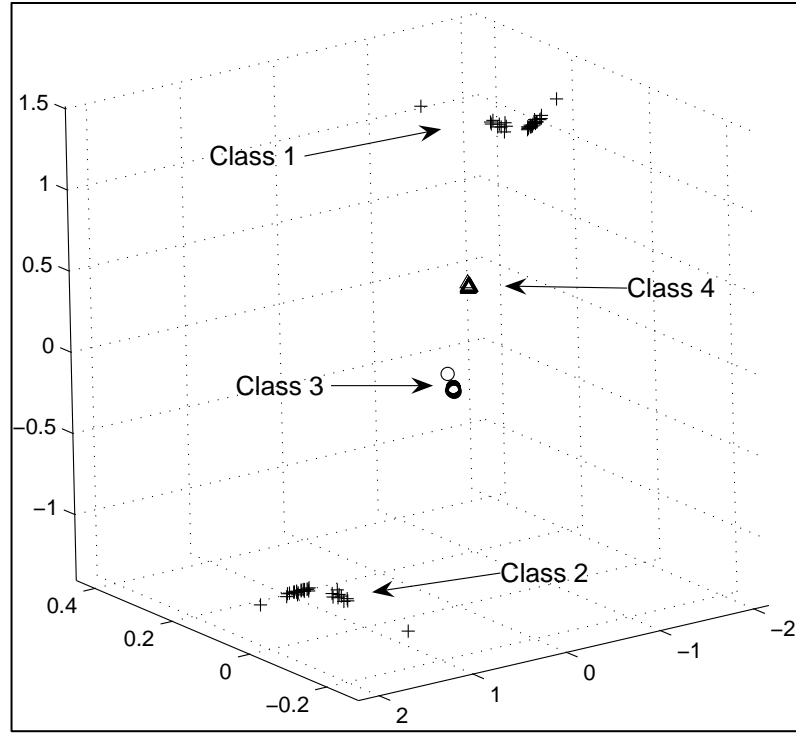
OVY'deki ilk temel unsur, küçük özdeğerli özvektörlerin bulunmasıdır. Bu amaçla, toplanan enerji kalitesi verilerinden elde edilen vektörler üzerinden (toplam vektör eleman sayısı deneyde 19 alınmıştır) özdeğer analizi yapılarak “en küçük” özdeğerler için toplam 10 uzunluğunda bir özellik uzayı elde edilmiştir (Şekil 3.4) [9].



Şekil 3.4 En küçük özdeğerin 10 olarak tespit edilmesi

OVY yaklaşımı elimizdeki verilere uygulandığında, diğer pek çok durumdakine benzer olarak tam bir tanımlama ve sınıflandırma başarısı elde edilmiştir. Bu yaklaşım kullanarak “azaltılan” öznelik vektör uzay boyutu üzerinde 3-boyutlu olarak çizilen kümelenmeler Şekil 3.5 üzerinde sunulmuştur. Bu kümelenmelerde gerilim artma ve azalma sınıfları (motor çalışmasına bağlı olarak) ile ark hatası sınıfları birbirinden bariz şekilde ayrılmış durumdadır. Şekiller üzerinde 3. ve 4. sınıflar, motor sürücülü ve sürücüsüz gerilim düşmelerine, 1. ve 2. sınıflar ise motor sürücülü ve sürücüsüz olarak kaydedilmiş ark hatalarına karşılık gelmektedir. Motor sürücüleri deneysel sistem yükünün bir parçası olduklarında, sistemden çektikleri harmonik akımlar nedeniyle olay tespit ve sınıflandırmada ek bir unsur teşkil etmektedir. Bu durum endüstride sıklıkla karşılaşıldığı için incelenmesi gereken bir durumdur, bu nedenle deneylerimizde göz önünde bulundurulmuştur [9].

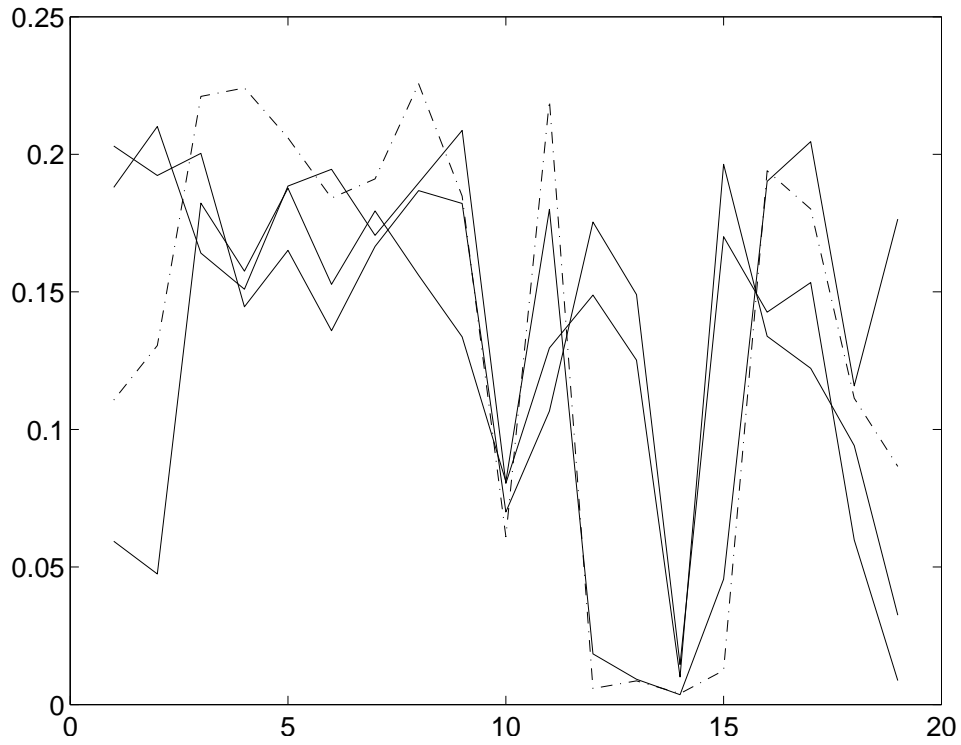




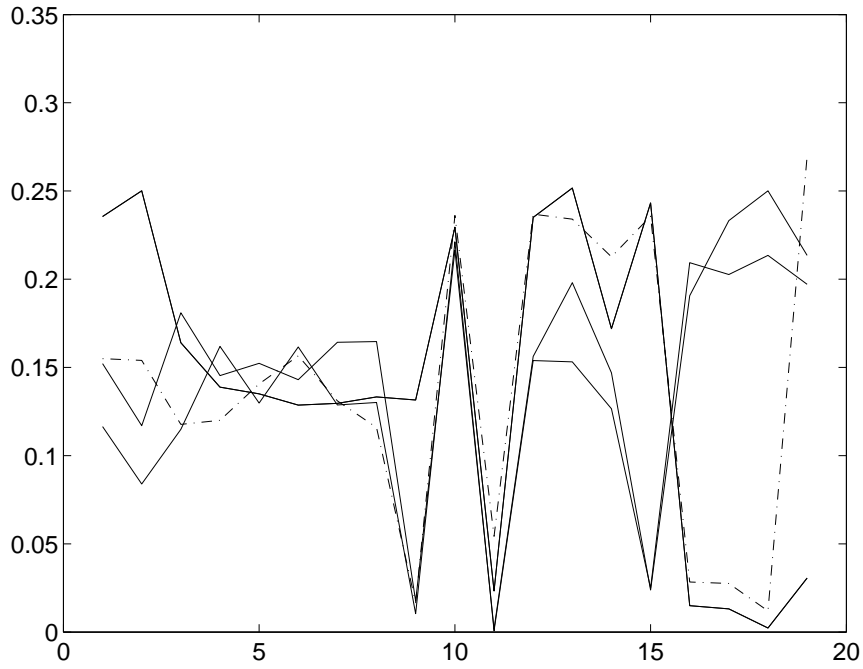
Şekil 3.5 Gerilim düşmesi ve ark hatalarının OVY uzayında gösterimleri

Ortak vektör yaklaşımının, başarılı sınıflandırma sonuçları dışında bir diğer “önemli” özelliği, her bir öznitelik için elde edilen verilerin, bir sınıfın “ortak” özelliklerini ne kadar yansıttığını belirtmesidir. Ortak özellikleri çok yansıtıp, farklı sınıflardaki özelliklerden “uzak” olmaya neden olan öznitelik elemanları, o veri için “daha başarılı” araç özellikleri taşımaktadır. Bu yöntem kullanılarak enerji kalitesi verilerini sınıflandırma açısından birbirinden daha iyi ayıran ve nispeten başarısız olan öznitelikler açık bir şekilde ortaya konabilmiştir. Denelerimizde, 1.3’te önerdiğimiz yüksek seviyeli bölgesel istatistik verilerini içeren 10 adet parametre, 1 adet toplam harmonik bozulma parametresi, ve 8 adet de ilk 4 dereceden dalgacık dönüşümü çıktılarının en düşük / büyük değerlerini içeren parametre kullanılmıştır. Dalgacık parametrelerini üreten deneyler, onlarca farklı tip dalgacık kullanılarak tekrar edilmiştir. Sonuçta dalgacığın türünden bağımsız olarak tutarlı bir OVY davranışı gözlenmiştir. Bu davranışa göre, 19 boyutlu öznitelik vektöründen herhangi bir parametrenin “seçilmesi” ya da “seçilmemesi” durumunda ortak vektöre olan uzaklık değişimleri Şekil 3.6 ve

3.7’de sunulmaktadır. Şekil 3.6’daki grafikte düşük değer üretirken Şekil 3.7’de yüksek değer üreten parametre indeksleri, temelde “güçlü” olan ayırt edici parametrelerdir. Hem Şekil 3.6’da yüksek, hem de Şekil 3.7’de düşük değer gösteren parametreler ise kullanılması anlamsız ve ayırt edici özelliği olmayan parametrelerdir. Bu şekillerde kullandığımız numaralandırmaya göre dalgacık dönüşümlerinin ürettiği parametreler, literatürde sık kullanılmasının aksine, enerji kalitesi olaylarının sınıflandırılması için diğer bahsedilen parametreler kadar ayırt edici özellik taşımamaktadır. OVY yaklaşımı, bu bulgunun ortaya çıkmasını sağlamıştır. Deneysel olarak da, dalgacık dönüşüm verilerinin öznelik uzayından çıkarılması sonrasında OVY sınıflandırıcısının performansında hiç bir azalma olmadığı görülerek bu yargının sağlanması yapılmıştır [9].



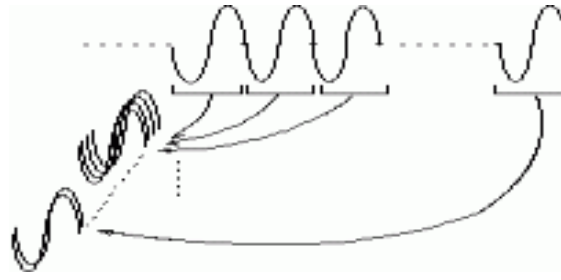
Şekil 3.6 OVY sınıflandırıcı mesafelerinin “seçilen” elemanlar cinsinden değerleri



Şekil 3.7 OVY sınıflandırıcı mesafelerinin “seçilmeyen” elemanlar cinsinden değerleri

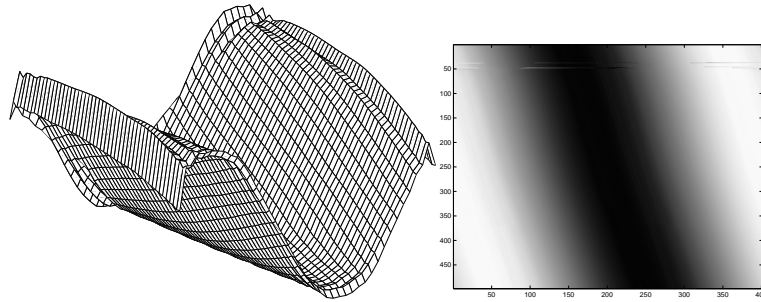
### 3.3. Görüntü Formuna Dayalı Yöntem

Normalde elektrik enerji sistemlerinden normal çalışma veya herhangi bir geçici olay yada enerji kalitesi olayı sırasında toplanan akım ve gerilim bilgileri (dalga şekilleri) tek boyutlu (1D), bir başka deyişle  $1 \times N$  uzunluğunda vektörlerdir. Bu tek boyutlu vektörlerden iki boyutlu (2D) görüntü formunda veriler elde etmek için satırları zamanda üst üste çakışmayan zaman kesitlerinden oluşan bir matris oluşturulmuştur [1]. Bu şekilde yeni veri bir görüntü, ya da bir yüzey olarak düşünülebilir. Pratik kullanımda zaman kesitleri, periyodik verinin bir periyodunun tamsayı katı olarak seçilmelidir. Bu şekilde periyodik salınım özellikleri şekilsel olarak daha iyi ortaya çıkmaktadır. 2D gösterimin 1D veriden elde edilmesi Şekil 3.8’de sunulmaktadır.



Şekil 3.8 2D gösterimin 1D veriden elde edilmesi

Laboratuvar ortamında gerçek bir enerji kalitesi olayı sırasında toplanan veriler ile bu şekilde oluşturulmuş örnek bir 2D görüntü, ve 2D yüzey gösterimi Şekil 3.9 (b) ve (a)'da sunulmuştur.



Şekil 3.9 Güç verisinin 2D (a) yüzey şekli, (b) görüntüsü.

Normal çalışma sırasında enerji sistemi akım ve gerilim dalga şekilleri mükemmel yakın şekilde periyodiktir. Bu nedenle sonuç 2D görüntüsü dikey doğrultuda hemen hemen hiç değişim göstermez. Eğer toplanan veride bir enerji kalitesi olayı varsa, genellikle gerilim ya da akım verisinde olayın başında ve sonunda kısa süreli ve yüksek frekans bileşenli bozulmalar oluşur. Ancak olay devam ettiği sürece sinyal periyodik salınımlar göstermeye devam eder, bu nedenle bu kısımları normal operasyondan ayırt etmek güçtür. Özellikle dönüşüme dayalı ya da frekans tabanlı teknikler bile başarılı sonuçlar verememektedir. Buna karşılık 2D gösterim ve iki boyutlu dalgacık dönüşümü (2D-DWT), sinyali dikey doğrultuda da işleme özelliğine sahiptir. Bu bakımdan

yumuşak geçişli farklılaşmaları da hem oluşma zamanı, hem de olayın mevcudiyeti açısından başarıyla tespit etmektedir.

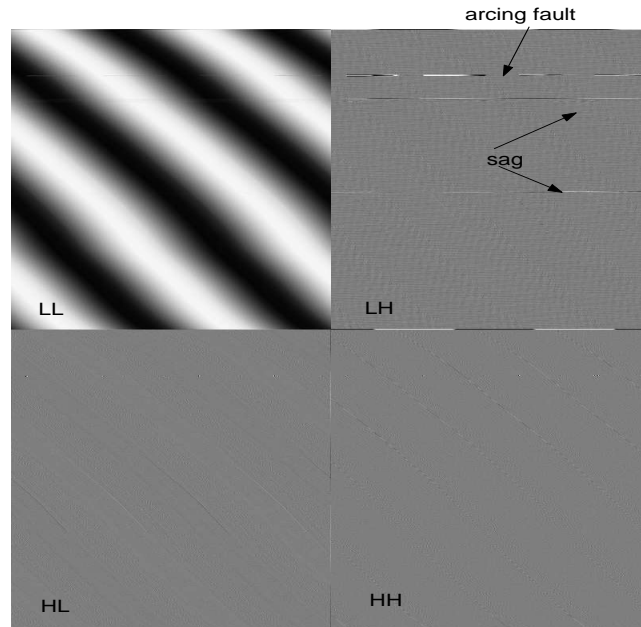
Bir seviye 2D-DWT, tipik olarak görüntüyü dikey ve yatay doğrultuda altbant süzgeçleyerek gerçekleştirilir, ve sonuçta bir adet yaklaşık görüntü:  $\varphi(x, y) = \varphi(x)\varphi(y)$ , üç adet de detay görüntü:  $\psi^H(x, y) = \psi(x)\varphi(y)$ ,  $\psi^V(x, y) = \varphi(x)\psi(y)$ ,  $\psi^D(x, y) = \psi(x)\psi(y)$  oluşmuş olur. Daha fazla seviyeli 2D-DWT elde etmek için, yaklaşık görüntü üzerinde bu operasyona devam etmek gerekir. 1D veriler ile 2D verilerin işlenmesini karşılaştırmak açısından 2D-DWT ile 1D-DWT aynı sayıda yaklaşık sinyal elde edecek şekilde uygulandığında işlem sayısı olarak 2D işleme için 1.5 ile 2 kat arası miktarda daha fazla işleme gereksinim vardır. Ancak elde edilen enerji kalitesi tespit performansı göz önüne alındığında bu işlem artımı kabul edilebilir düzeydedir [2].

Daha önce belirtildiği gibi enerji sisteminin normal çalışması sırasında elde edilen verilerin 2D gösteriminde yatay doğrultuda yumuşak geçişler gözlenmektedir. Eğer 2D görüntünün eni, periyodik sinyalin bir periyodunun tam sayı katında seçilirse o zaman pratik olarak dikey doğrultuda hiç bir değişim olmamaktadır. Eğer görüntü eni tam tutturulamazsa, Şekil 3.10'un yaklaşık sinyalinden de anlaşılacağı üzere eğilmiş sinüs dalgaları oluşur. Bu aslında gerilimin ve ya akımın ideal halde 50 Hz olarak öngörülen frekansının gerçekte daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla yöntem besleme gerilimi frekansı hakkında da çok önemli bilgileri bize vermektedir. Her durumda, eğer bir enerji kalitesi olayı olmamışsa (*hl*, *lh*, ve *hh* olarak adlandıracağımız) detay görüntüleri düşük enerjili çıkmaktadır [2].

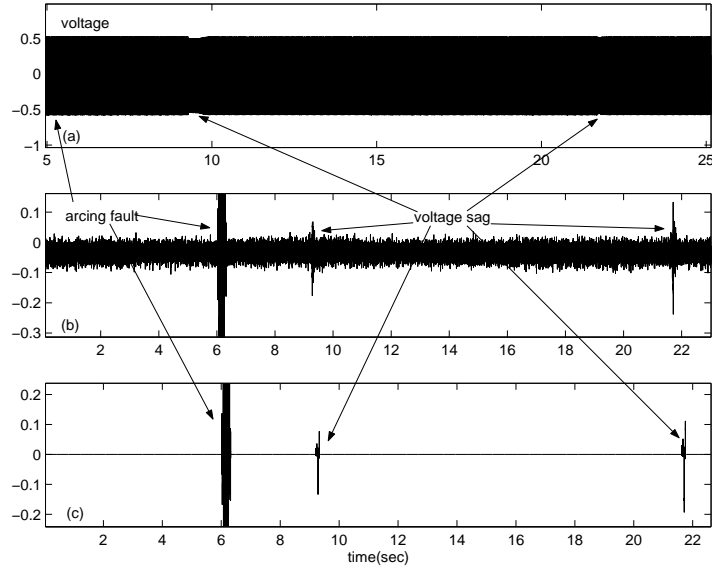
Literatürde kullanılan 1D dalgacık analizindeki sonuçlara benzer bir şekilde, yüksek frekans bileşenine neden olan enerji kalitesi olayları detay görüntülerinde açıkça görülmektedir. Ancak 1D DWT, yüksek frekans oluşturmeyen hata olaylarını tespit edememektedir [1].

Örnek olarak Şekil 3.10'daki ark hatası ve genlik düşümü (voltage sag) olayları içeren veriyi ele alalım. Eğer dikey doğrultuda yüksek geçiren filtre uygulanmış *lh* görüntüsünü incelersek, hem ark hatası hem de genlik düşümü olayı net bir şekilde görülmektedir. Yatay doğrultuda analize karşılık gelen *hl* görüntüsünde ise, daha ziyade ark hatası görülmekte, genlik düşümü olayı

farkedilmemektedir. Bu durum, 1D analizde bu genlik düşümü olayının tespit edilemeyeceği anlamına gelir. Düşük frekanslı (yumuşak geçiş ile oluşmuş) olaylar, 2D gösterimde dikey doğrultuda bariz kenarlar oluşturmaktadır. Bu da dikey doğrultuda yüksek geçiren süzgeçlemenin, bu olayları başarı ile tespit edeceği anlamına gelir. Burada, enerji kalitesi olayı anının tespiti için uygun bir yol olarak 2D-DWT verisinden, yaklaşım görüntüsü olan  $ll$  elimine edilip, kalan sinyaller de temizlendikten (de-noise) sonra 1D sinyalin geri çatılması gerekmektedir.  $ll$  görüntüsünün giderilmesi ile, sinyalin kendine has salınımı ortadan kaldırılmış, sadece hata olaylarına ait verinin bir boyuta geri taşınması sağlanmıştır. Diğer bantlardaki dönüşüm sinyallerinin de temizlenmesi ile, olay'a karşılık gelen sinyal elemanları dışında sıfırdan farklı eleman kalmamaktadır. Bu operasyonlarla elde edilmiş örnek sinyaller Şekil 3.11'de sunulmaktadır. Şekil 3.11'de alt kısımdaki grafikten hata tespiti ve lokalizasyonu yapmak, sadece 0'dan farklı yerlerin işaretlenmesi ile mümkündür. Burada kullanılan örnek sinyal, klasik 1D dalgacık temelli yöntemlerle incelendiğinde genlik düşümü olayları tespit edilememektedir. Oysaki 2D gösterim ve dalgacık dönüşümünde tespit son derece açıktır [2].



Şekil 3.10 Bir seviye 2D-DWT uygulanmış güç sinyali (saat doğrultusunda  $ll$ ,  $lh$ ,  $hh$ , ve  $hl$ )



Şekil 3.11 Yukarıdan aşağıya: Arc hatası ve voltajda genlik düşümü içeren sinyal,  $l_1$  hariç geri çatlıp  $1D$ 'ye dönüşmüş sinyal,  $l_1$  hariç, diğer altbantlar temizlendikten sonra  $1D$ 'ye dönüşmüş sinyal.

Görüntü işleme yöntemleri, özellikle de 2D-DWT, enerji kalitesi olayı analizi açısından klasik tek boyut yöntemlerine nazaran daha başarılı sonuçlar vermiştir. Bu yöntem sayesinde daha önce tek boyutta tespiti çok zor ya da imkansız olan yumuşak geçişli hatalar (örneğin interharmonikler, ya da genlik değişimleri) kolayca tespit edilebilmektedir. Olay verileri ne kadar düşük frekanslı olursa olsun 2D gösterimde yatay çizgilere neden olmaktadır. Dolayısıyla dikey doğrultuda yüksek geçiren süzgeçleme ile bu noktalar kolayca tespit edilebilmektedir. 2D-DWT açısından düşünüldüğünde  $lh$  görüntüsü tipik olarak bu veriye karşılık gelmektedir. Bunun haricinde, sinyalin frekansındaki tek boyutta tespiti zor sapmalar da  $ll$  resmindeki yamulmalar ile açıkça tespit edilebilmektedir [2].

### 3.4. Yöntemlerin Hata Belirleme Başarımları

Geliştirilen ve yukarıda açıklanan yöntemlerin “hepsi” ark hatalarını gerilim düşme ya da yükselme tipi hatalardan tam olarak ayırt edebilmektedir. Yöntemlerin farklılıkları, daha ziyade, ortaya çıkardıkları bilgilerin çeşitliliği ve

zenginliği ile ilgilidir. Örnek olarak, 3.1 bölümünde açıklanan istatistiksel yöntem, sadece ark hataları ve gerilimdeki düşme ve yükselmeleri ayırt edebilmektedir. Oysa ki 3.2’de anlatılan ortak vektör yaklaşımı hata sırasında alınan verileri değerlendirerek sistemin o andaki yük kompozisyonu (harmonik üreten yüklerin bağlı olup olmadığı) hakkında %75 oranında ayırt edici bilgi vermektedir. Bunun yanı sıra, farklı yöntemlerle elde edilmiş öznitelik parametrelerinden hangilerinin daha ayırt edici olduğu ile ilgili bilgiyi de içermektedir. 3.3’de açıklanan görüntü işleme dayalı yöntemin, yukarıda bahsedilen hata tipi ayırt etme dışında önemli özelliklerinden biri, çok uzun zaman diliminde toplanan verilerin bir anda ve açıklayıcı biçimde görselleştirilmesini sağlamasıdır. Bu özelliğin bir diğer yeniliği de, sistem frekansını çok yüksek hassasiyette tespit etmeye olanak sağlamasıdır.

### 3.5. Yöntemlerin İşlemsel Karmaşıklıkları ve Donanım Uygulamaları

Geliştirilen yöntemler işlemsel karmaşıklığın en az olan yöntem yüksek seviyeli istatistiksel parametrelere dayalı yöntemdir. Burada nümerik tahmin değerleri hesaplanarak ikincil (quadratic) sınıflandırıcılar içerisinde işleme tabi tutulmaktadır. Gömülü sistem uygulamasında, *Motorola MC9S12E128* mikrodenetleyicisinin bulunduğu *Adapt9S12EQ128* kartı kullanılmıştır. Bir pencere uzunluğunda sinyal kesitlerinden 4.üncü dereceye kadar yüksek dereceli kümülanları gerçek zamanda hesaplayıp ikincil sınıflandırıcıları 6 boyutlu matrisler ve öznitelik vektörleri üzerinden çarparak işleyebilmektedir.

Ortak vektör yaklaşımli yöntem yukarıda bahsedilen kümülan hesaplarının yanı sıra dalgacık dönüşümü işlemleri de içermektedir. Dolayısı ile bu yöntemin uygulanmasında DSP bir işlemci uygun görülmüştür. Gömülü sistem uygulamasında *Texas Instruments TMS320F28044* işlemcisi bulunan *eZdspF28044* kartı kullanılmıştır.

