

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Gömülü Sis. Tab. Uzak. Eri. ve
Günc. Elek. Ene. Kal. Ana.

Yüksek Lisans Tezi

Ali Kızıl

2006

152
481

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÖMÜLÜ SİSTEM TABANLI,
UZAKTAN ERİŞİLEBİLEN VE GÜNCELLENEBİLEN
ELEKTRİK ENERJİSİ KALİTE ANALİZÖRÜ**

Elektrik Müh. Ali KIZIL

**F.B.E. Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik Tesisleri Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Mehmet UZUNOĞLU

İSTANBUL, 2006

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE VE DOKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞI

Yer No (DDC) : R 152-481

Kayıt No : 3594

Geldiği Yer : Fen Bilimleri
Enstitüsü

Tarih : 05/12/2007

Fiyat : 3,60

Fatura No :

Ayniyat No : 23

Ek :

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

VII-72

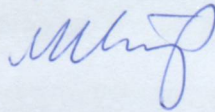
**GÖMÜLÜ SİSTEM TABANLI,
UZAKTAN ERİŞİLEBİLEN VE GÜNCELLENEBİLEN
ELEKTRİK ENERJİSİ KALİTE ANALİZÖRÜ**

Elektrik Müh. Ali KIZIL

F.B.E. Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik Tesisleri Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

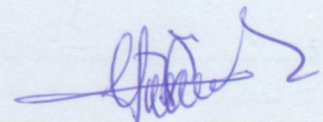
Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Mehmet UZUNOĞLU



Yrd. Doç. Dr. Ömer
Gül


İSTANBUL, 2006

Doç. Dr. Müğdesem TANRIÖ



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
1. GİRİŞ.....	9
2. ELEKTRİK ENERJİ KALİTESİ	9
2.1 Elektrik Enerji Kalitesi Çalışmalarının Gerekliliği	11
2.2 Enerji Kalitesi Probleminin Ortaya Çıkışı.....	12
2.3 Enerji Kalitesi Probleminin Kaynakları	12
2.4 Elektrik Enerji Kalitesi Probleminin Etkileri	12
2.5 Elektrik Enerji Kalitesi ile İlgili Kavramlar	13
2.5.1 Geçici Olaylar.....	13
2.5.2 Uzun Süreli Gerilim Değişimleri.....	13
2.5.3 Kısa Süreli Gerilim Değişimleri.....	14
2.5.4 Güç Frekans Değişimleri.....	15
2.5.5 Dalga Şekli Bozulması	15
2.5.6 Elektromagnetik Girişim (EMI)	19
2.6 Elektrik Enerji Kalitesi ile İlgili Standartlar.....	20
2.7 Türkiye’de Harmonik Standartları	23
2.7.1 Türkiye’de Gerilim Harmonikleri ile İlgili Sınırlandırmalar	23
2.7.2 Türkiye’de Akım Harmonikleri ile İlgili Sınırlandırmalar.....	24
3. ELEKTRİK ENERJİSİ KALİTESİNİN ÖNEMİ	26
3.1 Enerji Kalitesini Gözlemleme	27
3.1.1 MAS (Multi-Agent System) temelli elektrik enerjisi kalitesi gözlemleme.....	27
3.1.2 Dijital Sinyal İşlemci (DSP) Kart ile Gözlemleme	27
3.2 Gözlem Noktasının Tayini	28
3.3 Gözlem Metotları.....	29
4. YENİ BİR ÖLÇÜM METODU: MATLAB SUNUCU SAYFALARI ve VERİ EDİNİM KUTUSU	29
4.1 MATLAB Sunucu Sayfaları (MSP)	31
4.2 Önerilen Çözüm.....	34
4.2.1 MSP Mimarisi	36
4.2.2 MSP Teknolojileri	38
4.2.3 3-Katmanlı Sistem Yapısı:	41
4.2.4 Araştırma Metodu.....	43
4.2.5 Karşılaşılan Zorluklar	44
4.2.6 MSP Mimarisine Alternatif Olabilecek Çalışmalar	45
5. MSP TABANLI ENERJİ ANALİZÖRÜNÜN DONANIM YAPISI ve ÇALIŞMASI.....	45
5.1 MATLAB-Simulink Modeli ile Verilerin MSP’de Analizi	46
6. DENEYSEL SONUÇLAR VE KARŞILAŞTIRMA	49
7. SONUÇLAR.....	53

SİMGE LİSTESİ

V	Gerilim
I	Akım
P	Aktif güç
Q	Reaktif güç
S	Görünen güç
V_{ort}	Ortalama gerilim
ms	Mili saniye
Θ	Faz açısı
U	Fazlar arası gerilim
$V(t)$	Zamana bağlı gerilim ifadesi
$I(t)$	Zamana bağlı akım ifadesi
$P(t)$	Zamana bağlı güç ifadesi
q	Elektriksel yük
ϵ	Dielektrik katsayısı
d	Paralel levhalar arası mesafe
A	Paralel levhaların yüzey alanı
i	Ani akım değeri
v	Ani gerilim değeri
u	Birim hacimde depolanmış enerji miktarı
E	Elektrik alanı
W	Enerji
N	Bobin sarım sayısı
l	Bobin telinin uzunluğu
Φ_E	Manyetik akı
B	Manyetik alan şiddeti
T	Periyot
I_k	Kısa devre akımı
I_l	Maksimum yük akımı

KISALTMA LİSTESİ

AC	Alternatif akım	10
DC	Doğru akım	11
A-A	Alternatif akımdan alternatif akıma	27
D-A	Doğru akımdan alternatif akıma	28
Emk	Elektro motor kuvveti	31
ADC	Analog-dijital dönüştürücü	32
LPF	Low-pass fitler (Alçak geçiren filtre)	33
PC	Personal Computer (Kişisel bilgisayar)	40
RAM	Random Access Memory (Geçici bellek)	40
MSP	MATLAB Server Pages (MATLAB Sunucu Sayfaları)	47
pu	Per Unit (Birim Değer)	48
PQ	Power Quality (Güç Kalitesi)	50
CPU	Central Processor Unit (Merkezi İşlemci Birimi)	50

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Klasik elektrik enerjisi üretim, iletim, dağıtım ve tüketim sistemi.....	10
Şekil 2.2. Enerji kalitesinde bozulmaya sebep olabilen bazı durumlar.....	11
Şekil 3.1. Çok kanallı ve genişletilebilir güç kalitesi görüntüleme sistemi [6].....