Geliştirilen yöntemler arasında en yüksek işlem karmaşıklığına ve en fazla tampon hafızaya ihtiyaç duyan yöntem görüntü formundaki “2-boyutlu” yöntemdir. Bu yöntemde verinin “görüntü” olarak hazırlanması için çok sayıda

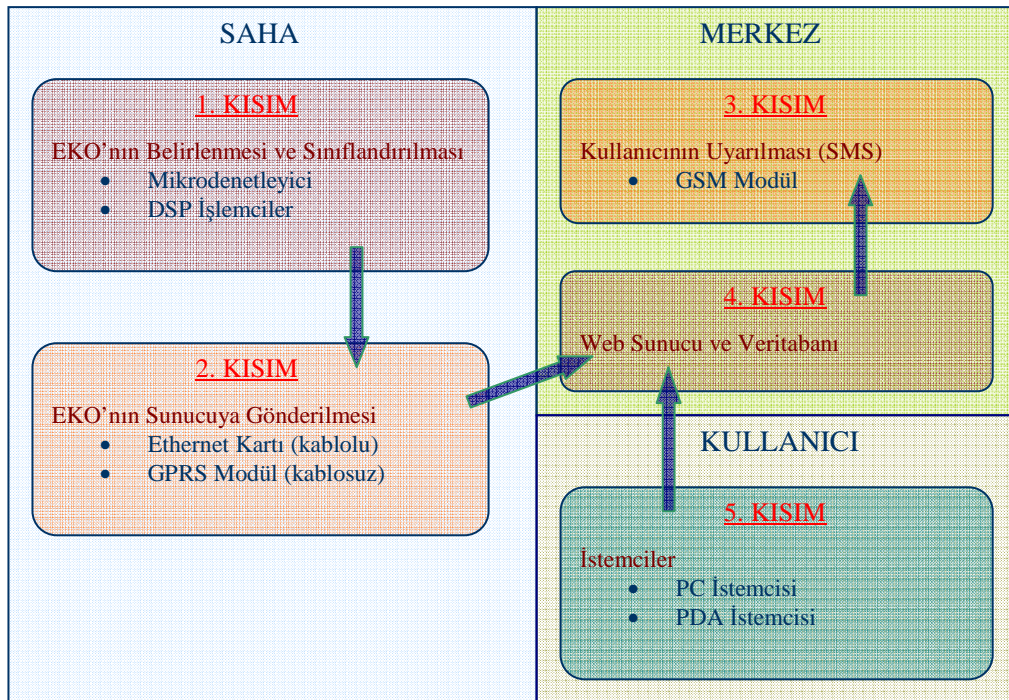


veri örneğinin hafıza içinde depolanması gerekmektedir. Bunun yanı sıra, 2 boyutlu dalgacık dönüşümü ya da süzgeçlemenin yapılması için de ayrıca görüntü hafızalarına ihtiyaç olmaktadır. Tespit ve sınıflandırma işlemlerinin enerji kalitesi olayından çok kısa bir süre sonra yapılabilmesi, bu büyük miktardaki verinin çok hızlı işlenmesi ile mümkün olabilecektir. Bu yöntemin gömülü sistem uygulamasında *Texas Instruments* TMS320F2812 işlemcisi bulunan ve harici RAM bellek eklenmiş olan *eZdspF2812* kartı kullanılmıştır.

## 4. UYGULAMANIN GENEL YAPISI VE DONANIMLAR

### 4.1. Uygulamanın Kısımları

Tez çalışması TÜBİTAK destekli “Enerji Kalitesi Olaylarının Sayısal İşlemci Donanımlarıyla Otomatik Olarak Belirlenmesi, Sınıflandırılması ve Uzaktan İzlenmesi” adlı projenin PC ve PDA tarafında çalışan sunucu ve istemci yazılımları dışında kalan, Enerji Kalitesi Olayları (EKO)’nın belirlenmesini ve sınıflandırılmasını sağlayan algoritmaların mikrodenetleyici ve DSP işlemci kartlarına uygulanmasını, bu kartların çalışması için gerekli ek yazılımların yapılmasını, EKO’nun belirlenip sınıflandırılmasından sonra elde edilen sonuçların web sunucusuna aktarılmasını sağlayan kablolu ve kablosuz donanımların programlanmasını, sunucuya yeni EKO bilgisi geldiğini ilgili kişilere bildiren donanımların programlanmasını kapsamaktadır. Şekil 4.1’de de görüldüğü üzere uygulama üç ana başlık altında toplanan beş kısımdan oluşmaktadır. Bu tez çalışması birinci, ikinci ve üçüncü kısımları kapsamaktadır.



Şekil 4.1 Uygulamanın Kısımları

### 4.1.1. Saha

Saha başlığı altında uygulamanın 1. ve 2. kısımları yer almaktadır. Saha EKO'nun belirlenmesi ve sınıflandırılmasının yapıldığı ve elde edilen bilgilerin web sunucusuna gönderildiği alandır. Bu alan elektrik enerjisinin kullanıldığı her yer olabilir. Fabrika, laboratuvar, ev vb.

#### 1. Kısım

Bu kısımda şebekeden gelen AC elektrik sinyalinin gerilimi bir izolatör yardımı ile düşürülmekte ve sayısal işlemci donanımına bağlanmaktadır. Donanım üzerinde bulunan analog sayısal dönüştürücü (ADC) ile elektrik sinyali örneklenmektedir. Olay belirleme ve sınıflandırma algoritmaları bu donanımlar içerisinde çalışmaktadır. Herhangi bir enerji kalitesi olayının belirlenmesi ve sınıflandırılması sonrasında elde edilen olay bilgileri (gerilim düşmesi, gerilim yükselmesi veya ark hatası) ve o olaya ait dalga şekli 2. kısımda yer alan haberleşme donanımlarına gönderilmektedir.

Bu kısımda *Tectronix A6909* izolatör, *Adapt9S12EQ128* mikrodenetleyici kartı, *Texas Instruments eZdspF28044* ve *eZdspF2812* DSP kartları kullanılmıştır. Yüksek seviyeli istatistiksel parametrelere dayalı yöntem *Adapt9S12EQ12* kartı üzerine, ortak vektör yaklaşımli yöntem *eZdspF28044* kartı üzerine ve görüntü formuna dayalı yöntem ise *eZdspF2812* kartı üzerine uygulanmıştır.

#### 2. Kısım

1. kısımda elde edilen bilgiler bu kısımda yer alan donanımlara aktarılır. bu kısımda yer alan donanımlar aldıkları bu bilgileri internet üzerinden merkezdeki web sunucusuna aktarmaktadırlar. Veri aktarma işlemi kablolu veya kablosuz olarak yapılabilmektedir. Kablolu bağlantı ethernet arayüzü olan bir mikrodenetleyici kartı ile yapılmaktadır. Kart üzerindeki işlemcide bir TCP-IP yazılımı çalışmaktadır. Bu yazılım kullanılarak web sunucusu ile TCP bağlantısı

kurulur ve EKO ile ilgili veriler sunucuya aktarılır. Kablosuz bağlantı ise bir GSM/GPRS modül kullanılarak yapılır. Modül kendisine bağlı bir mikrodenetleyici tarafından gönderilen AT komutları ile kontrol edilir. GPRS kullanılarak internet ortamına girilir ve web sunucusuna bağlanılarak istenilen veriler aktarılır.

Kablolu bağlantı için *Adapt9SI2NE64* Mikrodenetleyici kartı, kablosuz bağlantı için ise *Wavecom Q2501b* Gsm/Gprs modül kullanılmıştır.

#### **4.1.2. Merkez**

Merkez olarak isimlendirilen yer web sunucusunun bulunduğu alandır. Sahadan toplanan veriler internet yolu ile merkezdeki sunucuya aktarılmaktadır. Sunucu gelen verileri veritabanına kaydetmektedir. Kullanıcılar merkezdeki sunucuya bağlanarak istedikleri olay hakkında bilgi alabilmektedirler.

### **3. Kısım**

Bu kısım sunucuya yeni bir olay bilgisinin geldiğini kullanıcıya haber vermek için kullanılmaktadır. Haber verme işlemi SMS ile yapılmaktadır. SMS gönderilmesi için bir GSM modül kullanılmaktadır. GSM modül sunucunun çalıştığı makineye bağlı bulunmaktadır ve sunucu tarafından AT komutları ile kontrol edilmektedir. Yeni bir olay bilgisi sunucuya ulaştığında GSM modülün ilgili kişilere SMS ile haber vermesi sağlanmaktadır.

Donanım olarak *Siemens MC35* Gsm/Gprs modülü kullanılmıştır.

### **4. Kısım**

Web sunucusunun ve ona bağlı bir veritabanının bulunduğu kısımdır. Sunucu saha elemanlarına ve kullanıcı istemcilerine hizmet vermektedir. Sahadan gelen bilgileri veritabanına kaydeder ve kullanıcılara bu bilgileri veri tabanından çekerek gösterir.

Sunucu yazılımını *MS Visual Studio* platformunda *C#* dili kullanılarak yazılmıştır. Veritabanı olarak ise *MSSQL* kullanılmıştır. Uygulamanın bu kısmı diğer proje elemanları tarafından gerçekleştirilmiştir.

#### **4.1.3. Kullanıcı**

Kullanıcı sahadaki EKO'yu izlemek ile sorumlu kişi. Bu kişi sorumlu mühendis, fabrika sahibi veya ev sahibi olabilir. İnternet bağlantısı olan her yerden sunucuya bağlanarak istediği bilgileri elde edebilir.

### **5. Kısım**

Kullanıcı tarafından sunucuya bağlanmak için kullanılan istemcilerden oluşmaktadır. İki çeşit istemci vardır. Birincisi PC istemcisi ikincisi ise PDA istemcisidir. PC veya PDA ile internete bağlanarak sunucuya ulaşabilir ve istenilen enerji kalitesi olayının dalga şekli, olayın çeşidi, ne zaman olduğu görülebilir.

İstemci yazılımları *MS Visual Studio* platformunda *C#* dili kullanılarak yazılmıştır. Uygulamanın bu kısmı diğer proje elemanları tarafından gerçekleştirilmiştir.

### **4.2. Kullanılan Donanımlar**

#### **4.2.1. California Instruments MX30 AC/DC Programlanabilir Güç Kaynağı**

Şekil 4.2'de görülen MX30 sayesinde istenilen özelliklerde şebeke sinyali simüle edilebilmektedir. 220V 50Hz olması gereken şebeke sinyali üzerinde istenilen faz açılarında gerilim yükselmesi, gerilim düşmesi, frekans yükselmesi,

frekans düşmesi vb. çeşitli işlemler yapılabilmektedir. Bu sayede enerji kalitesi olayları istenilen şekilde oluşturulmaktadır.



Şekil 4.2 California Instruments MX30 AC/DC Programlanabilir Güç Kaynağı

#### 4.2.2. Tectronix A6909 İzolatör

220 Volt olan şebeke sinyalinin mikroişlemci tarafından kullanılabilir bir seviyeye getirilmesi için Şekil 4.3'te gösterilen A9606 izolatör kullanılmaktadır.



Şekil 4.3 Tectronix A6909 İzolatör

#### 4.2.3. Adapt9S12EQ128 Mikrodenetleyici Kartı

Üzerinde *Motorola* 9S12E128 mikrodenetleyicisi ve RS232 konnektörü bulunan bir mikrodenetleyici kartıdır (Şekil 4.4). Üzerinde bulunan mikrodenetleyicinin özellikleri aşağıda verilmiş;

- 128 K flash bellek
- 8 K RAM
- PLL ile 25 MHz de çalışabilme
- 10 bit 16 Kanal ADC
- 2 tane 8 bit DAC
- 3 adet 16 bit Timer
- 3 adet SCI (Seri Haberleşme) Portu



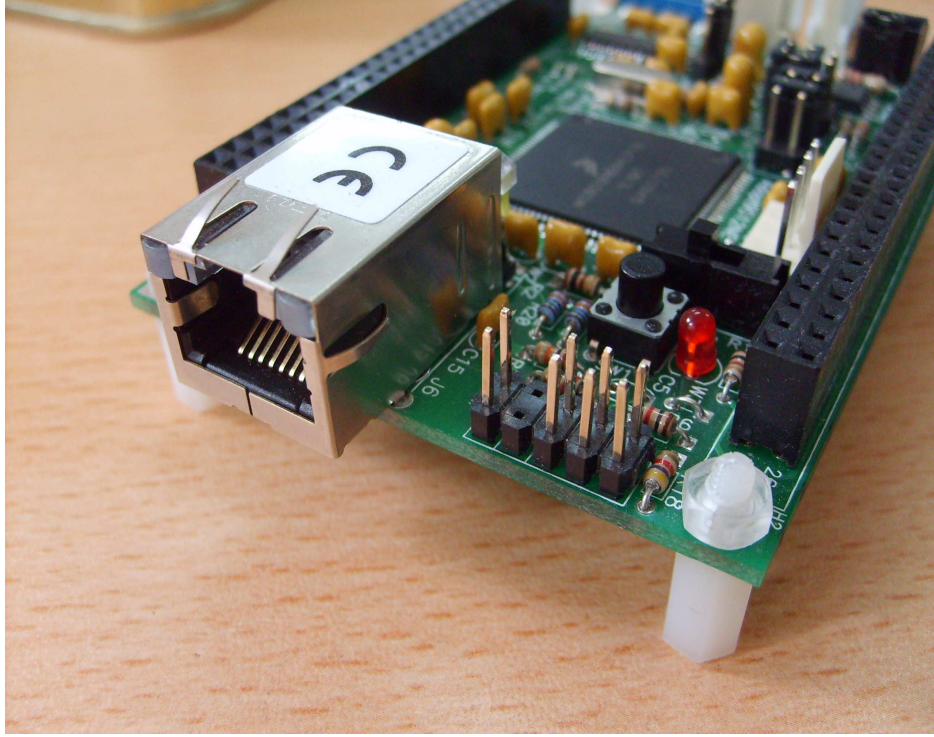
Şekil 4.4 Adapt9S12EQ128 Mikrodenetleyici Kartı

#### 4.2.4. Adapt9S12NE64 Mikrodenetleyici Kartı

Üzerinde *Motorola* 9S12NE64 mikrodenetleyicisi, RS232 ve RJ45 konnektörleri bulunan bir mikrodenetleyici kartıdır (Şekil 4.5). Üzerinde bulunan mikrodenetleyicinin özellikleri aşağıda verilmiş;

- 64 K flash bellek
- 8 K RAM
- PLL ile 25 MHz de çalışabilme

- 10 bit 8 Kanal ADC
- 2 adet SCI (Seri Haberleşme) Portu
- EMAC (Ethernet Media access controller)
- EPHY (Ethernet 10/100 Mbps transceiver)



Şekil 4.5 Adapt9S12NE64 Mikrodenetleyici Kartı

#### 4.2.5. Texas Instruments eZdspF28044 DSP Kartı

Üzerinde *Texas Instruments* F28044 DSP işlemcisi ve RS232 konnektörü bulunan bir DSP işlemcidir (Şekil 4.6). Üzerinde bulunan işlemcinin özellikleri aşağıda verilmiş;

- 100 MHz çalışma frekansı
- 64K x 16 Flash
- 10K x 16 SARAM
- 1K x 16 OTP
- 4K x 16 Boot ROM



- 16 kanal 12-Bit ADC
- SPI (Serial Peripheral Interface) Modülü
- SCI (Serial Communications Interface)
- I2C (Inter-Integrated Circuit) Bus

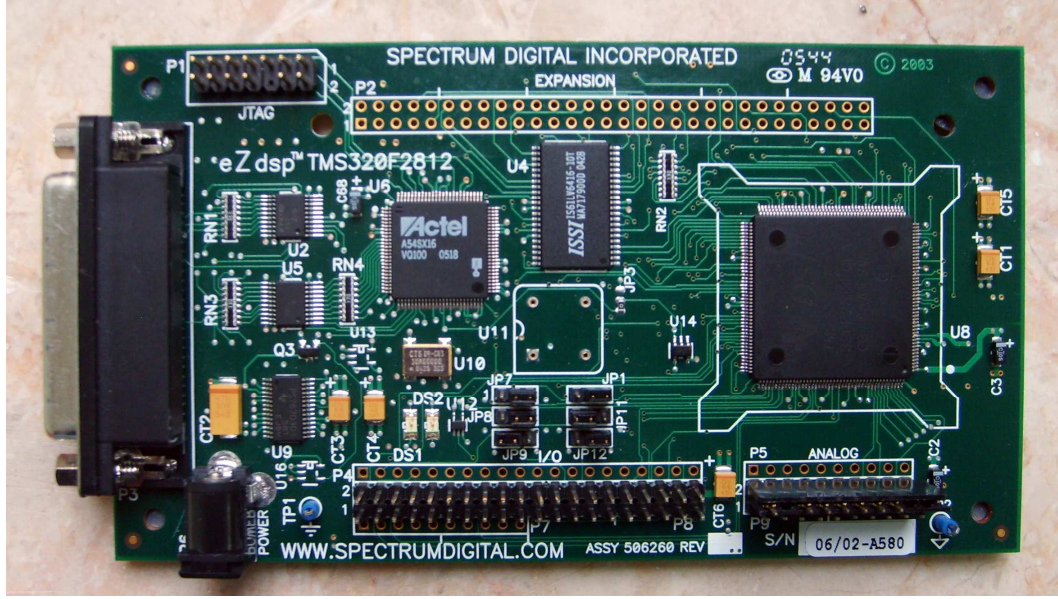


Şekil 4.6 Texas Instruments eZdspF28044 DSP Kartı

#### 4.2.6. Texas Instruments eZdspF2812 DSP Kartı

Üzerinde *Texas Instruments* F2812 DSP işlemcisi ve 128 K RAM bellek bulunan bir DSP işlemcidir (Şekil 4.7). Üzerinde bulunan işlemcinin özellikleri aşağıda verilmiş;

- 150 MHz çalışma frekansı
- 64K Flash
- 18K SARAM
- 4K x 16 Boot ROM
- 16 kanal 12-Bit ADC
- SPI (Serial Peripheral Interface) Modülü
- SCI (Serial Communications Interface)
- I2C (Inter-Integrated Circuit) Bus

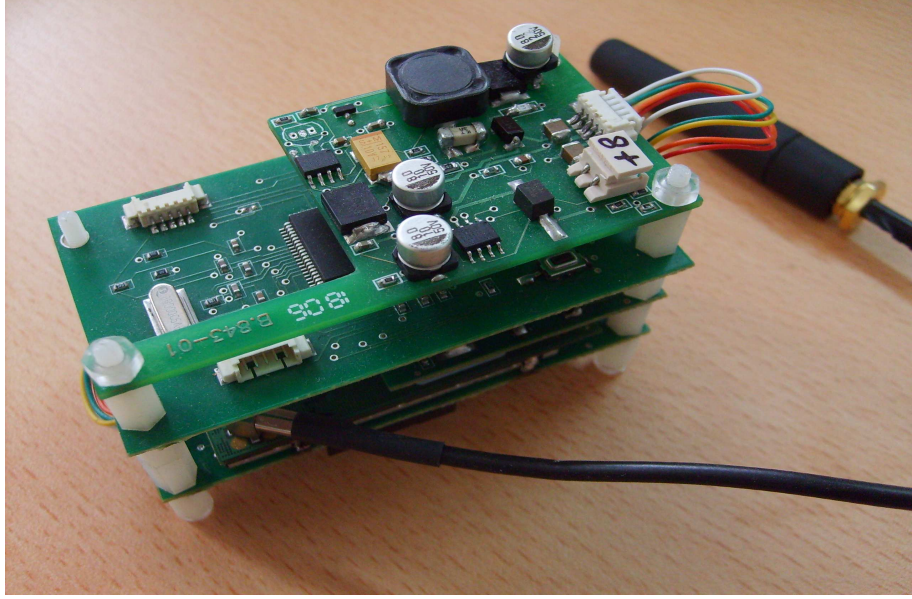


Şekil 4.7 Texas Instruments eZdspF2812 DSP Kartı

#### 4.2.7. Wavcom Q2501b Gsm/Gprs Modül

Q2501b Gsm ve Gprs işlemlerini yerine getirebilmek için üretilmiş bir modüldür (Şekil 4.8). Kontrolü seri port üzerinden gönderilen AT komutları ile yapılmaktadır. Modülün özellikleri aşağıda verilmiştir.

- Dual bant GSM 900/1800
- GPRS Class 10
- 2 SPI bus
- 1 ADC, 1 DAC
- 2 RS-232 seri bağlantı 115.2 Kpbs



Şekil 4.8 Q2501b modülü, güç kartı ve mikrodenetleyici kartı

#### 4.2.8. Siemens MC35 Terminal Gsm/Gprs Modül

MC35 Gsm ve Gprs işlemlerini yerine getirebilmek için üretilmiş bir modüldür (Şekil 4.9). Kontrolü seri port üzerinden gönderilen AT komutları ile yapılmaktadır. Modülün özellikleri aşağıda verilmiştir.

- Dual bant GSM 900/1800
- GPRS Class 8
- Text / Gprs SMS
- RS-232 seri bağlantı 115.2 Kpbs



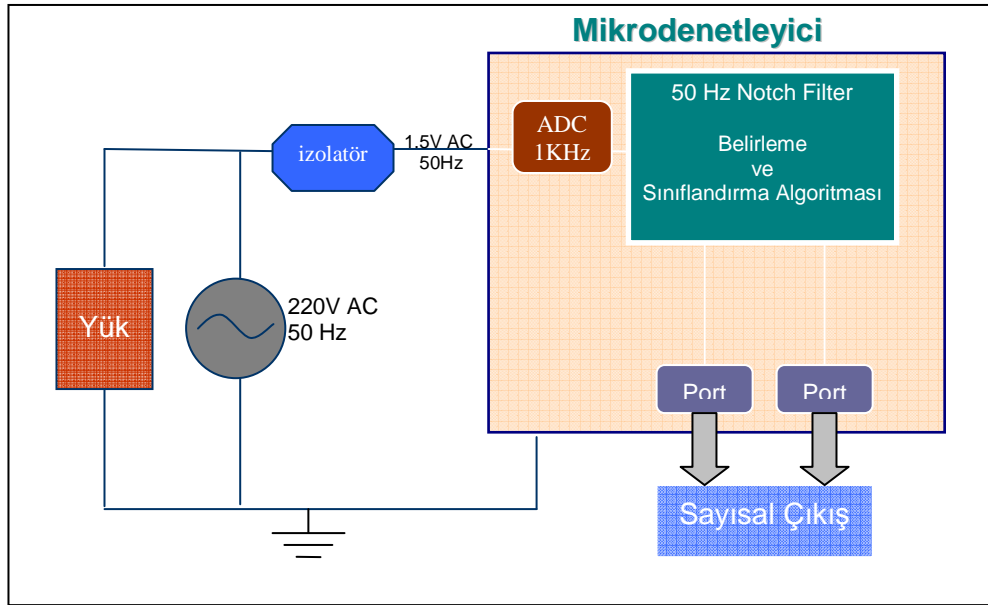
Şekil 4.9. Siemens MC35 Terminal

## 5. YÜKSEK SEVİYELİ İSTATİSTİKSEL PARAMETRELERE DAYALI YÖNTEMİN UYGULANMASI

Mikrodenetleyiciye uygulanacak olan algoritma bilgisayar ortamında test edilmiştir. Dolayısı ile işlemci gücü ve bellek sıkıntısı yaşanmamıştır. Bu uygulamada 16 bitlik işlem yapabilen, 8 MHz ( 24 MHz maksimum ) işlem hızı olan ve 8 Kbayt RAM belleği olan bir mikrodenetleyici kullanılmaktadır. Bundan dolayı mikrodenetleyicinin işlemci hızı ve bellek kapasitesi göz önünde tutularak algoritmanın optimum şekilde uygulanması gerekmektedir.

Bu çalışmada mikrodenetleyici bünyesindeki Analog Sayısal Dönüştürücü (ADC) kullanılmıştır. ADC'nin çalışabilmesi için alt (  $V_{rl}$  ) ve üst (  $V_{rh}$  ) referans voltajlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada kullandığımız referanslar  $V_{rl} = 0V$  ve  $V_{rh} = 5V$  ADC 10 bit ve 8 bit örnekleme seçeneklerine sahiptir. Burada 8 bit örnekleme kullanılmıştır. ADC 2MHz örnekleme yapabilmektedir. ADC'nin örnekleme frekansını 2MHz olarak ayarlanmıştır. ADC 2MHz'lik frekansı ile örneklerini alır ve data registerine kaydeder ve istenilen aralıklarda bu veri okunur. Bu çalışmada şebeke sinyali 1KHz ile örneklenmiştir dolayısı ile 1ms aralıklarla ADC'nin data registerındaki veri okunmaktadır. Sistemin genel yapısı Şekil 5.1'de gösterilmiştir.

Mikrodenetleyici kodları C dilinde yazılmıştır. Yazılım geliştirme ortamı ( IDE ) ve derleyici olarak ICC12 ( *Image Craft IDE* ve *C derleyicisi* ) kullanılmıştır.



Şekil 5.1. Uygulanan Sistemin Genel Blok Şeması

### 5.1. Olay Belirleme Algoritması

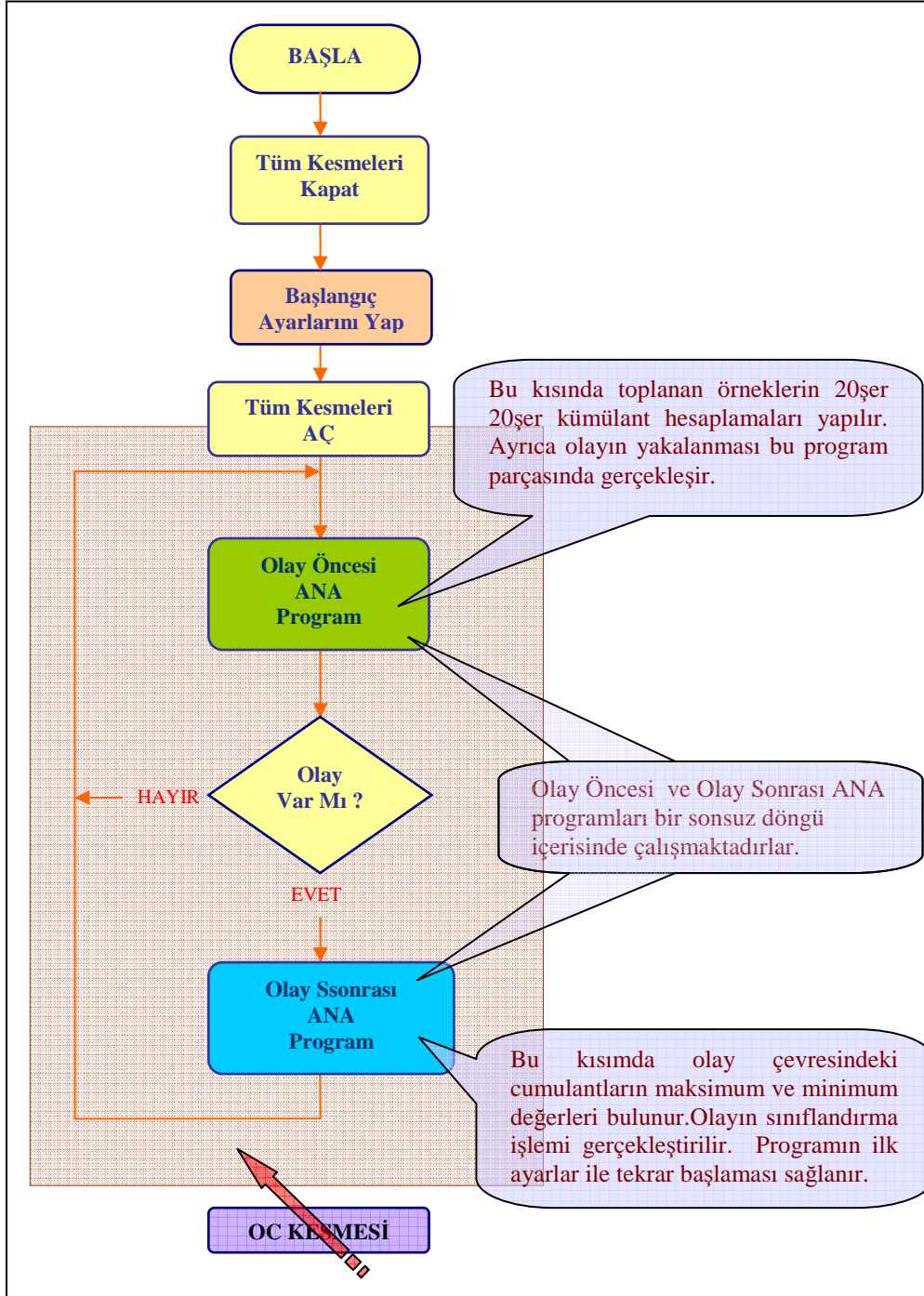
Şebeke sinyalinin örneklenme hızının optimum değeri 1KHz olarak bulunmuştur. 1KHz üzerindeki örneklenme hızlarında toplanan verilerin istenilen zamanda işlenmesinde mikrodenetleyicinin yetersiz kaldığı gözlenmiştir. Yapılan deneyler sonucu 1KHz örneklenme hızının algoritmanın sağlıklı sonuçlar elde etmesi için yeterli olduğu tespit edilmiştir.

ADC'den bir verinin okunma işlemi ( bir adet örnek alma ) periyodik kesmeler ile yapılmaktadır. Dolayısı ile bir örnek alındığında o örnek üzerinde yapılan işlemlerin, veri kaybının olmaması için, bir sonraki örnek okununcaya kadar bitirilmesi gerekmektedir. Bunun sağlanabilmesi için tüm işlemlerde tam sayılar kullanılmıştır. Çünkü mikrodenetleyiciler ondalık sayılar ile işlem yapmak için çok fazla zaman harcarlar. Kesme rutininde yapılan temel iş okunan örneğin 50 Hz notch filtreden geçirilmesi ve filtrelenmiş örneğin karesinin, küpünün ve dördüncü kuvvetinin hesaplanmasıdır.

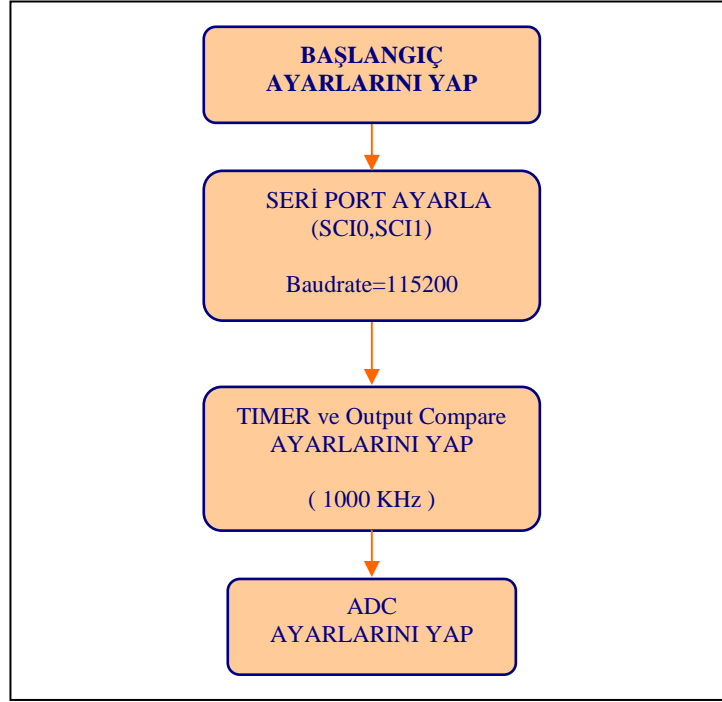
Kümülant hesapları 20 örnek ( 1 periyot) üzerinden yapmaktadır. PC ile çalışılıyor olsaydı 20 tane örnek için hesaplamalar yapıldıktan sonra yeni bir

örnek alınır ve en eski çıkarılarak yeni örnek ile birlikte tekrardan hesaplamalar yapılırdı. Bu şekilde kümülanlar üzerindeki değişiklikler daha ayrıntılı gözlenebilirdi. Ancak bu uygulamada iki örnek toplama zamanında (kesme rutininin sonuna kadarki zamanda) kümülan hesaplamaları yetişmediği için 20 tane örneğin toplanması beklenmektedir. Bu 20 örnek işlenir iken diğer 20 örnek periyodik kesmeler ile toplanmaktadır. Bu şekilde veri kaybı olmamaktadır. Ayrıca yapılan deneyler 20'şer öneklik hesaplamaların doğru sonuçlar elde etmek için yeterli olduğunu göstermektedir.

Aşağıda programın tüm kısımlarının akış diyagramları ve ayrıntılı anlatımları verilmiştir. Tüm programın akış diyagramı ve ayrıntılı açıklamaları Şekil 5.2'de, yapılması gereken ayarlar Şekil 5.3'de, herhangi bir olay olmadan önceki akış diyagramı Şekil 5.4'te, olay gerçekleşikten sonraki akış diyagramı Şekil 5.5'te ve kesme rutininin çalışmasını gösteren akış diyagramı Şekil 5.6'da verilmiştir.

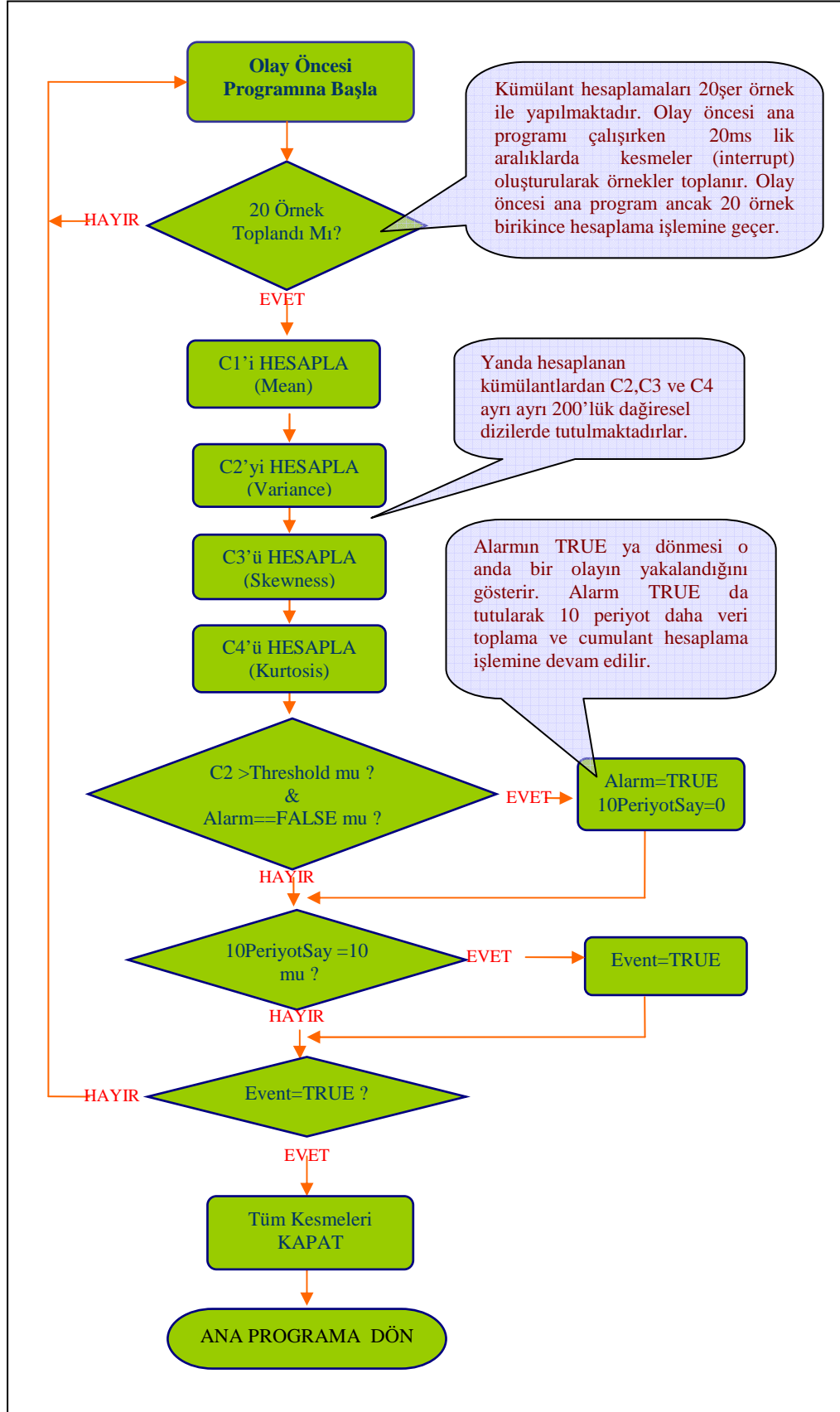


Şekil 5.2 Temel Akış Diyagramı

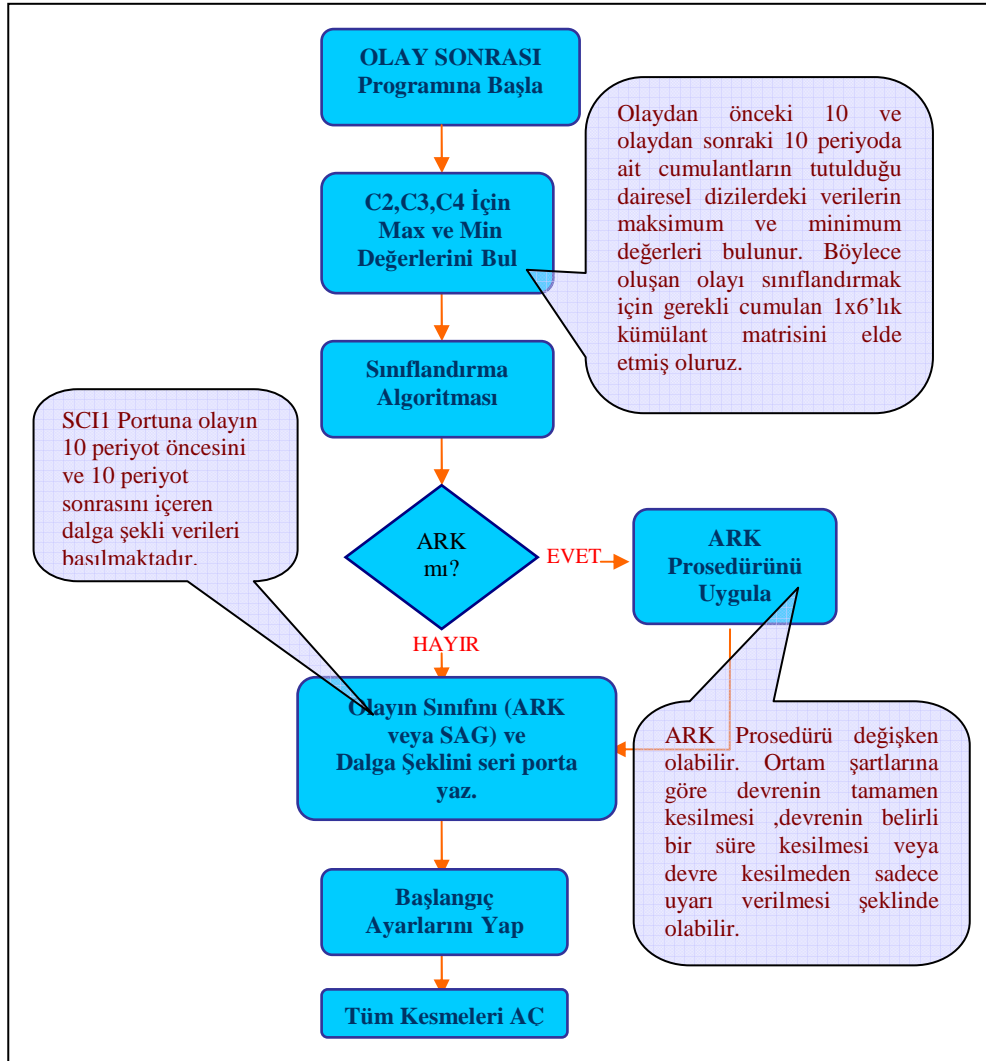


Şekil 5.3 Başlangıç Ayarları Akış Diyagramı

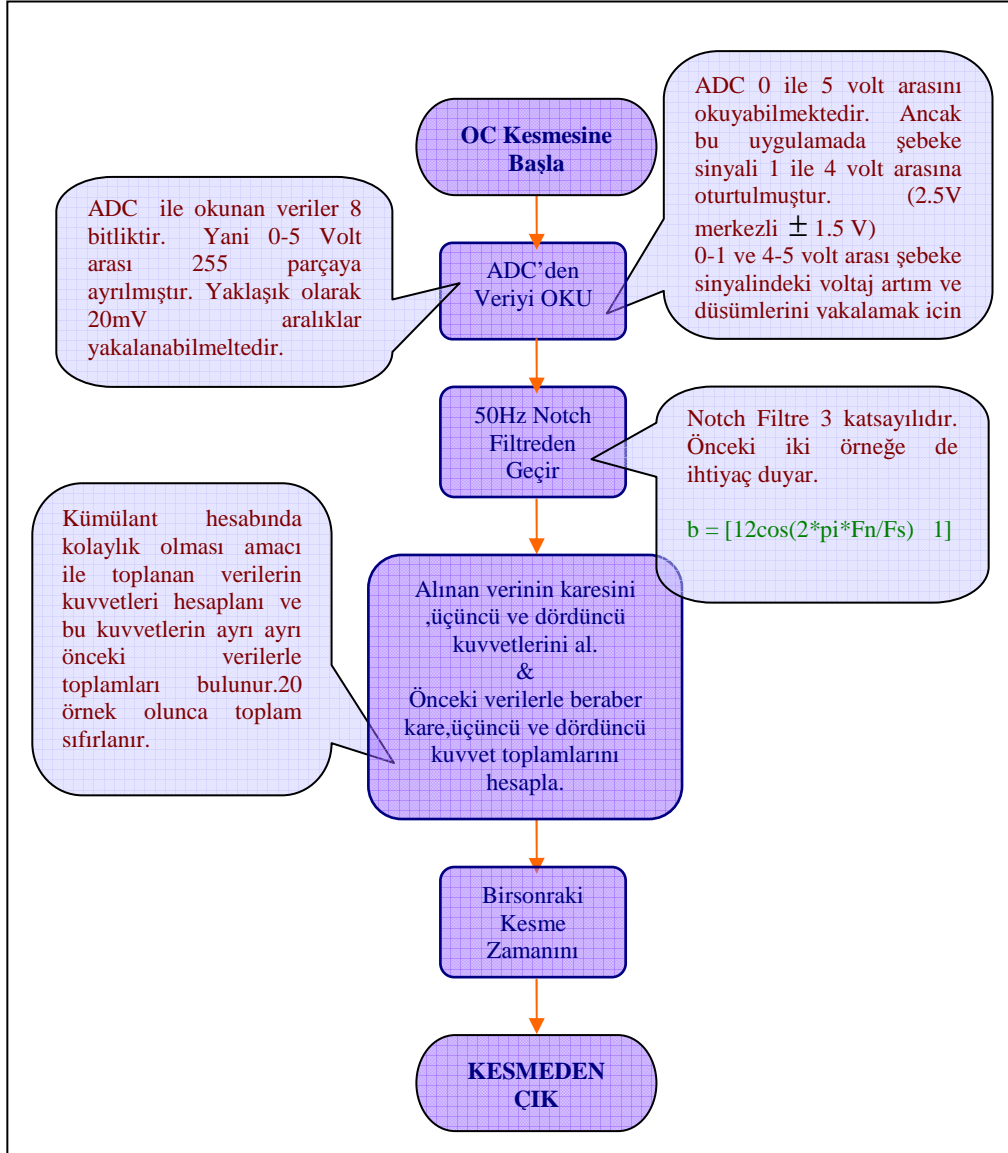




Şekil 5.4 Olay Yakalanmadan Önce Çalışan Programın Akış Diyagramı



Şekil 5.5 Olay Yakalandıktan Sonra Çalışan Programın Akış Diyagramı



Şekil 5.6. Kesme Rutini Akış Diyagramı

## 5.2. Sınıflandırma Algoritması

Sınıflandırma algoritmasının mikrodenetleyiciye uygulanmasından önce veri toplama işleminin yapılması gerekmektedir. Farklı özelliklerde gerilim düşmelerinden ve ark hatalarından oluşan olaylar kaydedilerek sınıflandırma matrisleri oluşturulmaktadır. Bu aşamada yapılan matris işlemlerinde Matlab kullanılmıştır.

1. Verilim düşmesi veri matrisinin oluşturulması için 0 ile 90 derece arasında 5'er derecelik aralıklar ile %25, %40, %75 ve %90'lık gerilim düşmeleri yapılmıştır. Yaklaşık 750 adet farklı gerilim düşmesi kaydedilmiş ve gerilim düşmesi veri matrisi oluşturulmuştur.

$$\begin{array}{r}
 C_{2\min} \quad C_{2\max} \quad C_{3\min} \quad C_{3\max} \quad C_{4\min} \quad C_{4\max} \\
 C_{2\min} \quad C_{2\max} \quad C_{3\min} \quad C_{3\max} \quad C_{4\min} \quad C_{4\max} \\
 C_{2\min} \quad C_{2\max} \quad C_{3\min} \quad C_{3\max} \quad C_{4\min} \quad C_{4\max} \\
 \text{SagData} = \begin{array}{cccccc}
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot
 \end{array}
 \end{array}$$

2. Yukarıdaki matris yardımı ile 1x6'lık Sag\_Mean , 6x6'lık Sag\_Class matrisleri ve Sag\_Det değeri bulunur.

- Sag\_Mean matrisi Sag\_Data matrisinin sütunlarının ortalamasının alınması ile bulunur.

$$\text{SagMean} = [c_{2\min \text{ Mean}} \quad c_{2\max \text{ Mean}} \quad c_{3\min \text{ Mean}} \quad c_{3\max \text{ Mean}} \quad c_{4\min \text{ Mean}} \quad c_{5\max \text{ Mean}} ]$$

- $Sag\_Class$  matrisi  $Sag\_Data$  matrisinin covaryans matrisinin tersi alınarak bulunur.

$$SagClass = \begin{matrix} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix}$$

- $Sag\_Det$  değeri  $Sag\_Data$  matrisinin kovaryans matrisinin determinantıdır.

3. Ark hatası veri matrisinin oluşturulması için farklı rezistif ve endüktif yükler ile yaklaşık 200 adet farklı ark hatası oluşturulmuştur ve kaydedilmiştir.

$$ArcData = \begin{matrix} C_{2min} & C_{2max} & C_{3min} & C_{3max} & C_{4min} & C_{4max} \\ C_{2min} & C_{2max} & C_{3min} & C_{3max} & C_{4min} & C_{4max} \\ C_{2min} & C_{2max} & C_{3min} & C_{3max} & C_{4min} & C_{4max} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix}$$

4. Yukarıdaki matris yardımı ile 1x6'lık Arc\_Mean , 6x6'lık Arc\_Class matrisleri ve Arc\_Det değeri bulunur.

- Arc\_Mean matrisi Arc\_Data matrisinin sütunlarının ortalamasının alınması ile bulunur.

$$ArcMean = [c_{2min Mean} \ c_{2max Mean} \ c_{3min Mean} \ c_{3max Mean} \ c_{4min Mean} \ c_{5max Mean}]$$

- Arc\_Class matrisi Arc\_Data matrisinin covaryans matrisinin tersi alınarak bulunur.

$$ArcClass = \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix}$$

- Arc\_Det değeri Arc\_Data matrisinin covaryans matrisinin determinantıdır.

5. 2. ve 4. aşamada bulunan Sag\_Det ile Arc\_Det değerleri ile Bias değeri hesaplanır.

$$Bias = \frac{\log(SagDet)}{\log(ArcDet)}$$

Herhangi bir olay (ark hatası veya gerilim düşmesi ) yakalandığında F4'teki akış diyagramında da görüldüğü gibi olay çevresindeki ( olay öncesi 10 ve olay sonrası 10 periyot) C2, C3 ve C4 değerlerinin maksimum ve minimum olanları seçilerek 1x6'lık bir kümülant matrisi oluşturulur.

$$e = [C_{2\min} \quad C_{2\max} \quad C_{3\min} \quad C_{3\max} \quad C_{4\min} \quad C_{4\max}]$$

Olayın yakalanması sonucu elde edilen kümülant matrisi, Sag\_Mean, Sag\_Class, Arc\_Mean, Arc\_Class matrisleri ve Bias değeri kullanılarak mikrodenetleyici tarafından bir R değeri hesaplanır.

$$R = (e - SagMean) \times SagClass \times (e - SagMean)^T - (e - ArcMean) \times ArcClass \times (e - ArcMean)^T + Bias$$

Hesaplanan R değeri sıfırdan büyük çıkarsa olay ark hatası, sıfırdan küçük çıkarsa olay gerilim düşmesi olarak belirlenir.

**Eğer  $R < 0$  olay Gerilim Düşmesi**

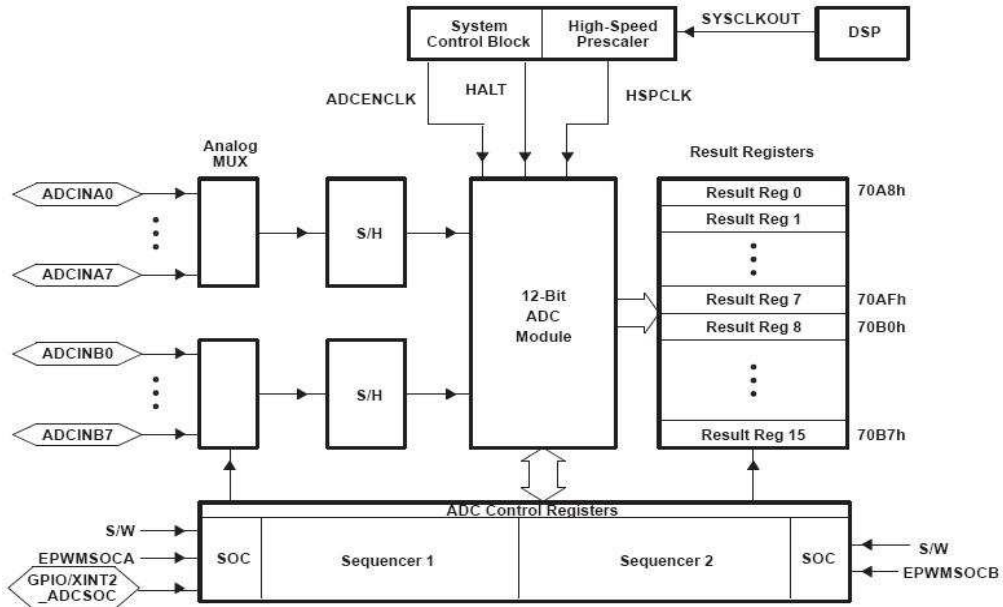
**Eğer  $R > 0$  olay Ark Hatası**

## 6. ORTAK VEKTÖR YAKLAŞIMLI YÖNTEMİN UYGULANMASI

Uygulamada üzerinde Texas Instruments C2000 serisi TMS320F28044 işlemcisi bulunan ve Spectrum Digital firması tarafından üretilen eZDSPF28044 DSP Kartı kullanılmıştır.

ADC Modülü TMS320F28044 işlemci çipi dahilinde bulunan 12 bit analog sayısal dönüştürücü ve bir sample-and-hold (S/H) devresinden oluşmaktadır. ADC modülün özellikleri ve blok şeması (Şekil 6.1) aşağıda verilmiştir.

- 12 bit ADC çekirdeği.
- 0.0V ile 3.0V arasında analog voltaj girişi.
- 25-MHz ADC saat frekansında 80 ns dönüşüm hızı.



Şekil 6.1 ADC Modül Blok Şeması

Yazılım geliştirme ortamı olarak *Texas Instruments Code Composer Studio* kullanılmıştır. Bu platform dahilinde C derleyicisi, assembler, linker, debugger bulunmaktadır. Bu sayede C dilinde yazılan kodlar *Code Composer*



*Studio* ortamında derlenip asamble dosyaları ve makina kodları oluşturularak işlemciye yüklenebilmekte ve gerçek zamanlı debug işlemi yapılabilmektedir.

Ortak Vektör Algoritmasının içerisinde 50 Hz notch filtre bulunmaktadır. Bu filtrenin tasarım aşamasında *Matlab* kullanılmıştır. Ayrıca Ortak Vektör Sınıflayıcısının öğrenme aşamasında toplanan verilerin değerlendirilmesi ve sınıflama matrislerinin oluşturulması işlemler içinde de *Matlab* ortamı kullanılmıştır.

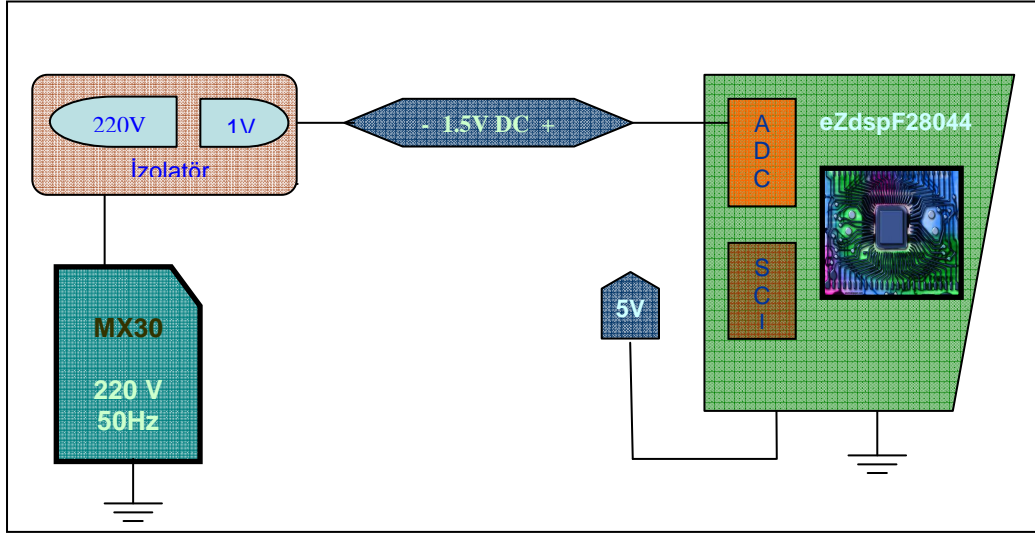
### **6.1. Donanım Yapısı ve Algoritmanın Uygulanması**

Ortak Vektör Yaklaşımlı enerji kalitesi olayları sınıflandırma algoritmasının çalıştırılabilmesi için kullanılan sistemin blok şekli Şekil 6.2’de verilmiştir.

MX30 Güç Kaynağı AC 220V ve 50Hz olacak şekilde bir sinüsoidal sinyal üretmesi için ayarlanmıştır. Bu uygulamada sistemin tek fazı kullanılmıştır.

Üretilen sinyal izolatör tarafından AC 1V seviyesine çekilmektedir. +1 V ile -1V arasında salınan sinyalin negatif kısmının kaldırılması amacı ile izolatörün çıkışına 1.5V DC offset eklenmektedir. Eklenen DC offset sonrası sinyalin 0.5 V ile 2.5 V arasında salınması sağlanmıştır. ADC’nin 0-3 V aralığına duyarlı olduğu düşünülürse 0.5 V’luk bir gerilim yükselme payı bırakılmıştır. Kurulan sistemin blok şeması Şekil 6.2’de gösterilmiştir.

İstenilen aralığa çekilen sinyal analog digital dönüştürücüye (ADC) bağlanarak dijital değerlere çevrilmekte ve DPS işlemci tarafından kullanılmaktadır.



Şekil 6.2 Uygulama Donanım Blok Şeması

ADC tarafından alınan sinyal 2 KHz ile örneklenmektedir. ADC'nin çözünürlüğü 8 bit olarak ayarlanmıştır. Dolayısıyla örneklenen sinüs dalgası 0 ile 255 arasında değişen tam sayılar ile ifade edilmiş olur.

ADC tarafından işlemciye aktarılan sinyal ilk önce 50Hz notch filtreden geçirilir. Filtrelenmiş sinyalin belirli bir pencere aralığında (1 periyot) sürekli olarak ikinci (variance), üçüncü (skewness) ve dördüncü (kurtosis) derece kümülanları hesaplanmakta ve ikinci kümülant için konan eşik değerinin aşılıp aşılmadığına bakılmaktadır. Bu eşik değerinin aşılması bir enerji kalitesi olayının gerçekleştiği anlamına gelir. Bu aşamadan sonra bu olayın sınıflandırılabilmesi için gereken değerler bulunur. Bu değerler daha önce hesaplanan kümülanların (variance, skewness, kurtosis) olay çevresindeki maksimum ve minimum değerleri ve filtrelenmemiş sinyalin olay çevresindeki üç seviye dalgacık dönüşümü sonucu oluşan detay sinyallerinin maksimum ve minimum değerleridir.

Yukarıdaki bölümden de anlaşıldığı üzere enerji kalitesi olayının yakalanması sonrası olay çevresindeki filtrelenmemiş sinyale bir dalgacık dönüşümü uygulanmaktadır. Bu dönüşüm sonrası bulunan değerler ve önceden hesaplanan kümülant değerleri bir vektör haline getirilerek o olayın sınıflandırılabilmesi için gerekli veri oluşturulmuş olur. Oluşturulan olay vektörü sınıflandırma fonksiyonuna sokularak olayın hangi sınıfa (voltage sag, voltage swell, arcing fault) ait olduğu belirlenir.

### 6.1.1. Filtre Tasarımı ve Uygulanması

Şebeke sinyali herhangi bir enerji kalitesi bozucu olay gerçekleşmediği zamanlarda 50Hz'lik bir salınımda bulunmaktadır. Ancak herhangi bir olay gerçekleştiğinde zaman 50Hz'den sapmaktadır. Bu nedenle şebeke sinyalini 50Hz notch filtreden geçirir ise olay esnasındaki sinyal filtre tarafından bastırılmayacağı için olay yakalanabilmekte ve sinyal gözlenebilmektedir.

Tasarlanan filtre ikinci dereceden IIR 50Hz notch filtredir. Filtre katsayılarının oluşturulabilmesi için *Matlab* kullanılmıştır.

#### 6.1.1.1 Filtre Tasarımı

İkinci dereceden bir IIR filtre aşağıdaki şekilde ifade edilebilmektedir.

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}} \quad (6.1)$$

Buradaki  $H(z)$  transfer fonksiyonudur. Şekil 6.3'te filtre katsayılarının oluşturulması için kullanılan Matlab programı verilmiştir.

```

*****
*[num,den] = iirnotch(w0,bw)
*
* Turns a digital notching filter with the notch located at w0
* and with the bandwidth at the -3 dB point set to bw.
* To design the filter, w0 must meet the condition 0.0 < w0 < 1.0
* where 1.0 corresponds to radians per sample in the frequency range.
*
* The quality factor (Q factor) q for the filter is related to the
* filter bandwidth by q = 0/bw where 0 is w0, the frequency
* to remove from the signal.
*****

fs = 2000      % Örnekleme Frekansı
fn = 50       % Filtrelenmek İstenen Frekan
wo = fn/(fs/2);
bw = wo/(5);
[b,a] = iirnotch(wo,bw);

```

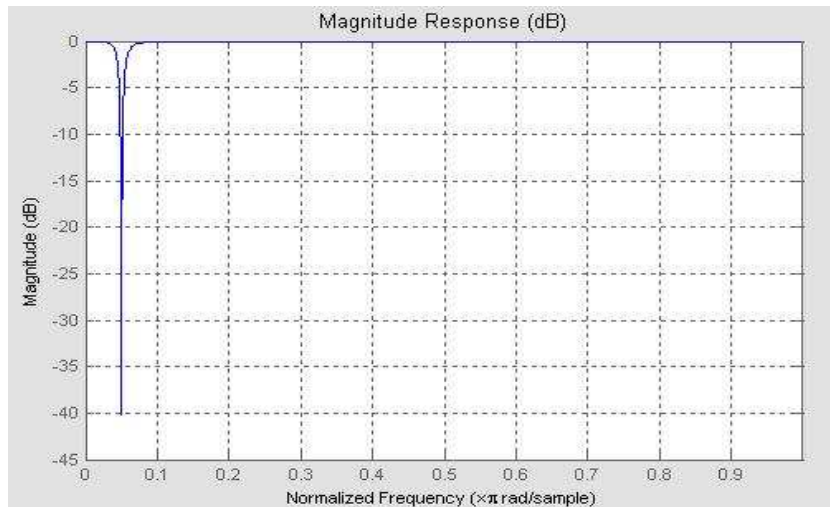
Şekil 6.3 İkinci Dereceden IIR 50Hz Notch Filtre için Matlab Kodu

Filtre katsayıları aşağıdaki gibidir;

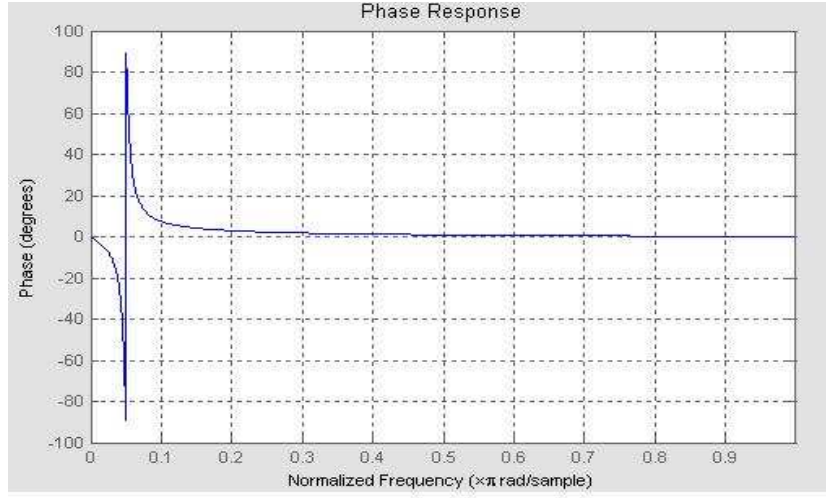
$$a = [ 1 \quad -1,9448 \quad 0,96907 ]$$

$$b = [ 0,98453 \quad -1,9448 \quad 0,98453 ]$$

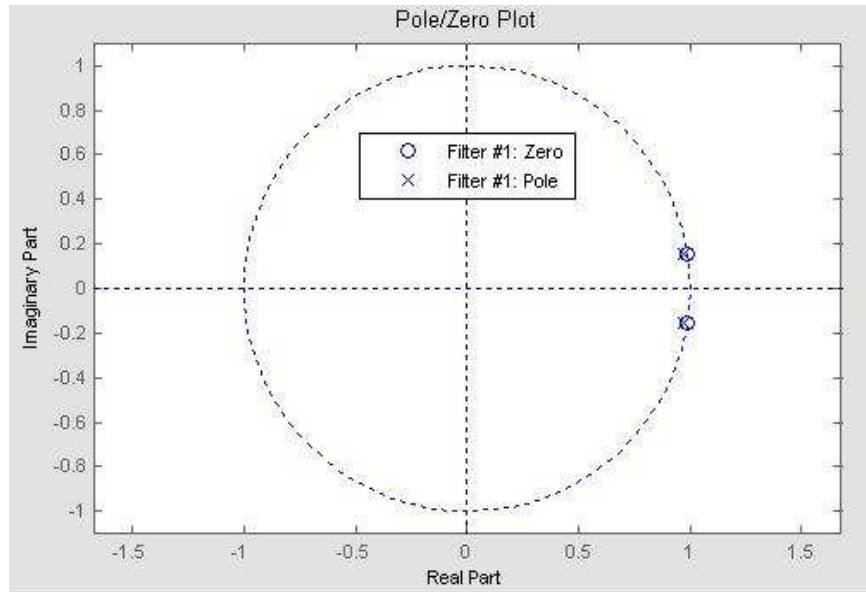
Filtre karakteristiğini gösteren çizimler aşağıda verilmiştir. (Şekil 6.4, Şekil 6.5 ve Şekil 6.6)



Şekil 6.4 IIR Filtrenin Genlik Tepkisi



Şekil 6.5 IIR Filtrenin Faz Tepkisi



Şekil 6.6 IIR Filtrenin Zero-Pole Çizimi

### 6.1.1.2 Filtrenin Uygulanması

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}$$

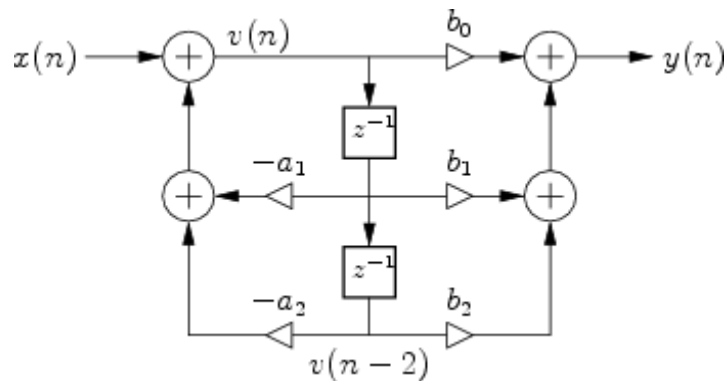
Transfer fonksiyonu yukarıdaki şekilde ifade edilen ikinci dereceden IIR filtrenin  $a_0$  katsayısı sürekli olarak 1.000 dir. Bu filtrenin 16 bitlik sabit noktalı işlemcide ( fixed point processor) uygulanabilmesi için 32767 sayısı 1.000'ı ifade etmek için kullanılmıştır. Ayrıca filtrenin  $b_1$  ve  $a_1$  katsayıları 2.000 ile -2.000 arasında değerler aldığı için filtre uygulamasında  $b_1$  ve  $a_1$  yerine  $b_1/2$  ve  $a_1/2$  kullanılmıştır.

1.000 yerine 32767 kullanıldığı için tüm filtre katsayıları 32767 ile çarpılmıştır. Çarpma sonucu oluşan katsayılar aşağıda verilmiştir.

$$B_0 = 32260 \quad B_1 = -31863 * 2 \quad B_2 = 32260$$

$$A_0 = 32767 \quad A_1 = -31863 * 2 \quad A_2 = 31753$$

Katsayıların bulunmasından sonra filtrenin DSP işlemcide uygulanabilmesi için çeşitli formlar kullanılabilir (Direct Form I, Direct Form II, Direct Form II Transposed vb). Bu filtre uygulamasında Şekil 6.7'de gösterilen direct form II kullanılmıştır.

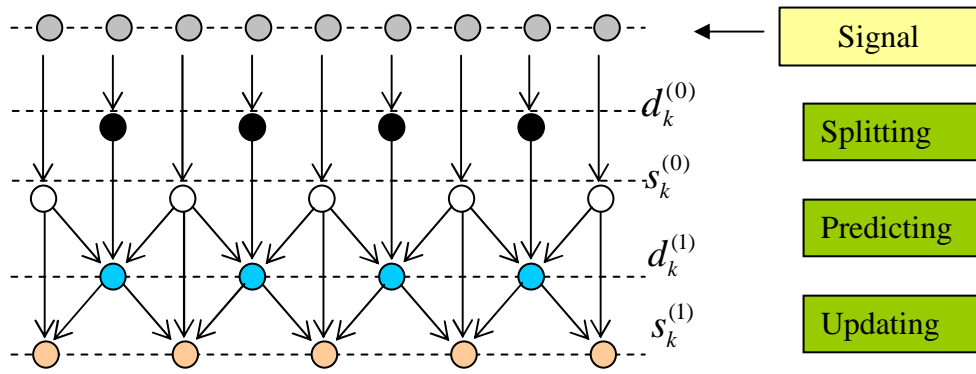


Şekil 6.7 İkinci Dereceden IIR Filtrenin Direct Form II ile Uygulanması

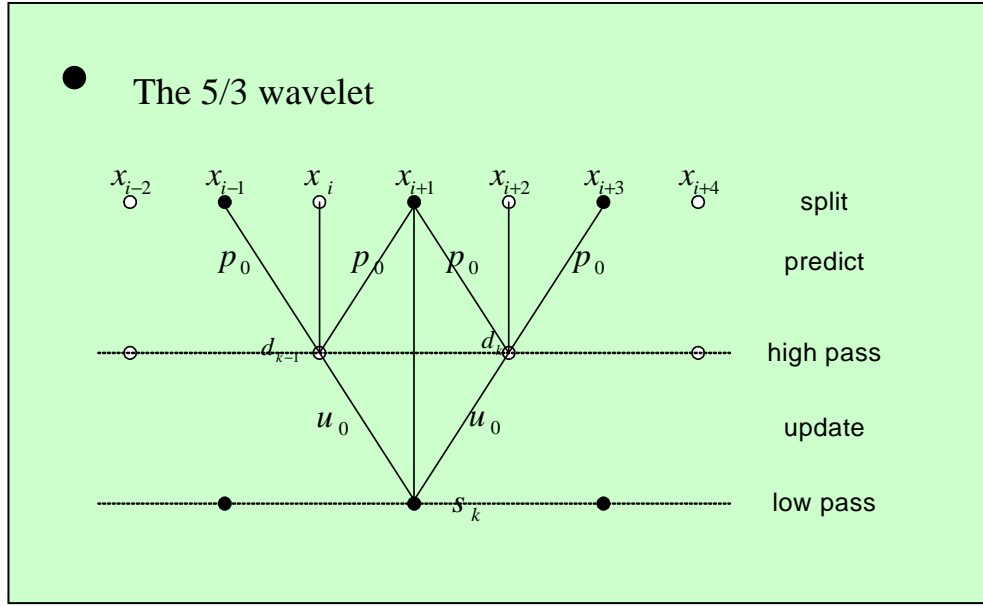
### 6.1.2 Dalgacık Dönüşümü ve Uygulanması

Ortak Vektör sınıflandırma algoritması içerisinde bir olay çevresindeki lokal dalgacık dönüşümünün maksimum ve minimum değerleri kullanılmaktadır. Dolayısı ile bir olay yakalandıktan sonra olay öncesi ve sonrası kapsayan sinyal parçasının dalgacık dönüşümünün alınması gerekmektedir. Bu amaçla bir 1-D dalgacık fonksiyonu yazılmıştır. Dalgacık dönüşümü olarak Daubechies 5/3 dalgacık dönüşümü kullanılmıştır.

Bahsedilen Daubechies 5/3 dalgacık dönüşümünün uygulanması için Şekil 6.8'de gösterilen lifting yöntemi kullanılmıştır. Aşağıdaki şekillerde yöntemin nasıl uygulandığı gösterilmektedir.



Şekil 6.8. Dalgacık Dönüşümü için Lifting Yöntemi



Şekil 6.9 5/3 Dalgacık Dönüşümü için Lifting Şeması

Yukarıdaki Şekil 6.9'da gösterildiği gibi bir  $x_i$  sinyali için alçak frekans bileşenleri  $s_k$  ve yüksek frekans bileşenleri  $d_k$  denklemleri şu şekilde oluşur;

$$d_k = x_{i+1} - \frac{1}{12}(x_i + x_{i+2}) \quad (6.2)$$

$$s_k = x_i + \frac{1}{4}(d_{k-1} + d_k) \quad (6.3)$$

Yukarıda gösterilen denklemler sabit noktalı bir işlemci için bir fonksiyon haline getirilmiştir. Fonksiyona  $x[n]$  sinyali ve  $x[n]$  sinyalinin boyutu verilerek yüksek frekans bileşenlerden oluşan  $d[n]$  ile alçak frekans bileşenlerinden oluşan  $s[n]$  sinyali bulunmuş olur.

### 6.1.3. Ortak Vektör Yaklaşımli Sınıflandırıcının Oluşturulması

Ortak Vektör Yaklaşımı ( OVY ), her sınıfa ait verilerden üretilen kovaryansların ayrı ayrı ele alınarak üretilmiş bir sınıflandırıcıdır.



Sınıflandırıcının kovaryans verisini çıkarma işleminden itibaren aşamaları şu şekildedir:

- Her sınıfın (bizim durumumuz için 3 tip sınıf mevcuttur) kovaryansına  $\mathbf{C}_i$  diyelim.
- Kovaryansların her birinin özdeğer ve özvektörleri  $c_{i,k}$  ve  $\mathbf{v}_{i,k}$  olacaktır.
- Özdeğer karşılığı sıfır (ya da küçük) olan özvektörler sıralanarak bir “dönüşüm” oluşturulur:

$$\mathbf{P}_i = \begin{bmatrix} \uparrow & \uparrow & \dots & \uparrow \\ v_{i,1} & v_{i,2} & \dots & v_{i,L} \\ \downarrow & \downarrow & & \downarrow \end{bmatrix}_{N \times L} \cdot \begin{bmatrix} \uparrow & \uparrow & & \uparrow \\ v_{i,1} & v_{i,2} & \dots & v_{i,L} \\ \downarrow & \downarrow & & \downarrow \end{bmatrix}_{L \times N}^T \quad (6.4)$$

- Bu sınıfa ait OVY projeksiyonu şu şekilde tanımlanır:

$$y = \mathbf{P}_i (x - \mu_i) \quad (6.5)$$

- Elde edilen ifade (y), x verisi hangi i sınıfına aitse o i değerinde “en düşük” olur. Bu şekilde x verisi sınıflandırılır.
- Ortaya çıkan yapı, ünlü KLT yaklaşımının topluca uygulanma yerine, yaklaşımın ters açıdan ele alınarak her sınıf için tek tek uygulanması anlamına gelmektedir.

Enerji kalitesi olayları için OVY yönteminin kullanılmasında, veri olarak olayı içeren pencere dahilinde

1. Yüksek dereceli istatistiksel parametreler
2. Dalgacık dönüşümüne bağlı parametreler

Değerleri bir vektör haline getirilerek kullanılmıştır.

OVY’deki ilk temel unsur, küçük özdeğerli özvektörlerin bulunmasıdır.

OVY’nin kullanıldığı sınıflandırıcıda sınıflandırma işlemleri üç sınıf için tanımlanmıştır. Bunlardan birincisi gerilim düşmesi ( Voltage Sag ), ikincisi

gerilim yükselmesi (Voltage Swell) ve üçüncüsü ise ark hatası (Arcing Fault)'dır. Sınıflandırıcının oluşturulabilmesi için her bir sınıf için ayrı ayrı veriler toplanmıştır. Bu veriler o olaya (sınıfa) ait yüksek dereceli istatistiksel parametreleri ve dalgacık dönüşümüne bağlı parametreleri içermektedir.

Bu aşamada 1.sınıf için farklı oranlarda ve derecelerde 390 adet olay, 2.sınıf için farklı oranlarda ve derecelerde 285 adet olay ve 3. sınıf için ise farklı endüktif ve rezistif yükler altında 50 adet olay oluşturulmuş ve her bir sınıf için ayrı ayrı verileri toplanmıştır. Toplanan bu veriler sonrası her bir sınıf için  $12 \times N$  'lik bir veri matrisi elde etmiş oluyoruz. Önce bu matrislerin kovaryans matrisleri bulunur daha sonra kovaryans matrislerinin özdeğerleri ve bu özdeğerlere karşılık gelen özdeğer vektörleri hesaplanır. Özdeğerlerden sıfıra yakın olan yeterli miktardaki özvektör alınarak bir matrisi oluşturulur. Elde edilen matrisin evriği ile çarpımı bide sınıflandırma işleminde kullanacağımız dönüşüm matrisini verir. Bu işlemler sonrasında her bir sınıf için  $12 \times 12$ 'lik bir dönüşüm matrisi elde etmiş oluyoruz.

Herhangi bir olay yakalandığında o olaya ait bilgileri içeren vektöre her bir sınıfa ait dönüşüm uygulanır. Elde edilen sonuç vektörlerinin normları bulunur. En küçük değer elde edildiği dönüşümün sınıfı o olayın bulunduğu sınıfı gösterir.

## **6.2. Programın Bölümleri ve Akış Şemaları**

Uygulama yazılımını iki aşamada inceleyebiliriz kümülan hesaplamalarını yapıldığı ve olayın yakalandığı sonsuz döngüde çalışan Ana Program Kısmı ve bu sonsuz döngüyü keserek örnekleme ve filtreleme işlemlerini gerçekleştiren Kesme Rutini.

### **Ana Program ve Sonsuz Döngü**

Ana programı kendi içerisinde iki kısımdan oluşmaktadır. Birincisi sistem ayarlarının yapılması sonrası bir sonsuz döngü içerisinde sürekli tekrarlanan ve

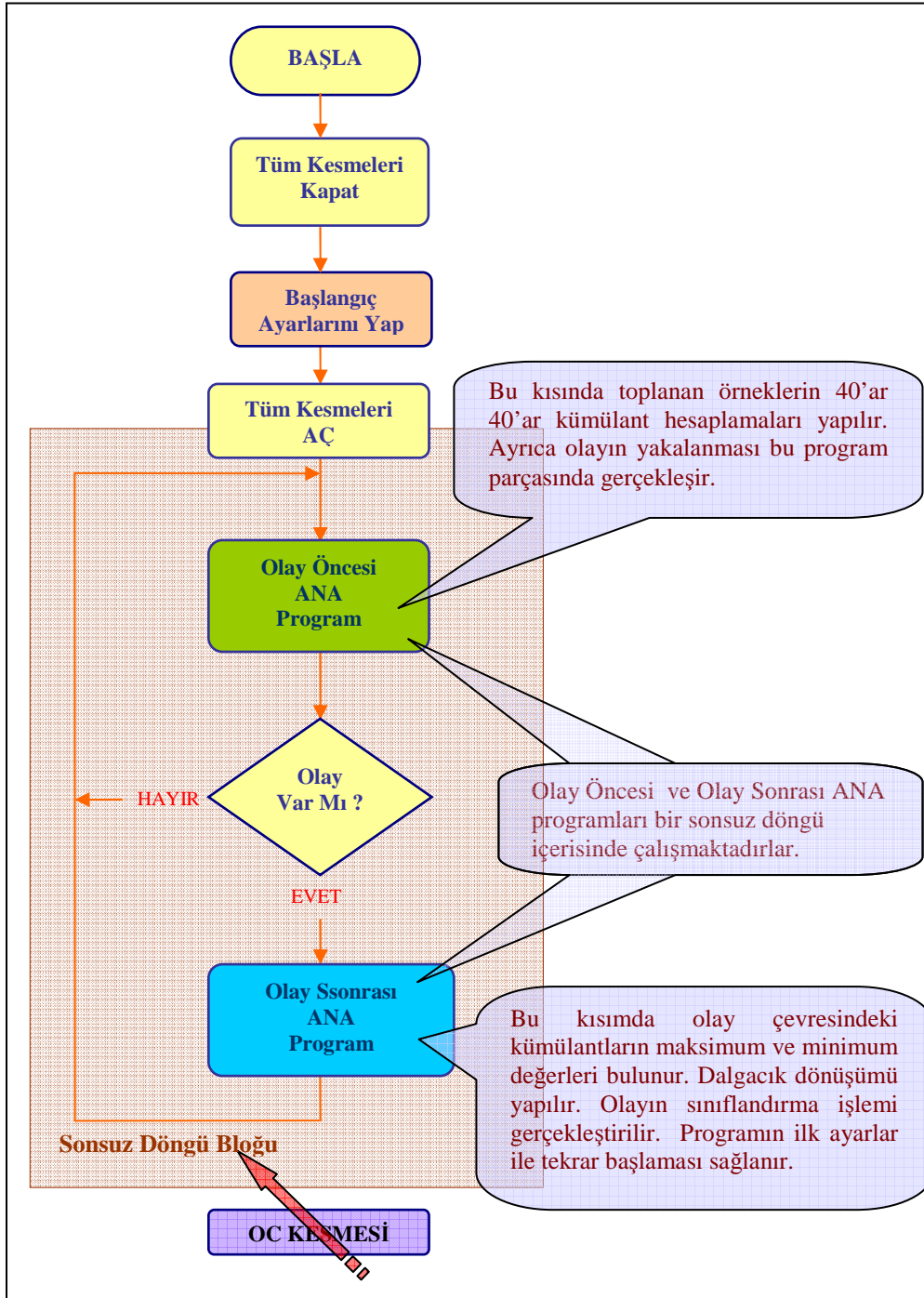
olay denetimi yapan Olay Öncesi Ana Program ve Olay Yakalanma işlemi sonrası bir defa çalışan Olay Sonrası Ana Program.

Olay Öncesi Ana Program kesme rutini tarafından gönderilen filtrelenmiş sinyalin kümülant değerlerini (variance, skewness, kurtosis) hesaplar ve varyans değerine göre bir olay oluşup oluşmadığını kontrol eder. Bir olayın yakalanması sonrasında kısa 6 periyot boyunca veri toplama işlemi gerçekleştirir ve sonsuz döngüden çıkarak Olay Sonrası Programa verilerin aktarır.

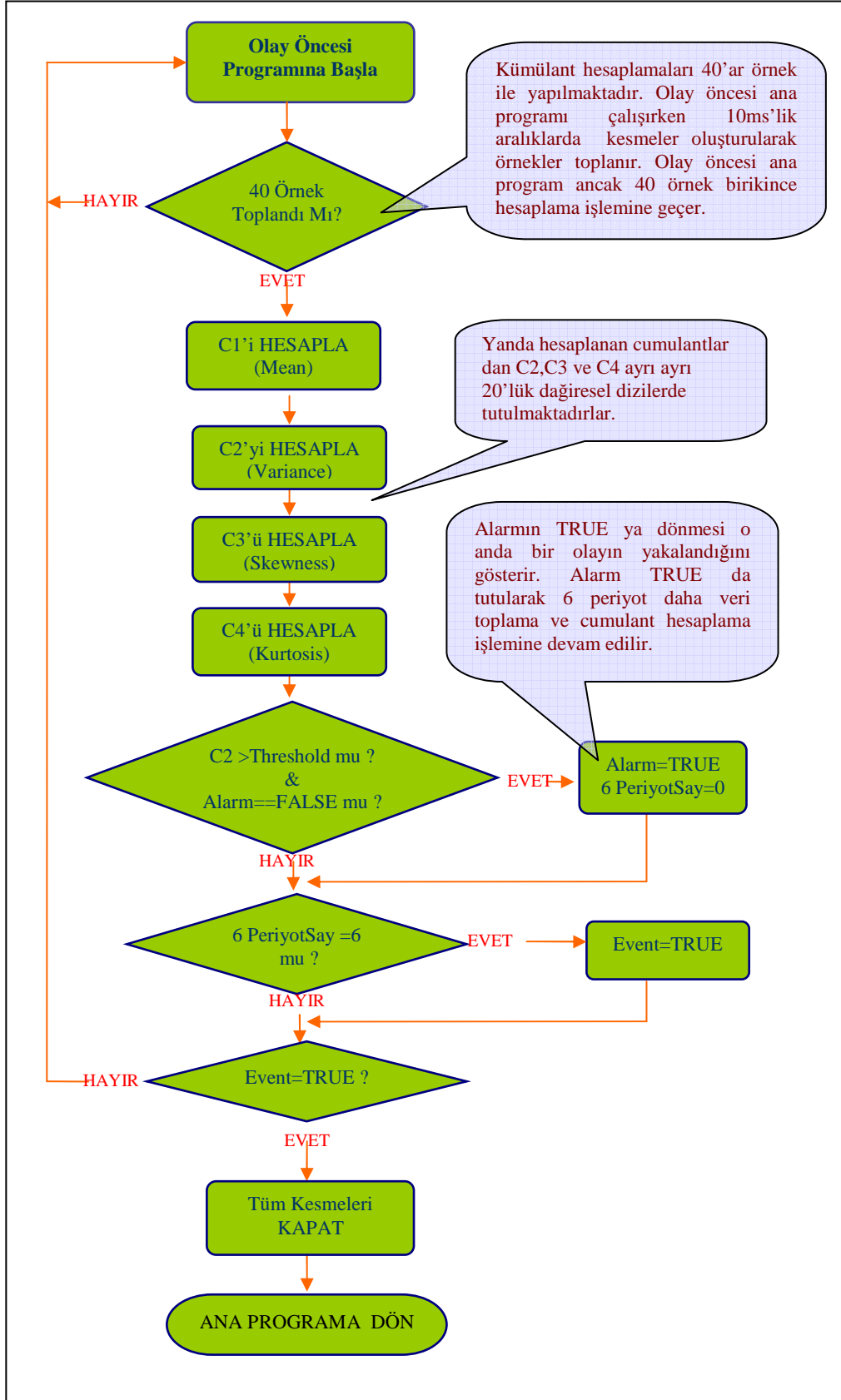
Olay Sonrası Ana Program olay yakalanması ile çalışmaya başlar. Olay anının bulunduğu sinyal parçasının üç seviye dalgacık dönüşümleri alınır ve bulunan sonuçların maksimum ve minimum değerleri hesaplanır. Olay Öncesi Program tarafından aktarılan olay çevresindeki kümülant değerlerinin maksimum ve minimum olanları bulunarak 12 değerli bir olay vektörü bulunur.

Olay vektörü sınıflandırma algoritmasına sokularak olayın ark hatası, gerilim düşmesi (sag) veya gerilim yükselmesi (swell) olduğu anlaşılır. Gerekli ayarlar yapılarak sistem en baştan çalışmaya başlar.

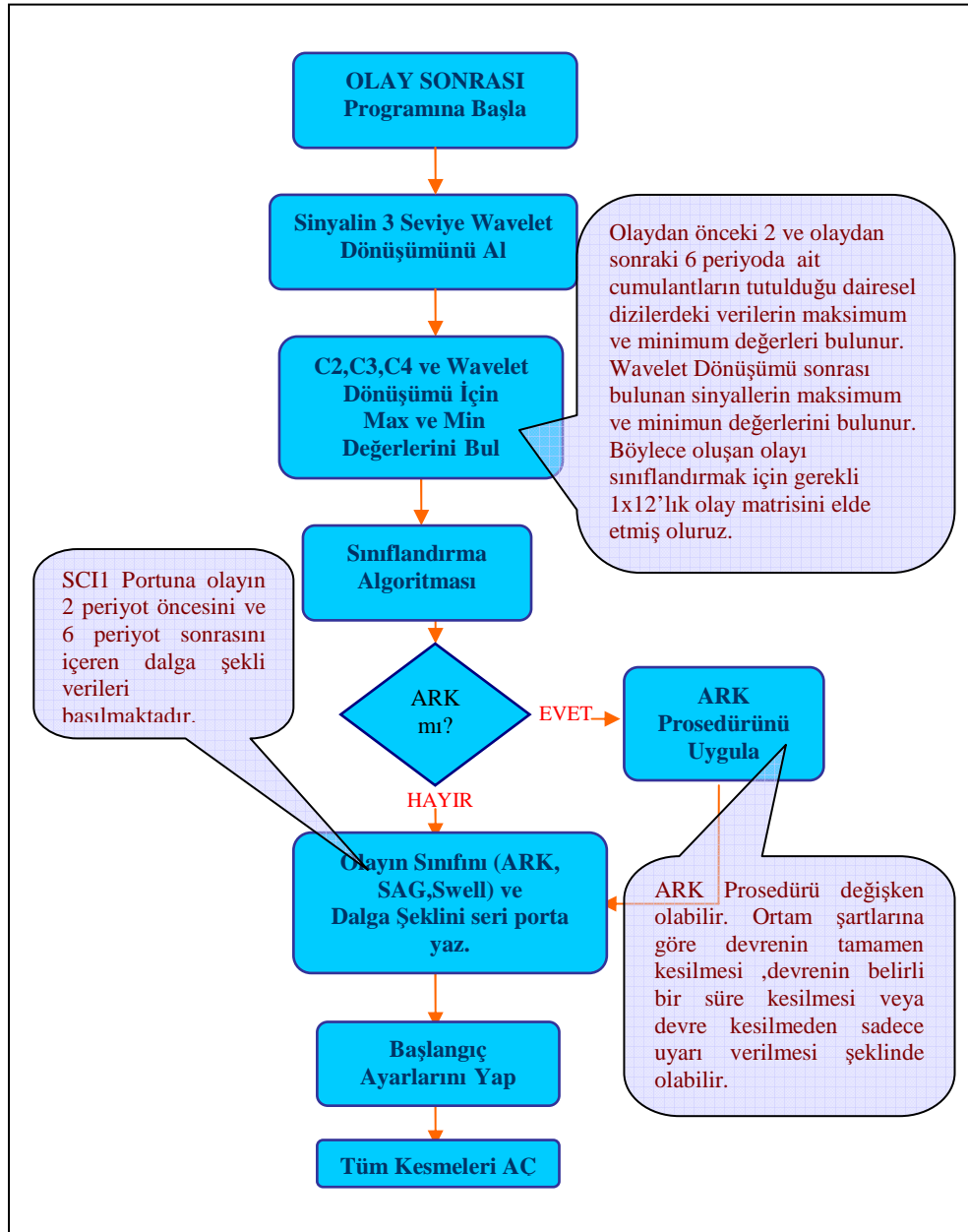
Aşağıda programın tüm kısımlarının akış diyagramları ve ayrıntılı anlatımları verilmiştir. Tüm programın akış diyagramı ve ayrıntılı açıklamaları Şekil 6.10'da, herhangi bir olay olmadan önceki akış diyagramı Şekil 6.11'de, olay gerçekleştikten sonraki akış diyagramı Şekil 6.12'de ve kesme rutininin çalışmasını gösteren akış diyagramı Şekil 6.13'te verilmiştir.



Şekil 6.10 Programın Genel Akış Şeması



Şekil 6.11 Olay Öncesi Programın Akış Şeması

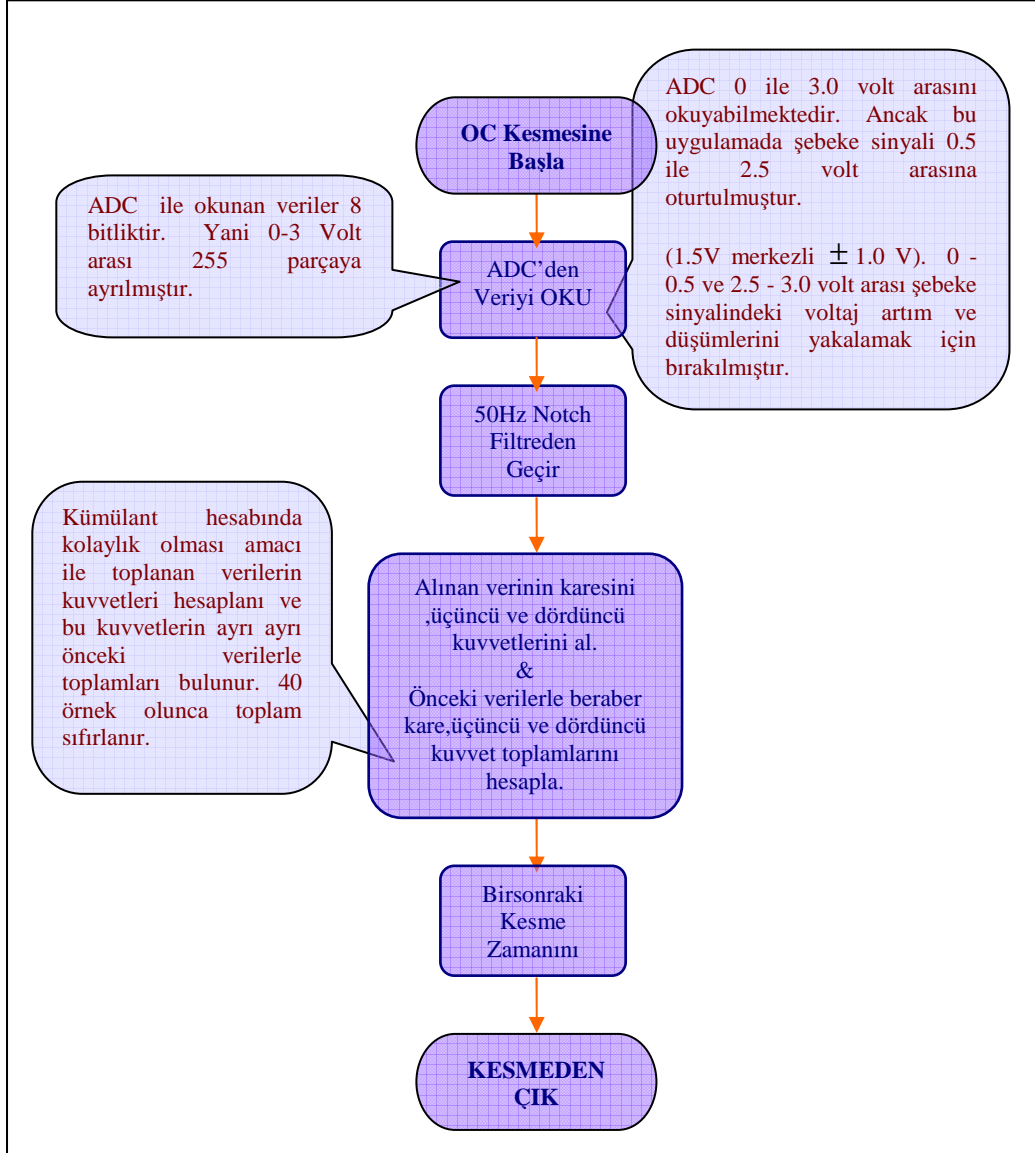


Şekil 6.12 Olay Sonrası Programın Akış Şeması

## Kesme Rutini

Kesme rutini sinyalin örnekleme işleminin gerçekleştirildiği ve örneklenen sinyalin filtreleme işleminin yapıldığı kısımdır. Kesme rutininin periyodu 2KHz olacak şekilde ayarlanmıştır. Örneklenen ve filtre işlemi uygulanmış olan sinyalin tüm örnekleri için ikinci, üçüncü ve dördüncü

kuvvetlerin hesaplanması da kesme rutini içerisinde yapılmaktadır. 40 Örnek toplanması sonrası hesaplanana tüm veriler ana programa aktarılır.



Şekil 6.13 Kesme Rutini Akış Şeması

### 6.3 Algoritmanın Denenmesi ve Sonuçlar

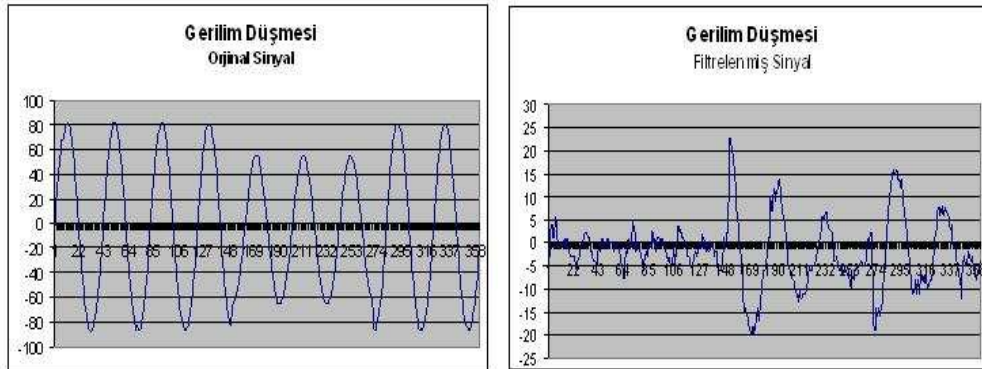
Yapılan denemeler sonrasında gerilimin %95'inin altına indiği tüm gerilim düşmeleri, %105'inin üstüne çıktığı tüm gerilim yükselmeleri ve tüm ark hataları sistem tarafından yakalanmaktadır.

Gerilimin %35'inin altına inmediği durumlarda 1.sınıf (gerilim düşmesi) ile 2.sınıf (gerilim yükselmesi) 3.sınıf(ark hatası)'tan %100'lük bir hassasiyetle ayırt edilebilmektedir.

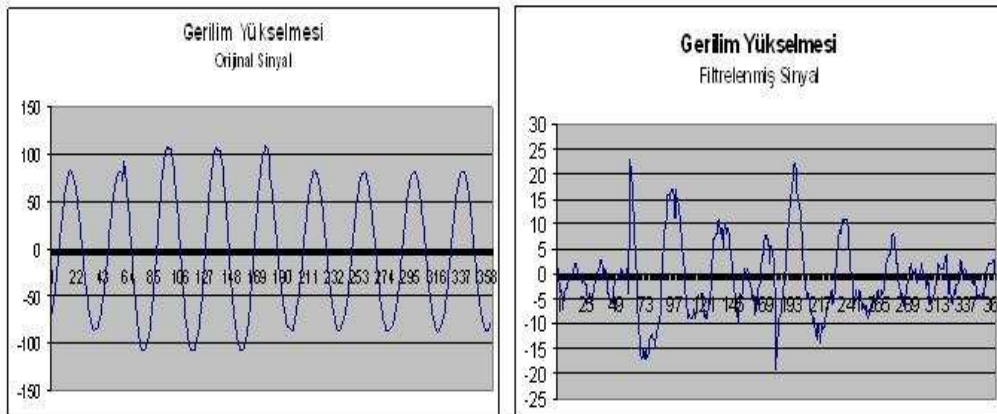
Gerilimin %35'nin altına düştüğü durumlarda 1.sınıf ile 3.sınıf %70 hassasiyetle, 2. sınıf ile 3.sınıf ise %100 hassasiyetle ayırt edilebilmektedir.

Gerilimin %80'ine düştüğü veya %115'ine çıktığı olaylarda 1.sınıf ile 2.sınıf karışmaktadır. Denemeler sonrasında gerilim yükselmelerinin %100 doğru tespit edildiğini ancak gerilim düşmelerinin %40 seviyesinde doğru olarak tespit edildiği bulunmuştur. Gerilim düşmesi %80'inin altında veya %115'inin üzerinde ise böyle bir sorun olmamaktadır.

Aşağıda her bir sınıfa ait sinyaller ve bu sinyallerin filtrelenmiş şekilleri verilmiştir. Şekil 6.14 gerilim düşmesi, Şekil 6.15 gerilim yükselmesi ve Şekil 6.16 ark hatasının orijinal ve filtrelenmiş hallerini göstermektedir.

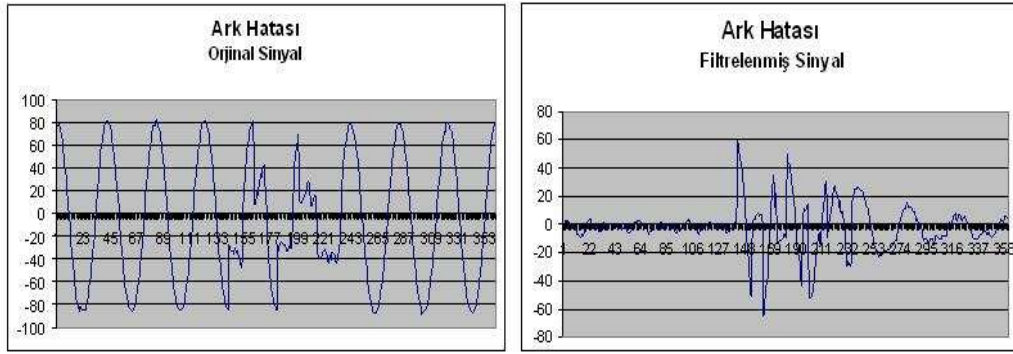


Şekil 6.14 Gerilim Düşmesi. (a) Orijinal Sinyal (b) Filtrelenmiş Sinyal



Şekil 6.15 Gerilim Yükselmesi. (a) Orijinal Sinyal (b) Filtrelenmiş Sinyal





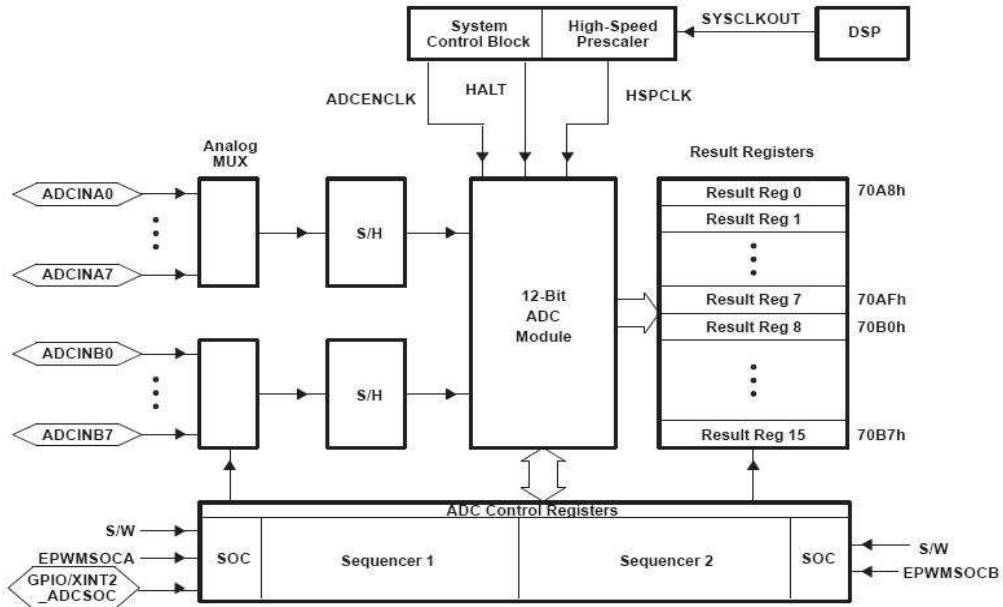
Şekil 6.16 Ark Hatası. (a) Orijinal Sinyal (b) Filtrelenmiş Sinyal

## 7. GÖRÜNTÜ FORMUNA DAYALI YÖNTEMİN UYGULANMASI

Uygulamada üzerinde Texas Instruments C2000 serisi TMS320F2812 işlemcisi bulunan ve Spectrum Digital firması tarafından üretilen eZDSPF2812 DSP Kartı kullanılmıştır.

Şekil 7.1’de gösterilen ADC Modülü TMS320F2812 işlemci çipinde bulunan 12 bit analog sayısal dönüştürücü ve bir sample-and-hold (S/H) devresinden oluşmaktadır. ADC modülün özellikleri ve blok şeması aşağıda verilmiştir.

- 12 bit ADC çekirdeği.
- 0.0V ile 3.0V arasında analog voltaj girişi.
- 25-MHz ADC saat frekansında 80 ns dönüşüm hızı.



Şekil 7.1 ADC Modül Blok Şeması

Yazılım geliştirme ortamı olarak *Texas Instruments Code Composer Studio* kullanılmıştır. Bu platform dahilinde C derleyicisi, assembler, linker, debugger bulunmaktadır. Bu sayede C dilinde yazılan kodlar *Code Composer*

*Studio* ortamında derlenip asamble dosyaları ve makina kodları oluşturularak işlemciye yüklenebilmekte ve gerçek zamanlı debug işlemi yapılabilmektedir.

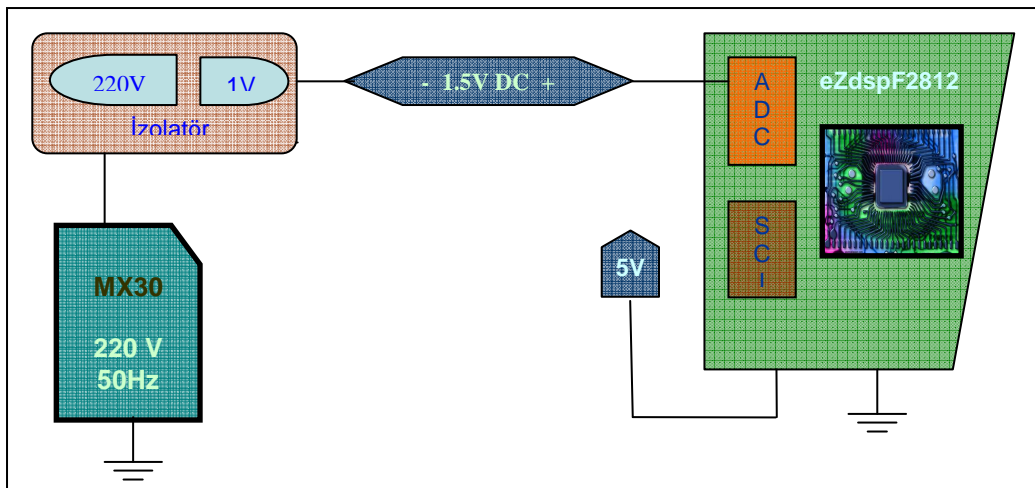
Görüntü Formuna Dayalı Yöntem içerisinde iki adet yüksek geçiren filtre bulunmaktadır. Bu filtrenin tasarım aşamasında *Matlab* kullanılmıştır.

### 7.1. Donanım Yapısı ve Algoritmanın Uygulanması

MX30 Güç Kaynağı AC 220V ve 50Hz olacak şekilde bir sinüsoidal sinyal üretmesi için ayarlanmıştır. Bu uygulamada sistemin tek fazı kullanılmıştır.

Üretilen sinyal izolatör tarafından AC 1V seviyesine çekilmektedir. +1 V ile -1V arasında salınan sinyalin negatif kısmının kaldırılması amacı ile izolatörün çıkışına 1.5V DC offset eklenmektedir. Eklenen DC offset sonrası sinyalin 0.5 V ile 2.5 V arasında salınması sağlanmıştır. ADC'nin 0-3 V aralığına duyarlı olduğu düşünülürse 0.5 V'luk bir gerilim yükselme payı bırakılmıştır. Şekil 7.2'de kurulan sistemin genel yapısı verilmiştir.

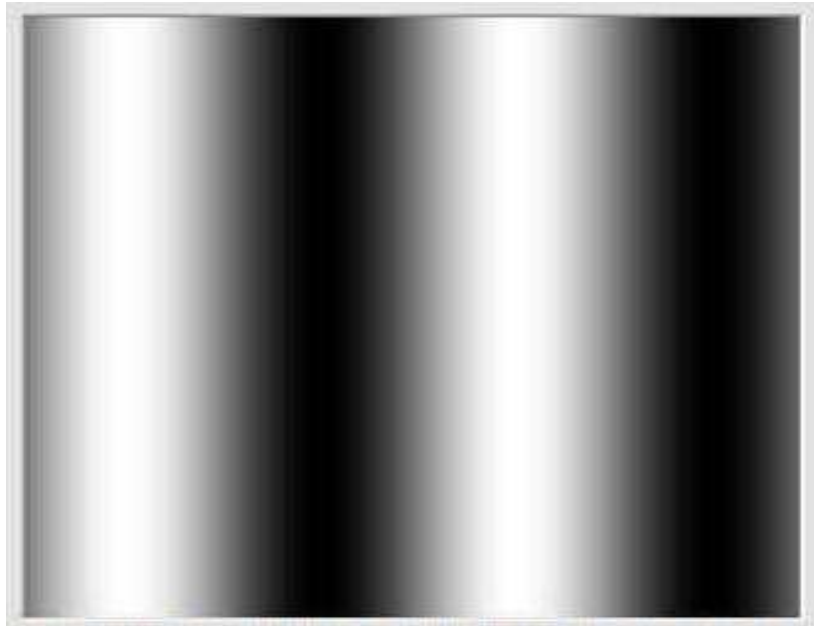
İstenilen aralığa çekilen sinyal analog digital dönüştürücüye (ADC) bağlanarak dijital değerlere çevrilmekte ve DSP işlemci tarafından kullanılmaktadır.



Şekil 7.2 Uygulama Donanım Blok Şeması

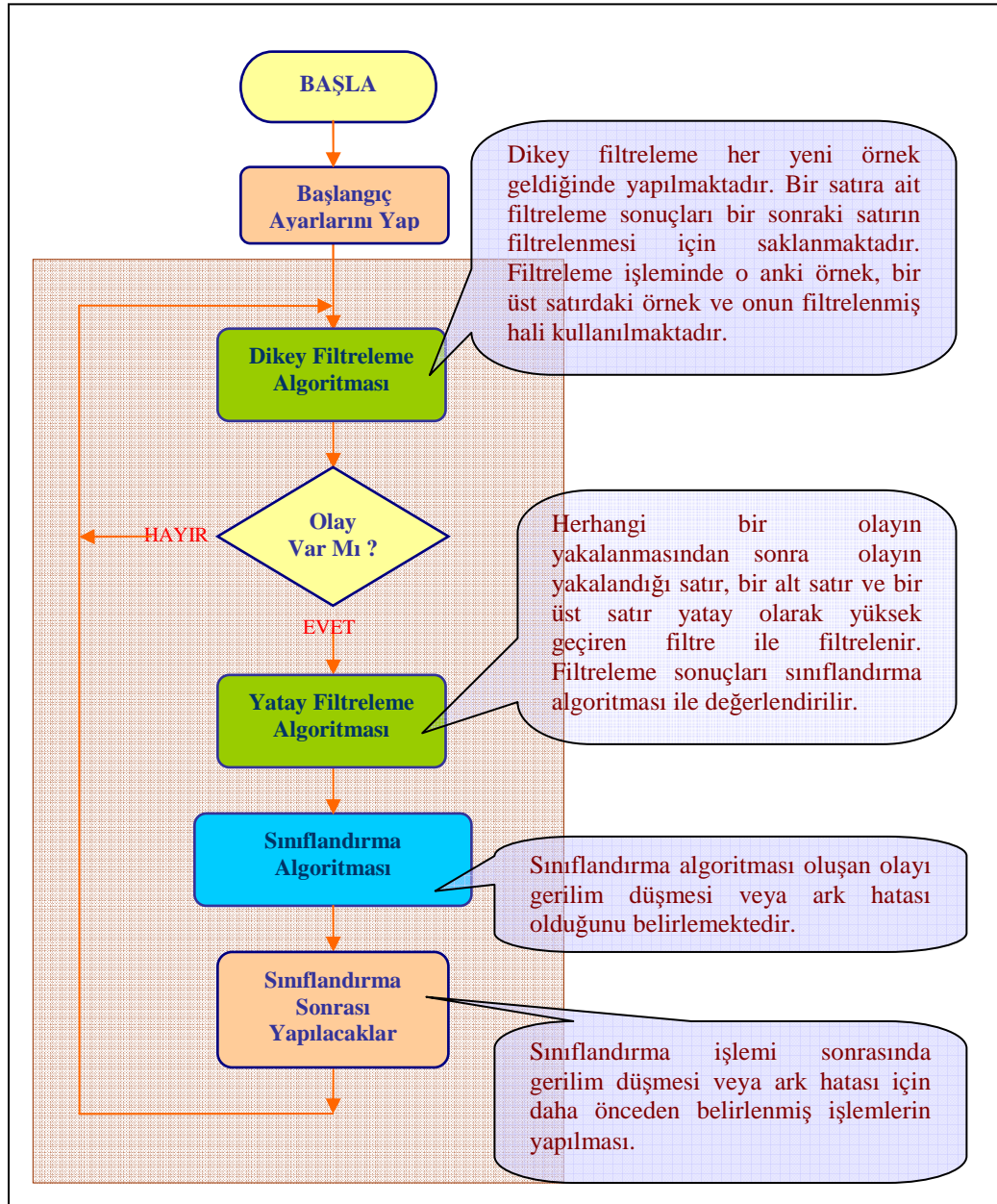
ADC tarafından alınan sinyal 2 KHz ile örneklenmektedir. ADC'nin çözünürlüğü 8 bit olarak ayarlanmıştır. Dolayısıyla örneklenen sinüs dalgası 0 ile 255 arasında değişen tam sayılar ile ifade edilmiş olur.

50 Hz olan şebekeden örneklenen sinyal Şekil 7.3'te görüldüğü gibi resim formunda hafızaya alınmaktadır. Bu işlem sırasında resmin her satırı iki periyot yani 80 örnekten oluşmaktadır. Resim gerçek zamanlı olarak yenilenmektedir. Yeni gelen 80 örnek resmin en altına eklenmekte, ilk 80 örnek ise resimden atılmaktadır.



Şekil 7.3 Resim Formuna Dönüştürülmüş Şebeke Sinyali

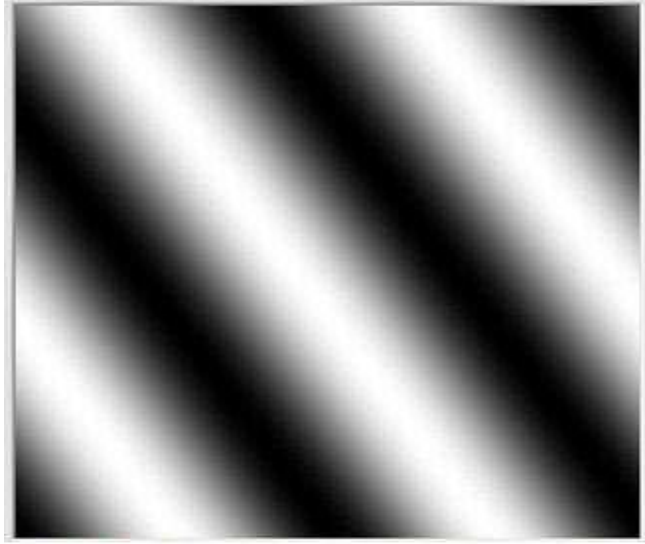
Resim haline getirilmiş olan sinyal gerçek zamanlı olarak zamanlı dikey yüksek geçiren filtreden geçirilmektedir. Bu filtreleme sonucunda deneysel olarak belirlenen bir eşik değeri ile karşılaştırılır. Filtrelenmiş sinyal eşik değerinden yüksek ise o bölgede bir enerji kalitesi olayı olduğu anlaşılır. Enerji kalitesi olayı belirlendikten sonra o bölge (dikey filtrelemeden sonra belirlenen satır o satırın bir alt ve bir üst satırı) bu deha yatay olarak yüksek geçiren filtre ile filtrelenmektedir. Yatay filtrelenmiş sinyal incelenerek belirlenen olayın gerilim düşmesi veya ark hatası olduğu anlaşılır. Şekil 7.4'te çalışan uygulamanın akış diyagramı verilmiştir.



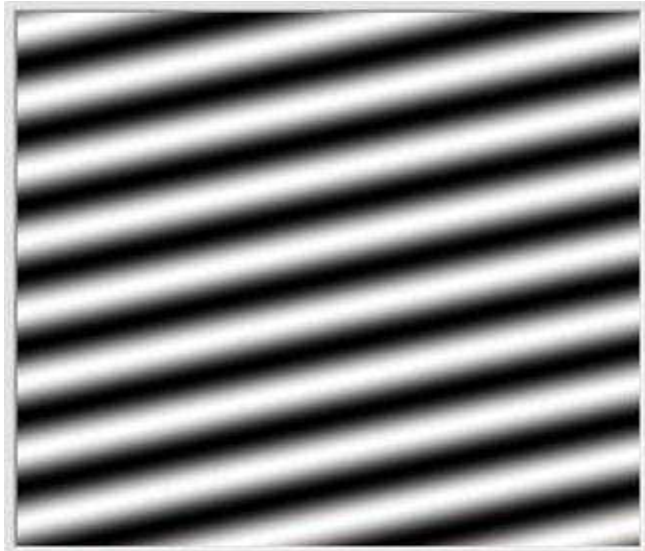
Şekil 7.4 Görüntü Formu Algoritmasının Akış Diyagramı

Ayrıca Görüntü Formuna Dayalı yöntem kullanılarak şebeke sinyalinin frekansında oluşan sapmalar hassas bir şekilde belirlenebilmektedir. Şekil 7.3'te de görüldüğü gibi 50 Hz olan şebeke sinyalinin satırları periyotların tam sayılı değerleri olarak seçildiğinde (yukarıdaki resimde 2 periyot) resmi oluşturan

sütunlar dik oluşturmaktadırlar. Ancak şebeke frekansı az da olsa kaydığında resmi oluşturan sütunlar Şekil 7.4 ve Şekil 7.6 ' da olduğu gibi eğilmektedirler. İşte bu eğimin açısı kullanılarak frekansın 50 Hz'den ne kadar saptığı tespit edilmektedir.



Şekil 7.5 Frekansı 49.9 Hz olan şebeke sinyali



Şekil 7.6 Frekansı 50.6 Hz olan şebeke sinyali

## 7.2. Filtre İşlemleri

### 7.2.1. Dikey Filtre Tasarımı ve Uygulanması

Birinci dereceden bir IIR filtre aşağıdaki şekilde ifade edilebilmektedir.

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1}}{a_0 + a_1 z^{-1}} \quad (7.1)$$

Buradaki  $H(z)$  transfer fonksiyonudur. Şekil 7.7'de filtre katsayılarının oluşturulması için kullanılan Matlab programı verilmiştir.

```

% Program name: highpass
% Highpass filter
Fs=25;
Fc=2;
N=1;      %Filtrenin Derecesi
d=fdesign.highpass('n,fc',N,Fc,Fs);
hd=butter(d);

hd1 = convert(hd,'df1')
%hd2 = convert(hd,'df2')

b=get(hd1,'numerator')
a=get(hd1,'denominator')

```

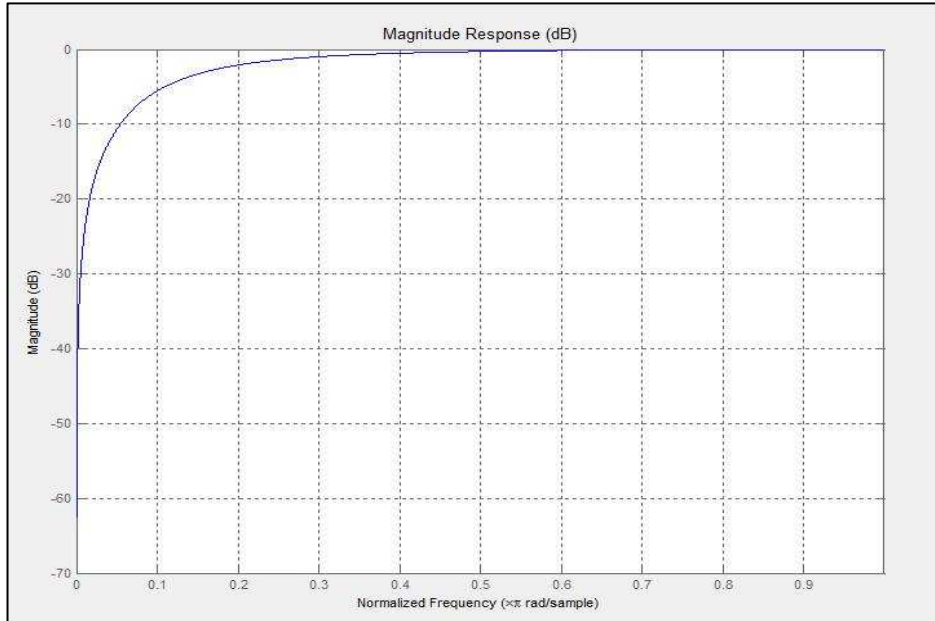
Şekil 7.7 Birinci Dereceden IIR Yüksek Geçiren Filtre için Matlab Kodu

Filtre katsayıları aşağıdaki gibidir;

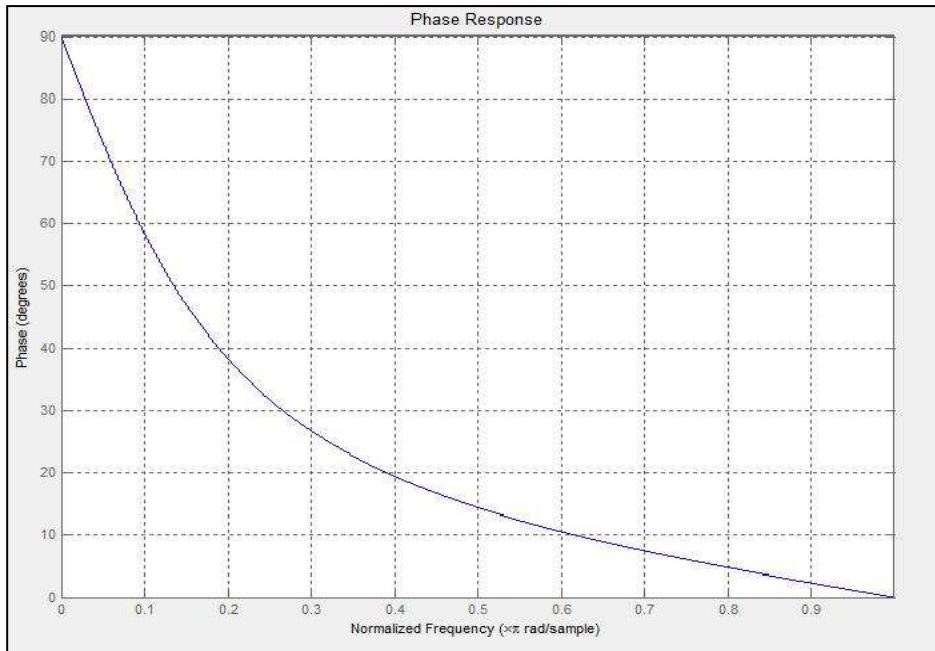
$$a = [1 \quad -0.5914]$$

$$b = [0.7957 \quad -0.7957]$$

Filtre karakteristiğini gösteren çizimler aşağıda verilmiştir.(Şekil 7.8, Şekil 7.9 ve Şekil 7.10)

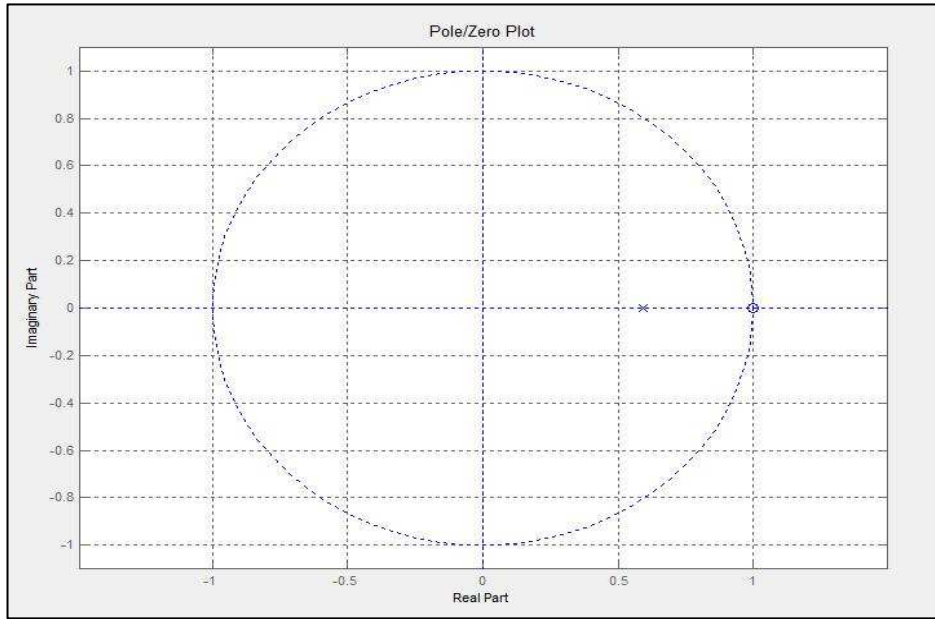


Şekil 7.8 Birinci Dereceden IIR Filtrenin Genlik Tepkisi



Şekil 7.9 Birinci Dereceden IIR Filtrenin Faz Tepkisi



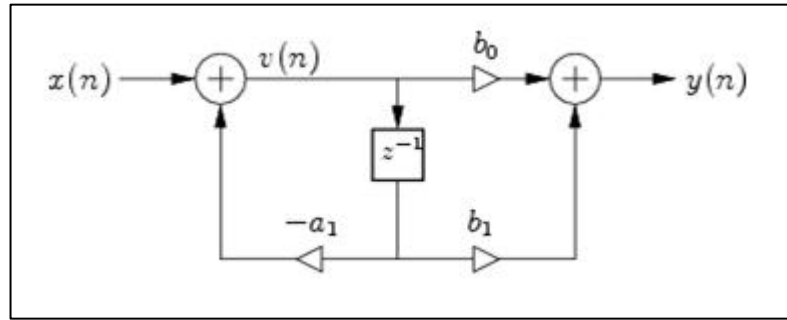


Şekil 7.10 Birinci Dereceden IIR Filtrenin Pole-Zero Çizimi

Transfer fonksiyonu bölüm 7.1’de ifade edilen birinci dereceden IIR filtrenin  $a_0$  katsayısı sürekli olarak 1.000’dir. Bu filtrenin 16 bitlik sabit noktalı işlemcide (fixed point processor) uygulanabilmesi için 32767 sayısı 1.000’ı ifade etmek için kullanılmıştır. 1.000 yerine 32767 kullanıldığı için tüm filtre katsayıları 32767 ile çarpılmıştır. Çarpma sonucu oluşan katsayılar aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} B_0 &= -26073 & B_1 &= -26073 \\ A_0 &= 32767 & A_1 &= -19378 \end{aligned}$$

Katsayıların bulunmasından sonra filtrenin DSP işlemcide uygulanabilmesi için çeşitli formlar kullanılabilir (Direct Form I, Direct Form II, Direct Form II Transposed vb). Bu filtre uygulamasında Şekil 7.11’de gösterilen direct form II kullanılmıştır.



Şekil 7.11 Birinci Dereceden IIR Filtrenin Direct Form II ile Uygulanması

### 7.2.2. Yatay Filtre Tasarımı ve Uygulanması

İkinci dereceden bir IIR filtre aşağıdaki şekilde ifade edilebilmektedir.

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}} \quad (7.2)$$

Buradaki  $H(z)$  transfer fonksiyonudur. Şekil 7.12’de filtre katsayılarının oluşturulması için kullanılan Matlab programı verilmiştir.

```

% Program name: highpass
% Highpass filter
Fs=2000;
Fc=150;
N=2;      %Filtrenin Derecesi
d=fdesign.highpass('n,fc',N,Fc,Fs);
hd=butter(d);

hd1 = convert(hd,'df1')
%hd2 = convert(hd,'df2')

b=get(hd1,'numerator')
a=get(hd1,'denominator')

```

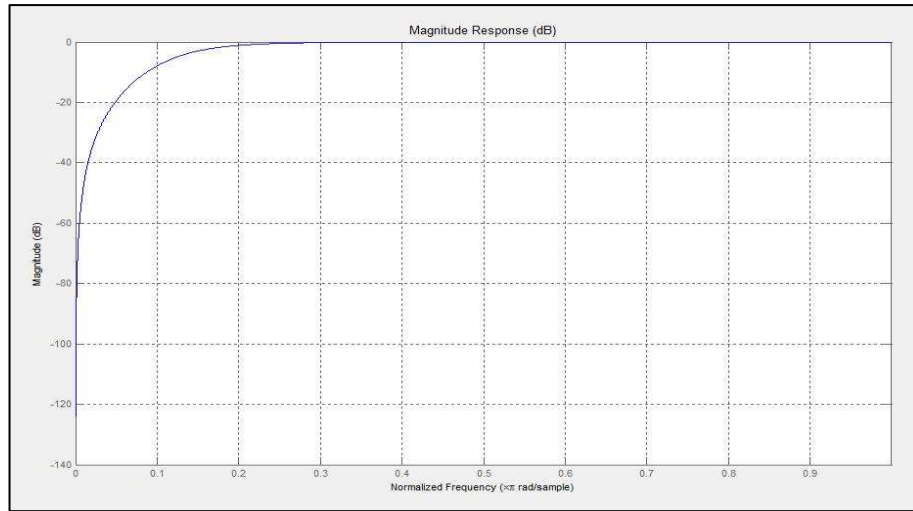
Şekil 7.12 İkinci Dereceden IIR Yüksek Geçiren Filtre için Matlab Kodu

Filtre katsayıları aşağıdaki gibidir;

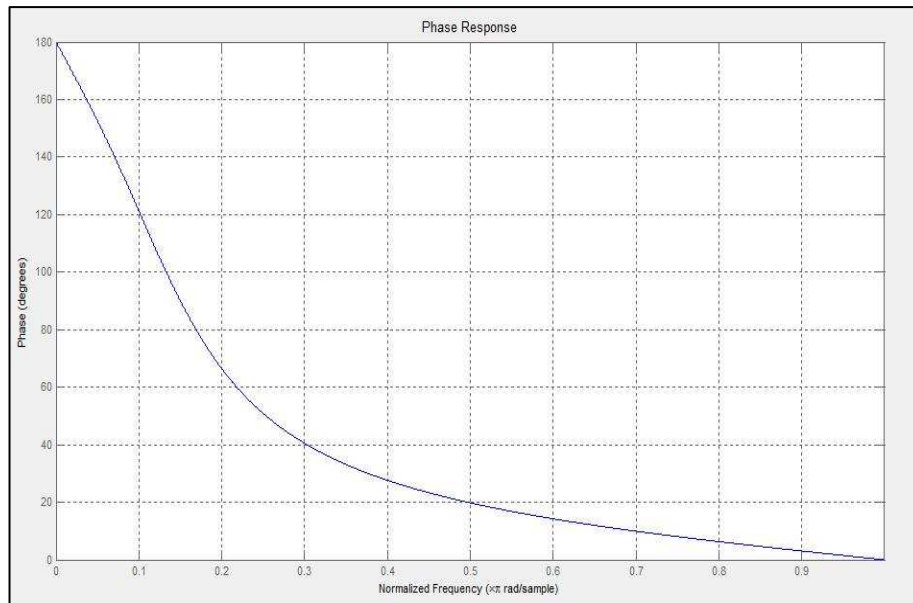
$$a = [1.0000 \quad -1.3490 \quad 0.5140]$$

$$b = [0.7157 \quad -1.4315 \quad 0.7157]$$

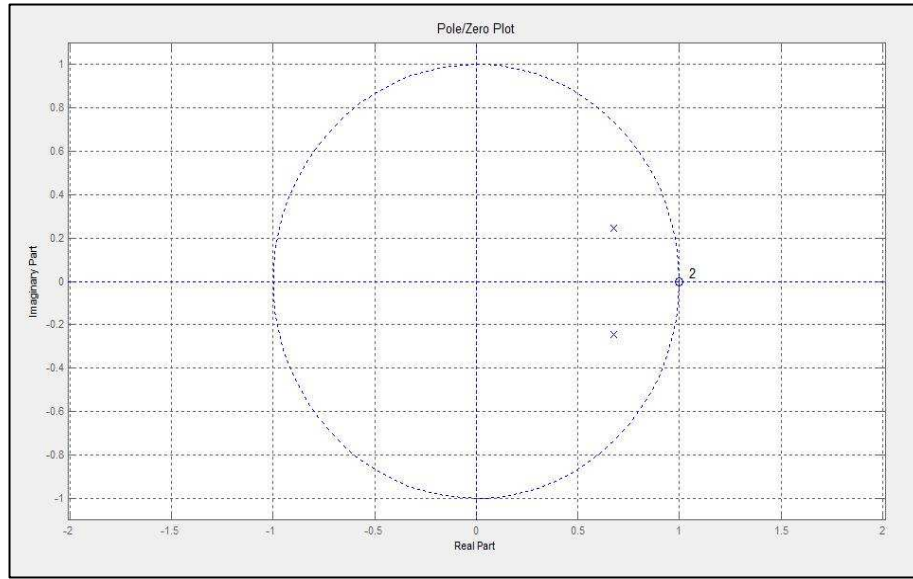
Filtre karakteristiğini gösteren çizimler aşağıda verilmiştir.(Şekil 7.13,Şekil 7.14 ve Şekil 7.15)



Şekil 7.13 IIR Filtrenin Genlik Tepkisi



Şekil 7.14 IIR Filtrenin Faz Tepkisi



Şekil 7.15 IIR Filtrenin Zero-Pole Çizimi

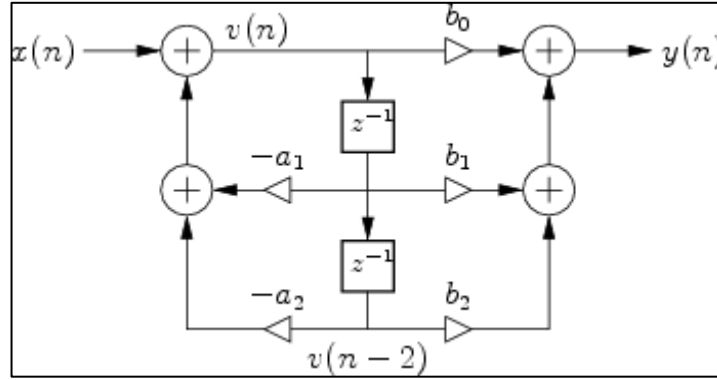
$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}$$

Transfer fonksiyonu yukarıdaki şekilde ifade edilen ikinci dereceden IIR filtrenin  $a_0$  katsayısı sürekli olarak 1.000 dir. Bu filtrenin 16 bitlik sabit noktalı işlemcide (fixed point processor) uygulanabilmesi için 32767 sayısı 1.000'ı ifade etmek için kullanılmıştır. Ayrıca filtrenin  $b_1$  ve  $a_1$  katsayıları 2.000 ile -2.000 arasında değerler aldığı için filtre uygulamasında  $b_1$  ve  $a_1$  yerine  $b_1/2$  ve  $a_1/2$  kullanılmıştır.

1.000 yerine 32767 kullanıldığı için tüm filtre katsayıları 32767 ile çarpılmıştır. Çarpma sonucu oluşan katsayılar aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} B0 &= 23453 & B1 &= -22101 * 2 & B2 &= 16842 \\ A0 &= 32767 & A1 &= -23453 * 2 & A2 &= 23453 \end{aligned}$$

Katsayıların bulunmasından sonra filtrenin DSP işlemcide uygulanabilmesi için çeşitli formlar kullanılabilir (Direct Form I, Direct Form II, Direct Form II Transposed vb). Bu filtre uygulamasında Şekil 7.16'da gösterilen direct form II kullanılmıştır.



Şekil 7.16 İkinci Dereceden IIR Filtrenin Direct Form II ile Uygulanması

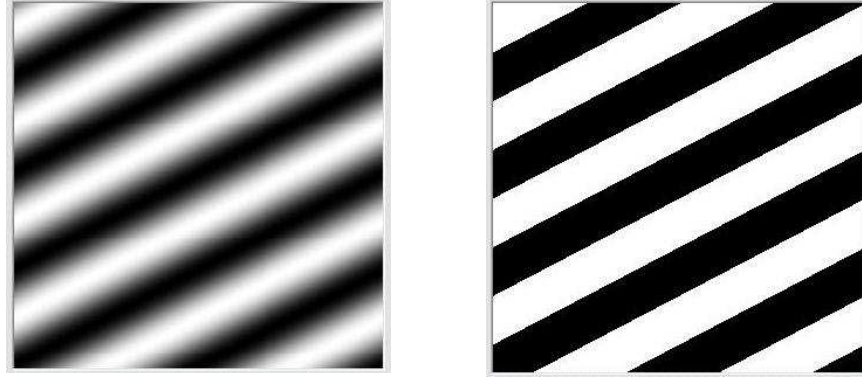
### 7.3. Frekans Tespit Algoritması

Frekans tespit algoritmasının uygulanabilmesi için hafızada 40 x 40 boyutunda bir resim oluşturulmalıdır. Resim 2 periyot uzunluğunda satırlardan oluşmaktadır. Şebeke sinyalinin frekansı 50 Hz den uzaklaştıkça resimde görülen sütunlar sağa veya sola doğru eğilmeye başlamaktadır. Algoritmanın amacı sütunların sağa mı sola mı eğildiğini bulmak ve bu eğimin açısını hesaplayarak frekansın değerini tespit etmektir.

Bunun için öncelikle resimdeki tüm piksellere niceleme işlemi uygulanmıştır. Şekil 7.17 resmin niceleme öncesi ve niceleme sonrası durumunu göstermektedir.

$$piksel < 128 \text{ ise } piksel = 0$$

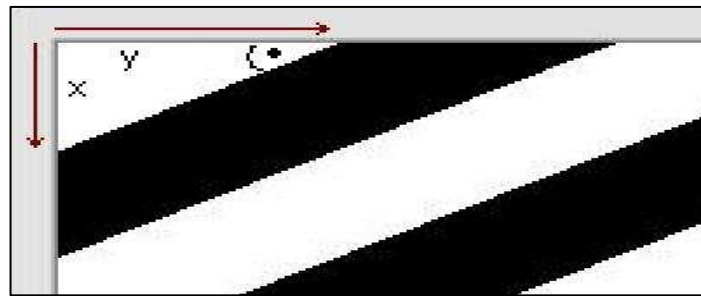
$$piksel \geq 128 \text{ ise } piksel = 255$$



Şekil 7.17 Resmi Oluşturan Sütunlar a) Orijinal b) Nicelenmiş

Nicelenmiş resimde ilk yapılması gereken işlem sütunların hangi yöne eğildiğini bulmaktır. Bu işlem için resmin orta noktasından dikey olarak taranır. Tarama işlemi sırasında siyahtan beyaza geçme noktasında beyaz pikselin sağının beyazlarla dolu olması veya solunun beyazlarla dolu olması durumuna göre eğim yönü belirlenir. Eğim belirlendikten sonra uygun köşeden (sağa üst veya sağ üst) yatay ve dikey olarak ilk renk değişimine kadar olan pikseller sayılarak sütunların eğim açısı hesaplanır. Şekil 7.18’ de gösterildiği gibi Q eğim açısı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Q = \text{Arctan}(x / y)$$



Şekil 7.18 Eğim Açısının Belirlenmesi

Eğim açısı bulunduğundan sonra o açığa karşılık gelen frekans değişimi hesaplanır ve 50 Hz üzerine eklenerek veya çıkarılarak şebeke sinyalinin frekansı bulunur.

## 8. SUNUCU BAĞLANTISI VE UYARI SİSTEMİ

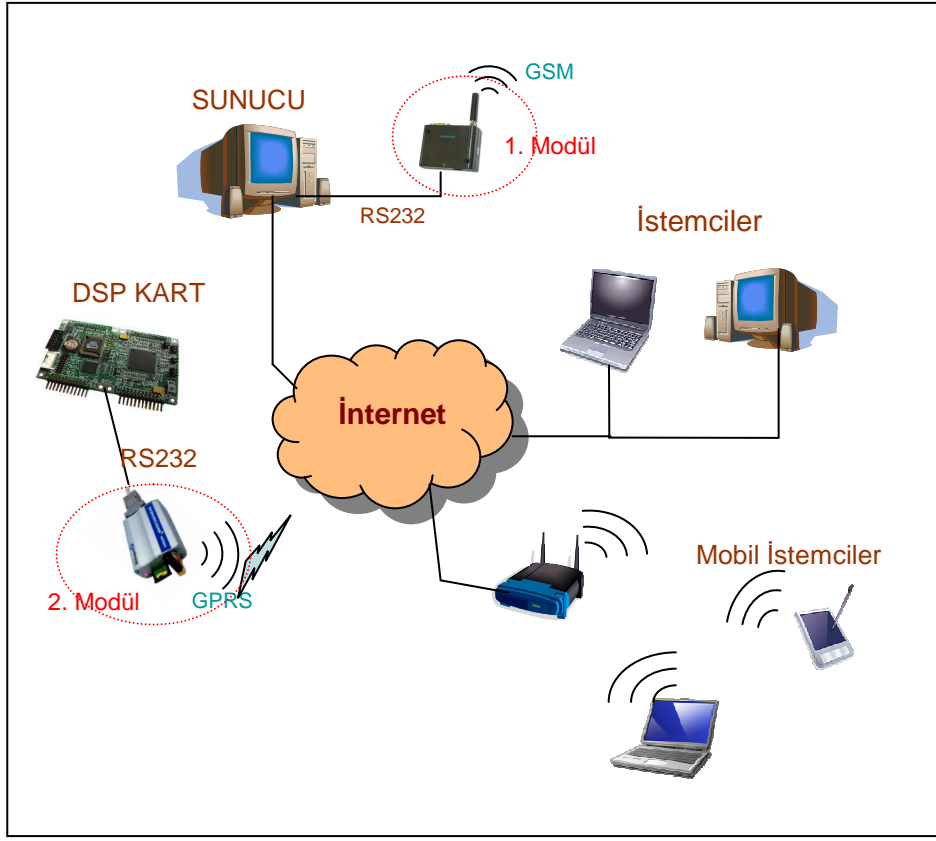
### 8.1. Kablolu İnternet Bağlantısının Gerçekleştirilmesi

Enerji kalitesi olaylarını belirleyip sınıflandıran donanımlar ile web sunucusu arasında kablolu internet bağlantısının kurulabilmesi için *Adapt9S12NE64* kartı içerisinde bir TCP-IP yığınının çalışması gerekmektedir. Geliştirilen uygulama bu TCP-IP yığınının üzerinde çalışmaktadır. TCP-IP yığını olarak Adam Dunkels tarafından geliştirilen *uIP* adlı yığın kullanılmıştır. *uIP* 8 ve 16 bitlik mikrodenetleyiciler için yazılmış ve çok hafıza gerektirmeyen bir TCP-IP yığıdır.

*uIP* kullanılarak *Adapt9S12NE64* kartını sunucu veya istemci olarak çalışması sağlanabilmektedir. Bu uygulamada kart istemci olarak çalıştırılmıştır. İstenilen zamanlarda (periyodik veya olay gerçekleştiğinde) merkezi bir sunucuya bağlantı kurulur ve istenilen veriler bu sunucuya aktarılır. *Adapt9S12NE64* kartının olayların yakalandığı ve sınıflandırıldığı işlemcilerle olan bağlantısı seri portlar üzerinden olmaktadır. Seri porttan alınan veriler ethernet arayüzü kullanılarak internet ortamına ve dolayısı ile sunucuya aktarılır. Bu veriler arasında olayın bulunduğu dalga şekli, olayın sınıflandırma sonuçları gibi veriler yer almaktadır.

### 8.2 Kablosuz İnternet Bağlantısının ve SMS Uyarı Mekanizmasının Gerçekleştirilmesi

GSM/GPRS modüller Şekil 8.1’de görüldüğü gibi projede iki ayrı amaç için kullanılmışlardır. Bunlardan birincisi merkezde sunucu makinesine bağlanmış olan ve herhangi bir olayın sunucuya ulaşması durumunda bu bilgiyi ilgili kişilere sms ile bildiren modüldür. İkincisi ise sahada olayın belirlendiği ve analiz edildiği donanıma bağlanan ve olay ile ilgili bilgileri (dalga şekli, sınıflandırma sonuçları vb.) GPRS (internet) ile web sunucusuna aktaran modüldür.

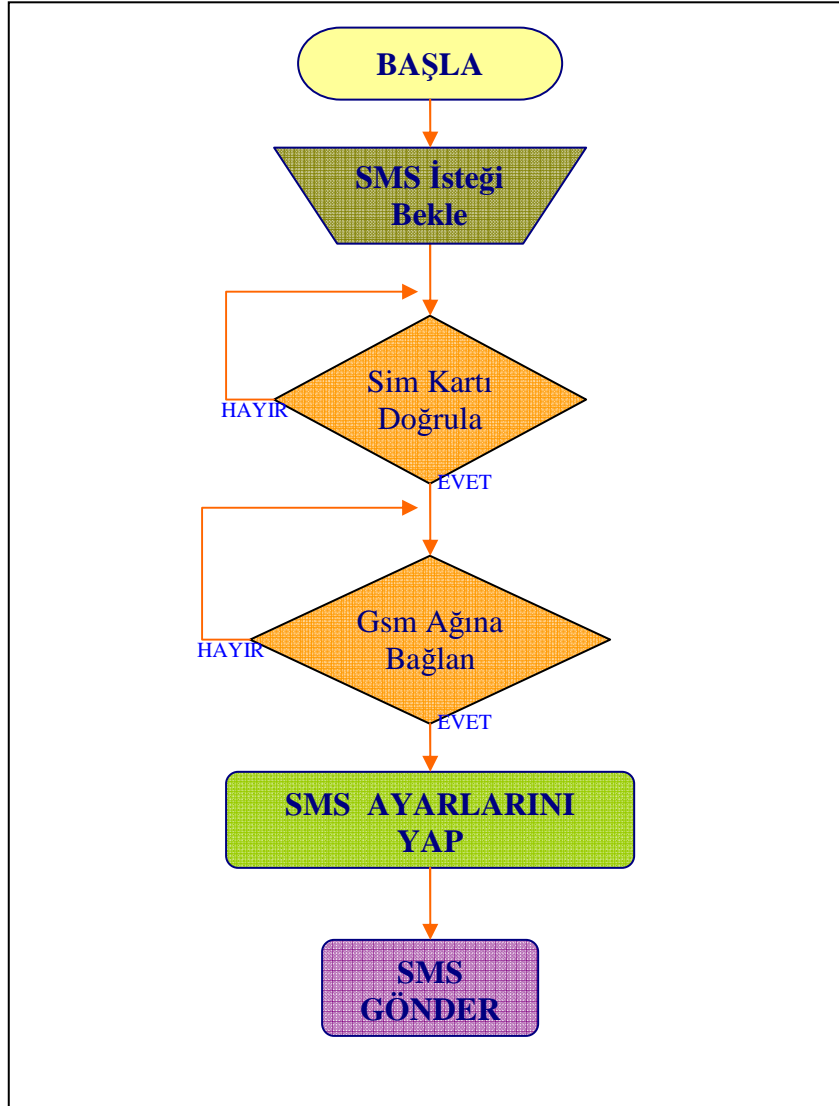


Şekil 8.1 Tüm sistem içinde GSM/GPRS modüller

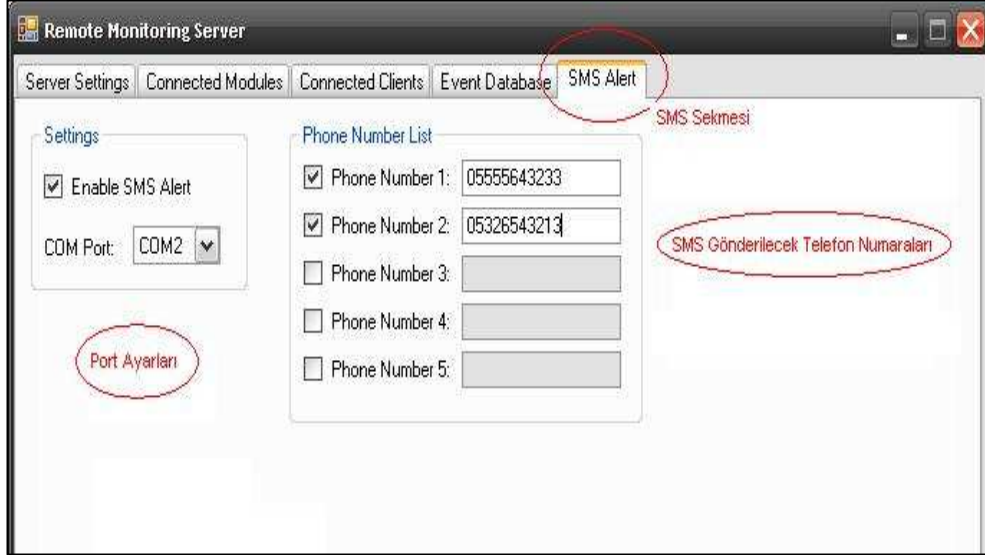
Birinci modül olarak Siemens MC35, ikinci modül olarak ise Wavecom Q2501b GSM/GPRS modülleri kullanılmıştır.

MC35 Terminali sunucunun RS232 (seri) portuna bağlanmıştır. Terminal seri porttan AT komutları gönderilerek kontrol edilmektedir. Şekil 8.2 yazılımın akış diyagramını göstermektedir. Seri porttan AT komutların gönderilebilmesi için C# kullanılarak bir DLL dosyası yazılmıştır. DLL dosyası sunucu yazılımına entegre edilerek sunucunun istenilen telefon numaralarına SMS gönderilmesi sağlanmaktadır. Şekil 8.3'te sunucuda bulunan SMS sekmesi görülmektedir.





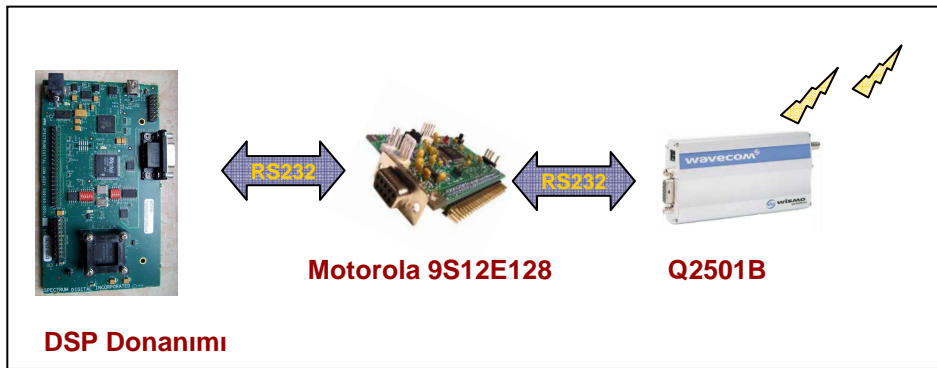
Şekil 8.2 Siemens MC35 Akış Diagramı



Şekil 8.3 Sunucuda SMS Sekmesi

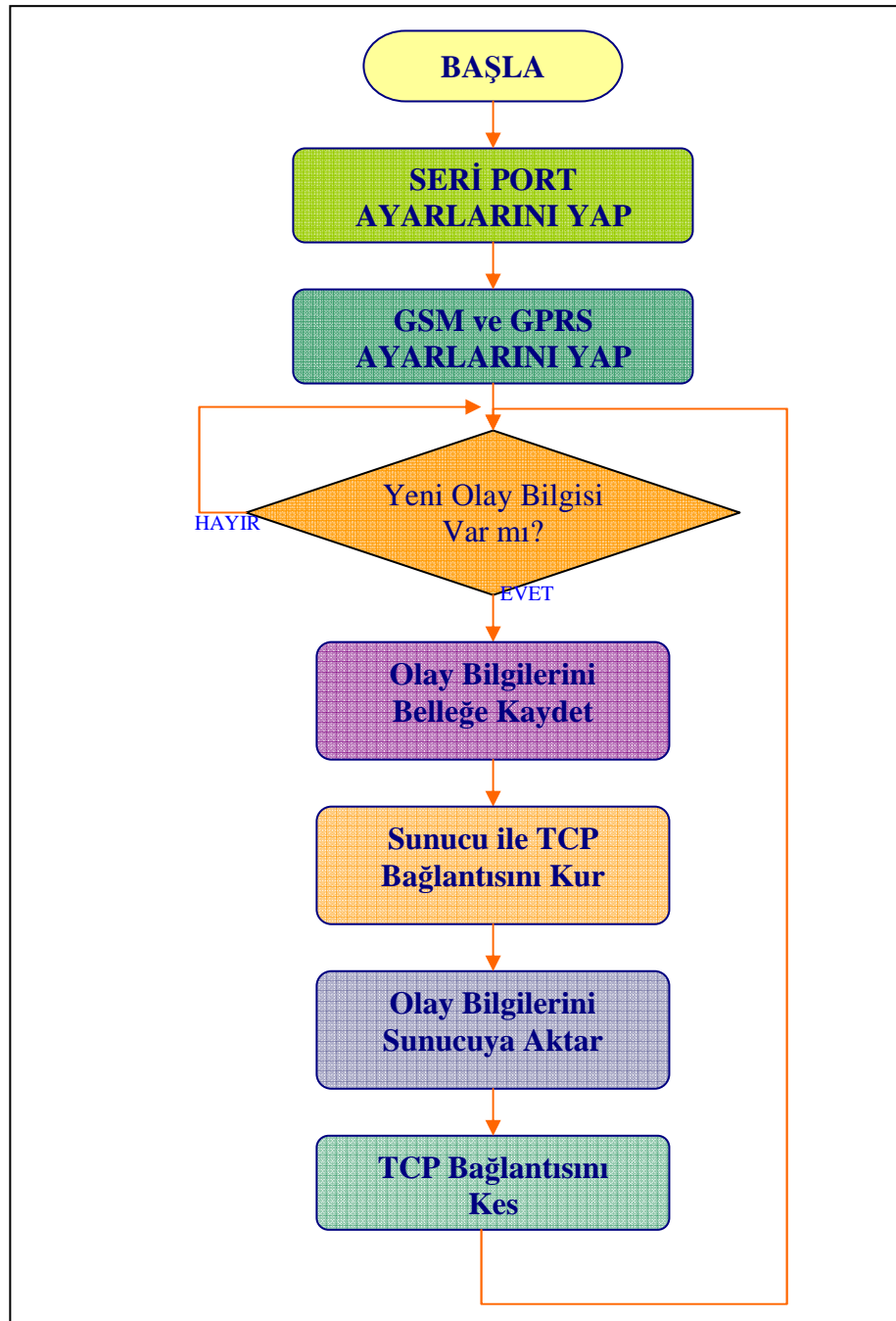
Wavecom Q2501b modülü kablolu internet bağlantısına olanak vermeyen bölgelerde GSM/GPRS şebekesi üzerinden internet bağlantısı kurmak ve enerji kalitesi olaylarının sunucuya aktarmak amacı ile kullanılmaktadır.

Q2501b modülünü sürmek ve modül ile enerji kalitesi olaylarını yakalayan donanım arasındaki bağlantıyı kurmak amacı ile Motorola E128 mikrodenetleyicisi kullanılmaktadır. Mikrodenetleyici Q2501b ve olay yakalama donanımı ile Şekil 8.4'te gösterildiği gibi RS232 üzerinden haberleşmektedir.



Şekil 8.4 Q2501B Donanım Yapısı

Q2501B mikrodenetleyici tarafından gönderilen AT komutlar ile kontrol edilmektedir. Mikrodenetleyici aynı zaman da DSP işlemci ile haberleşmektedir. DSP işlemci tarafından herhangi bir olay yakalandığında olay seri port ile mikrodenetleyiciye aktarılmaktadır. Mikrodenetleyiciyi uygun AT komutlar kullanarak Q2501B'nin sunucuya bağlanmasını sağlar ve olay ile ilgili bilgileri sunucuya aktarır. Programın akış diyagramı Şekil 8.5'te gösterilmiştir.



Şekil 8.5 DSP ile Q2501B Modülü Arasındaki Mikrodenetleyicinin Akış Diagramı

## 9. WEB SUNUCUSU ve İSTEMCİLER

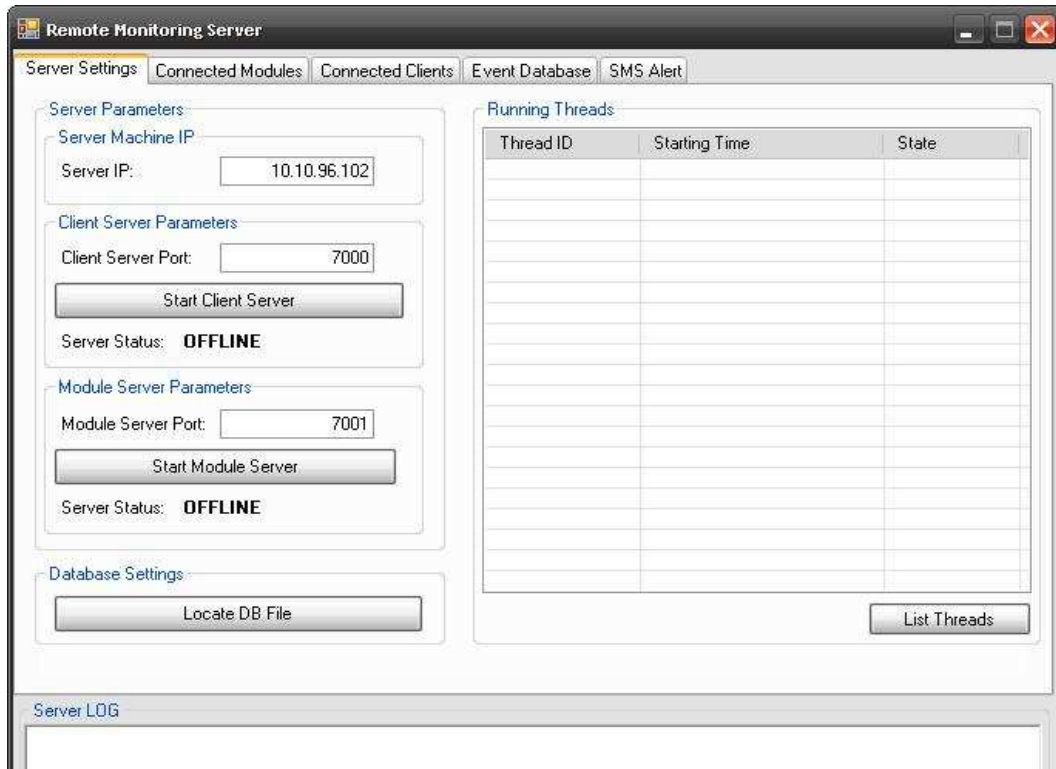
Uzaktan izleme sistemi üç temel parçadan oluşmaktadır. Bunlar sunucu, istemciler ve sunucuya enerji kalitesi olayları ile ilgili bilgileri aktaran gömülü sistemlerdir. Bahsedilen gömülü sistemler internet ortamına kablolu veya kablosuz olarak bağlanabilmektedirler. Bu gömülü sistemler ile ilgili ayrıntılı bilgiler daha önceki bölümlerde verilmiştir.

Bu bölümde tez çalışmasının desteklediği Tübitak projesinin bir bölümü olan ancak tez çalışmasında yer almayan sunucu ve istemciler hakkında bilgi verilmektedir.

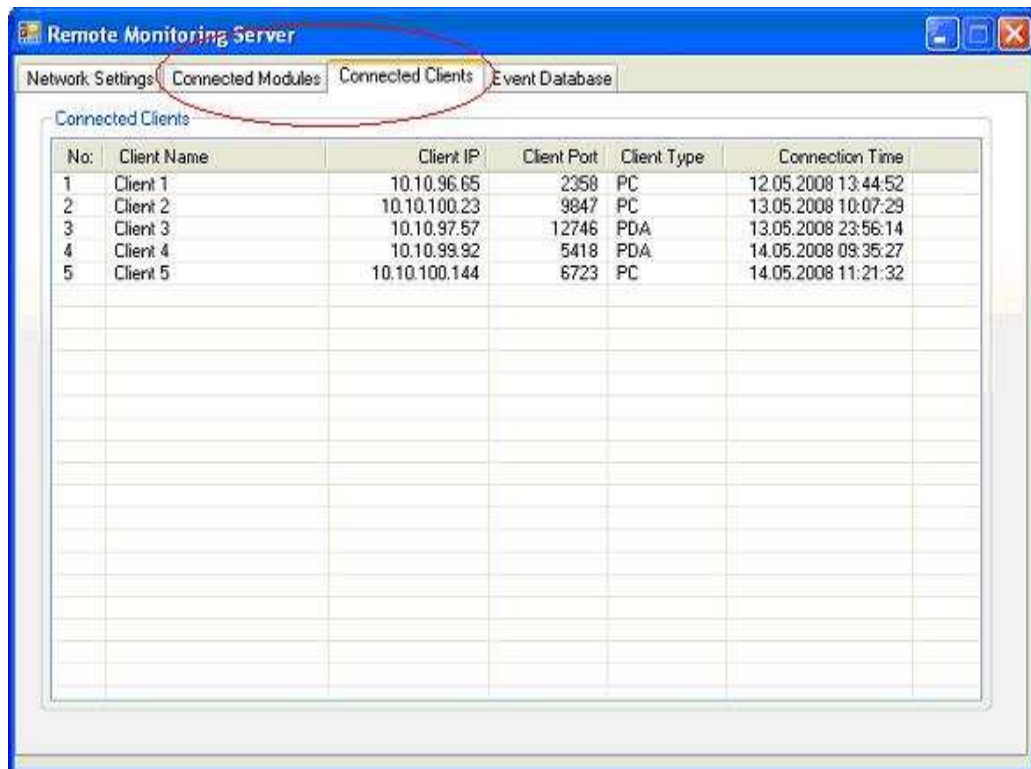
### 9.1 Sunucu

Sistemin merkezinde bir web sunucusu ve enerji kalitesi olaylarının tutulduğu veritabanı bulunmaktadır. Sunucu sahadan gelen olay bilgilerini veritabanına kayıt eder ve kendisine bağlanan istemcilere bu bilgileri aktarır.

Sunucu görsel arayüzü (GUI) olan yazılımdır. Bu sayede sunucu yazılımı üzerinden gerçekleşen tüm hareketler izlenebilmektedir. Bu hareketlere ilişkin kayıtlar (log) tutulmaktadır. Örneğin o anda bağlı olan tüm modüller ve istemciler ile onlara ait bilgiler sunucu ekranından görülebilmektedir. Şekil 9.1’de sunucu arayüzünün ana penceresi, Şekil 9.2’de saha modülleri ve istemci sekmesi görülmektedir.



Şekil 9.1 Sunucu Penceresi



Şekil 9.2 Sunucu Modül / İstemci Sekmeleri

Sistem ile ilgili bilgilerin yanısıra veri tabanında kayıtlı olayların dalga şekli ve olay bilgileri de sunucu arayüzü kullanılarak görülebilmektedir. Şekil 9.3'te olayların tümü aynı sekmede görülmektedir. Şekil 9.4'te ise seçilen olayın dalga şeklinin gösterilmektedir.

Remote Monitoring Server

Server Settings | Connected Modules | Connected Clients | **Event Database** | SMS Alert

Event Querying

Bring All

Bring All Events

Respect to Module ID

Enter Module ID:

Bring Events

Respect to Event Date

Events occured starting from: 24 Kasım 2008 Pazartesi

to: 24 Kasım 2008 Pazartesi

Bring Events

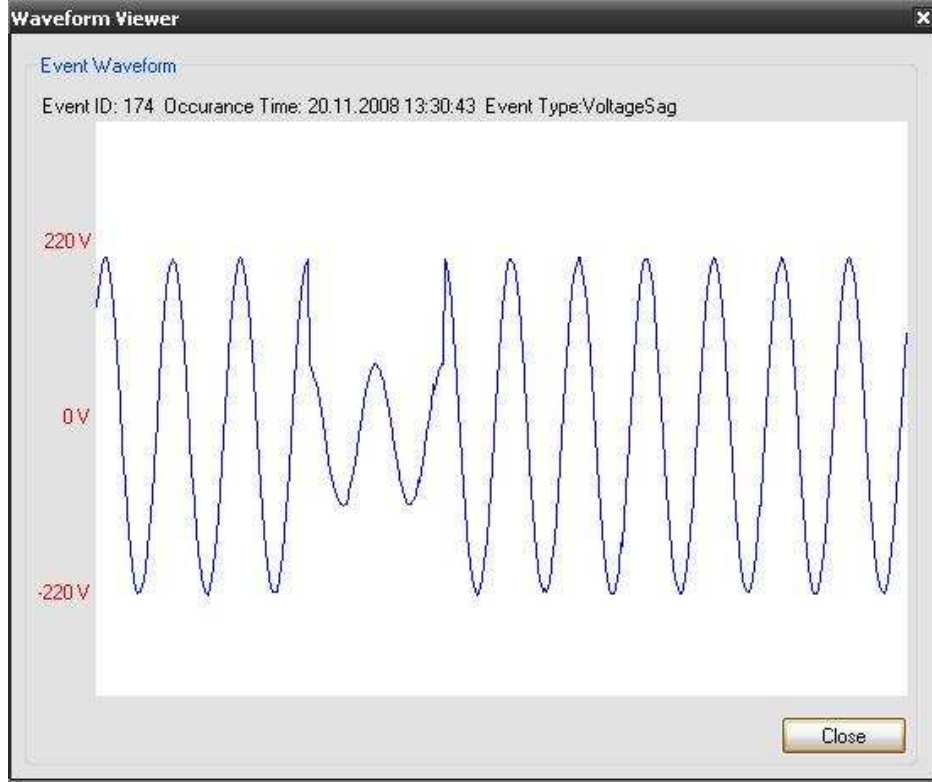
Events

No.	M. ID	Module Name	Occurance Time	Event Type	E. ID
1	2	Power Lab.	15.11.2008 13:30:26	VoltageSag	172
2	6	Control Lab.	15.11.2008 13:30:32	VoltageSag	173
3	6	Control Lab.	20.11.2008 13:30:43	VoltageSag	174
4	2	Power Lab.	21.11.2008 14:11:22	Swell	179
5	2	Power Lab.	21.11.2008 14:12:08	Swell	180
6	6	Control Lab.	21.11.2008 14:12:30	ArcFault	181
7	2	Power Lab.	23.11.2008 14:17:01	ArcFault	182
8	2	Power Lab.	23.11.2008 14:17:55	ArcFault	183
9	2	Power Lab.	24.11.2008 14:29:49	ArcFault	184
10	2	Power Lab.	24.11.2008 14:29:50	ArcFault	185
11	6	Control Lab.	24.11.2008 14:30:37	Swell	186
12	6	Control Lab.	24.11.2008 14:31:07	VoltageSag	187
13	6	Control Lab.	24.11.2008 14:31:11	Swell	188

Get Event Waveform

Server LOG

Şekil 9.3 Sunucu Olay Künye Sekmesi



Şekil 9.4 Olay Sekmesindeki bir Olayın Dalga Şekli

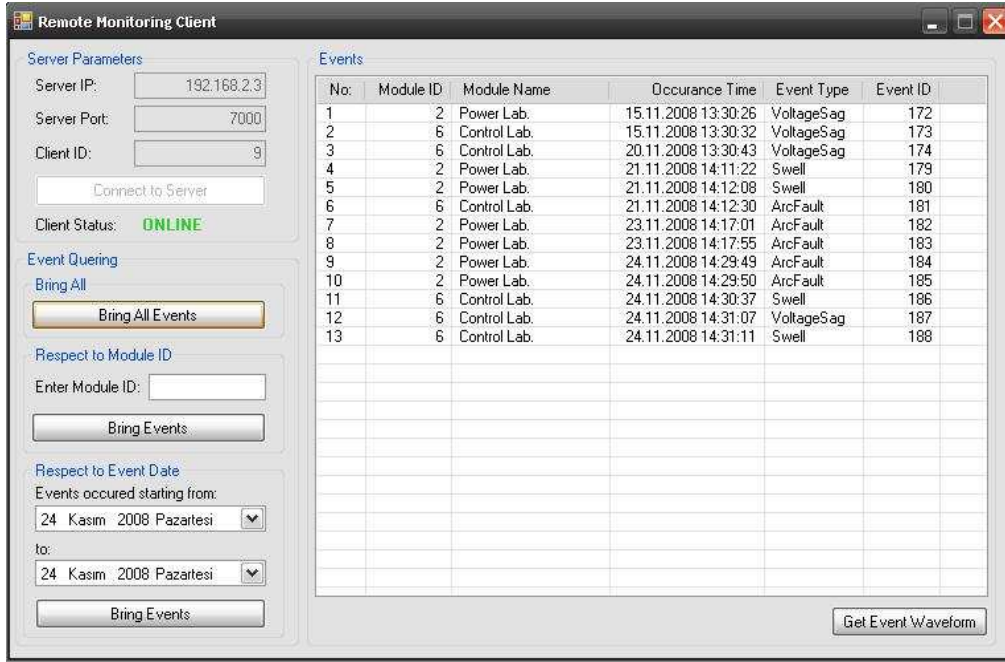
## 9.2. İstemciler

Uzaktan izleme sisteminde iki çeşit istemci bulunmaktadır. Bunlardan birincisi PC istencisi ikincisi ise PDA istencisidir. İstemciler internet üzerinden sunucuya bağlanmaktadır ve sunucudan istedikleri özelliklerdeki olay bilgilerini çağırarak görüntülemektedirler.

### 9.2.1. PC İstemcisi

PC'ler için istemci yazılımı, sunucu ile istemcilerin iletişim kurabilmesi için geliştirilen uygulama katmanı protokolünü gerçekleyen ve kolay kullanım için Şekil 9.5'te görülen basit bir görsel arayüzle donatılmış uygulamadır. Ağ ayarları ayarlandıktan sonra sunucuya bağlanarak sunucudan veritabanındaki enerji kalitesi olaylarının künyelerini ister ve kullanıcıya listeler. Kullanıcı listelenen künyelerden herhangi birini seçerek, seçtiği enerji kalitesi olayına ait

örneklenmiş dalga şeklinin tekrar sunucudan istemciye aktarılarak görüntülenmesini sağlayabilir. Bu şekilde kullanıcı her nerede olursa olsun, enerji kalitesi gözlem altında olan noktada gerçekleşen enerji kalitesi olaylarından haberdar olmakla beraber örneklenen sinyallerin dalga şekillerini de görebilmektedir.



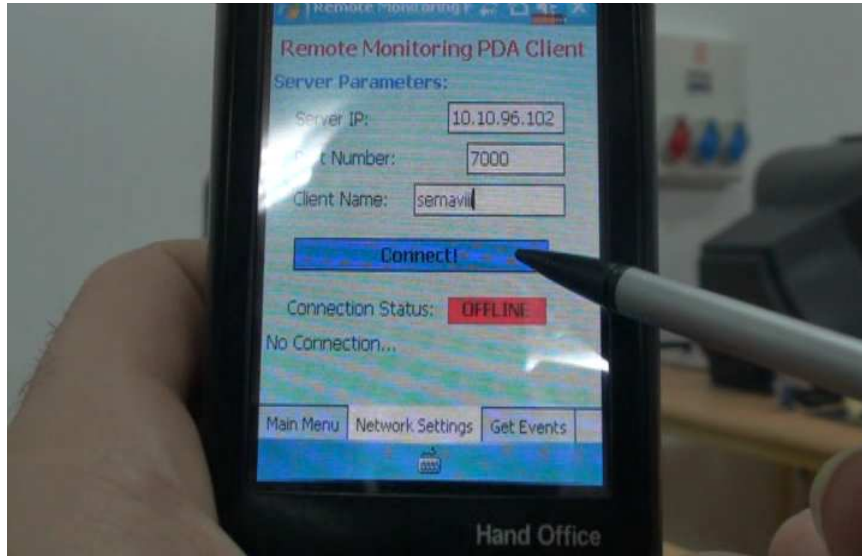
Şekil 9.5 PC İstemcisi Olay Künye Sekmesi

### 9.2.2. PDA İstemcisi

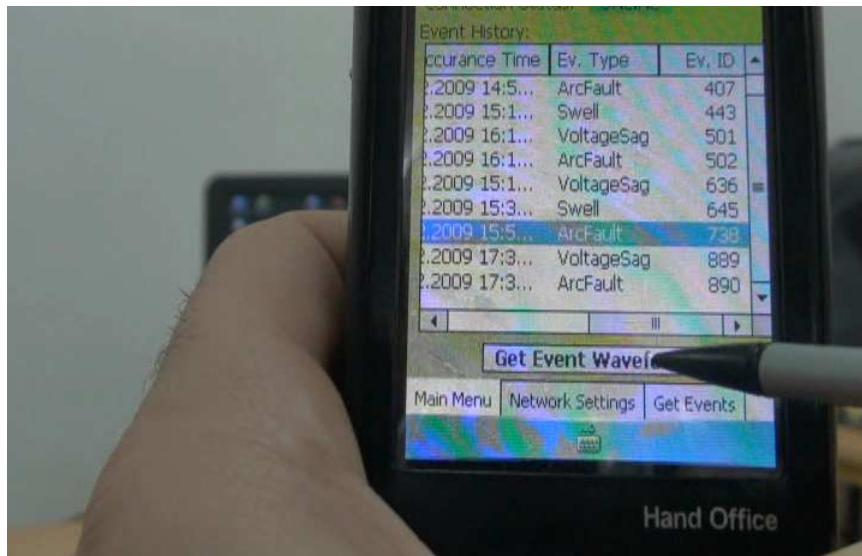
Sistemin mobilitesini geliştirmek amacıyla PDA (Personal Digital Assistant)'lar için de basit bir istemci yazılımı geliştirilmiştir. Bu yazılım Microsoft Pocket PC ve Windows Mobile işletim sistemleri üzerinde çalışabilmektedir. Yazılımı cihazına yükleyen kullanıcı GSM, GPRS ya da WiFi üzerinden internet erişimi sağladığı takdirde, bulunduğu herhangi bir noktadan sunucuya bağlanarak tespit edilip kaydedilmiş enerji kalitesi olaylarını görebilir ve istediği takdirde kayıtlı olaylardan herhangi birinin dalga şeklini cihazında görüntüleyebilir. Şekil 9.7'de olayların görüldüğü ekran ve Şekil 9.8'de olaya ait dalga şekli görülmektedir.



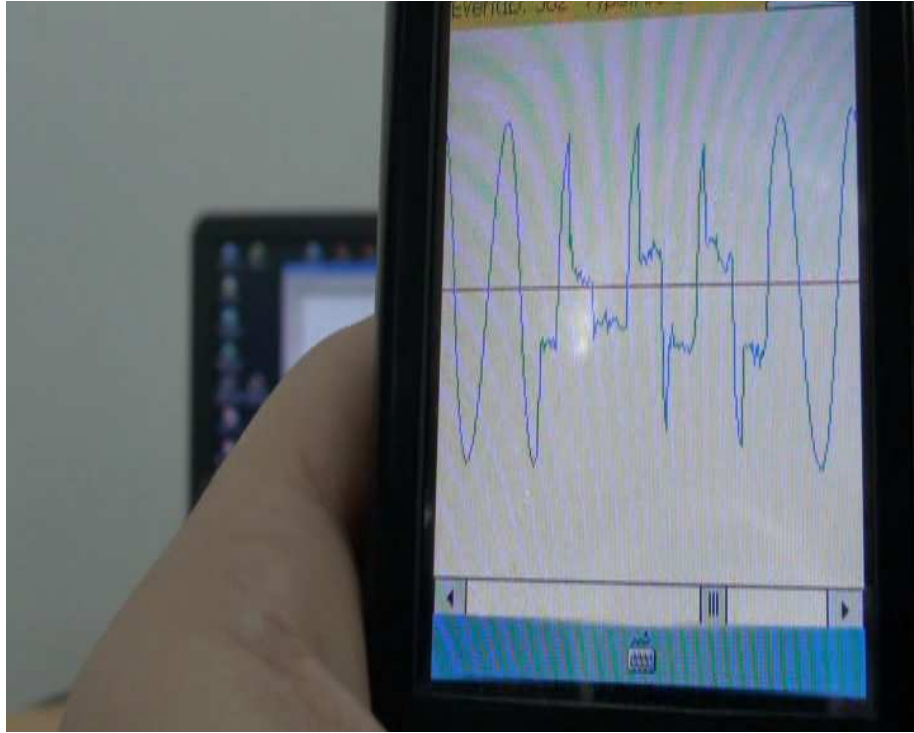
PDA için geliştirilen istemci yazılım, doğal olarak, PC için geliştirilene göre daha minimal özelliklere sahiptir. Benzer olarak PDA istemcisi de bağlanabilmek için sunucu parametrelerine ihtiyaç duymaktadır. Girilen ağ parametreleriyle sunucuya bağlantı sağlayan PDA istemcisi, sunucudan alınan enerji kalitesi olay künyelerini listeler ve kullanıcının seçtiği bir olayın dalga şeklini görüntüleyebilir.



Şekil 9.6 PDA istemcisi sunucu bağlantı ekranı



Şekil 9.7 PDA istemcisi olay seçme ekranı



Şekil 9.8 PDA istemcisi olay dalga şekli

## 10. SONUÇ

Bu çalışmada gerilim düşmesi, gerilim yükselmesi ve ark hatası gibi enerji kalitesi olaylarını tespit eden, tespit edilmiş olan olayları birbirinden ayırarak sınıflandıran, sınıflandırılmış olaya ait bilgileri ve dalga şeklini merkezi bir sunucuya aktaran ve eş zamanlı olarak ilgili kişilere kısa mesaj ile bilgi veren, sunucuya gelen olay bilgilerinin internet bağlantısı olan herhangi bir bölgeden PC veya PDA'da çalışan istemci yazılımı ile veri tabanından çekilerek izlenebildiği bir sistem başarı ile uygulanmıştır.

Sistemde enerji kalitesi olaylarının tespit edilmesi amacı ile işlem karmaşıklıkları birbirinden farklı olan üç yöntem kullanılmıştır. Yöntemlerden birincisi Yüksek Seviyeli İstatistiksel Parametrelere Dayalı Yöntem işlem karmaşası en düşük olan yöntemdir. Sadece gerilim düşmeleri ve ark hatalarını birbirinden ayırabilmektedir. Algoritma 16 bitlik bir mikrodenetleyicinin kullanıldığı bir gömülü sistem içerisine uygulanmıştır. Bu uygulama ile tüm ark hataları ve %85 oranındaki gerilim düşmeleri başarılı bir şekilde tespit edilebilmektedir. %85 ile %35 arasındaki gerilim düşmeleri ark hatalarından ayırt edilebilmektedir. Yöntemlerden ikinci seviyede işlem karmaşıklığına sahip olan Ortak Vektör Yaklaşımlı Yöntem ise DSP denetleyici içeren bir gömülü sistem içerisine uygulanmıştır. Bu yöntem ile gerilim düşmeleri, gerilim yükselmeleri ve ark hataları tespit edilebilmekte ve sınıflandırılabilir. Ortak Vektör Yaklaşımlı Yöntem ile gerilimin %95'inin altına indiği tüm gerilim düşmeleri , %105'inin üstüne çıktığı tüm gerilim yükselmeleri ve tüm ark hataları tespit edilebilmektedir. %35 altındaki gerilim düşmeleri ile ark hatalar, %85 üzerindeki gerilim düşmeleri ve %115 altındaki gerilim yükselmeleri sistem tarafından sağlıklı bir şekilde sınıflandırılmamaktadır. Ancak bahsedilen durumların dışında gerçekleşen olaylar birbirilerinden ayırt edilebilmektedirler. İşlem karmaşası en yüksek olan yöntem Görüntü Formuna Dayalı Yöntemdir. Bu algoritma üzerinde yüksek hafıza ve DSP denetleyici bulunduran bir gömülü sistem içerisine uygulanmıştır. Yöntem ile %85 altındaki gerilim düşmeleri ile tüm ark hataları tespit edilebilmektedir. Şebeke frekansındaki küçük kaymalar (Maksimum %1) tespit edilebilmektedir. Yöntemin ark hataları ile gerilim düşmelerini ayırt etme başarısı ile ilgili yeterli denemeler ve sonuçlar elde edilememiştir.

Enerji kalitesi olaylarını tespit eden ve sınıflandıran gömülü sistem uygulamaları dışında, bu sistemlerden elde edilen sonuçların internet ortamına aktarılabilmesi için kablolu ve kablosuz internet bağlantısı kurabilen iki adet gömülü sistem başarı ile tamamlanmıştır. Kablolu internet bağlantısı için üzerinde ethernet ayayüzü bulunan bir mikrodenetleyici kartı kullanılmıştır. 8 ve 16 bitlik mikroişlemciler için tasarlanmış olan uIP TCP-IP yığını işlemci içerisine gömülerek sistem internet bağlantısı kurabilecek hale getirilmiştir. Uygulama katmanında TCP soket uygulaması yazılarak enerji kalitesi olaylarına ait bilgiler internet ortamındaki merkezi bir sunucuya aktarılabilir hale getirilmiştir. Kablosuz internet bağlantısı için ise üzerinde bir mikrodenetleyici ve GPRS modül bulunan bir gömülü sistem kullanılmıştır. GPRS modül içerisinde bulunan TCP-IP yığını mikrodenetleyici içerisine yazılan uygulama ile kontrol edilerek internet bağlantısı sağlanabilmektedir.

PC ve PDA için yazılmış olan istemci yazılımları kullanılarak oluşan tüm olaylar sunucuya bağlanılarak izlenebilmektedir. Olaya ait dalga şekli, zamanı, olayın sınıfı gibi bilgiler görülebilmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] GEREK, Ö. N. ve ECE, D.G., *2D Analysis and Compression of Power Quality Event Data*, IEEE Transactions on Power Delivery, **19**(2), 791-798, April 2004.
- [2] GEREK, Ö. N. ve ECE, D.G., *Power Quality Event Detection Using Joint 2-D-Wavelet Subspaces*, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, **53**(4), 1040-1046, August 2004.
- [3] GEREK, Ö. N. ve ECE, D.G., *An Adaptive Statistical Method for Power Quality Analysis*, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, **54**(1), 184-191, February 2005.
- [4] GEREK, Ö. N. ve ECE, D.G., *Power-Quality Event Analysis Using Higher Order Cumulants and Quadratic Classifiers*, IEEE Transactions on Power Delivery, **21**(2), 883-889, April 2006.
- [5] GEREK, Ö. N. ve ECE, D.G., *Compression of power quality event data using 2D representation*, Electric Power Systems Research, **78**(1), 1047 - 1052, June 2008.
- [6] GEREK, Ö. N. ve ECE, D.G., *A 2D Representation for Analysis and Coding of Power Quality Events*, Proc. IEEE International Conference on Image Processing ICIP2003, Barcelona, Spain, **14**(17), September 2003.
- [7] GEREK, Ö. N. ve ÇETİN A.E., *An Edge-Sensing Predictor in Wavelet Lifting Structures for Lossless Image Coding*, EURASIP Journal on Image and Video Processing, 2007(1), ID 19313, January 2007.
- [8] TANRIÖVEN, M. ve İNCE R., *Elektrik Güç Sisteminin Kalitesini Bozan Faktörlerin İncelenmesi*, www.etmd.org.tr-Teknik Yazılar.
- [9] GEREK, Ö. N., ECE, D.G. ve BARKANA, A., *Covariance Analysis of Voltage Waveform Signature for Power-Quality Event Classification*, IEEE Trans. Power Delivery, **21**(4), pp.2022-2031, Oct. 2006.
- [10] WAEL, R., IBRAHİM, A. ve MORCOS, M. M., *Artificial intelligence and advanced mathematical tools for power quality applications: A survey*, IEEE Transactions on Power Delivery, **17**(2), 668–673, April 2002.

- [11] BOLLEN, M.H.J., *Understanding Power Quality Problems*, IEEE Press, Newyork, USA, 2000
- [12] DUNKELS, A., Full *TCP/IP for 8-Bit Architectures*, International Conference On Mobile Systems, Applications And Services, **85**(98), 2003
- [13] *uIP 0.9 Reference Manual*, 2003
- [14] FREESCALE SEMİCONDUCTORS, *MC9S12NE64 Data Sheet*, Rev. 0.05, 2004.
- [15] FREESCALE SEMİCONDUCTORS, *MC9S12E128 Data Sheet*, Rev. 1.07, 2005.
- [16] TEXAS INSTRUMENTS, *Code Composer Studio User's Guide*, February 2000.
- [17] SPECTRUM DIGITAL, *eZdsp F2804x Technical Reference*, Rev. B.,November 2006.
- [18] TEXAS INSTRUMENTS, *TMS320F28044 Digital Signal Processor Data Manual*, August 2006.
- [19] TEXAS INSTRUMENTS, *TMS320F2812 Digital Signal Processor Data Manual*, July 2007.
- [20] SIEMENS, *MC35i AT Command Set*, Ver. 01.03, May 2004.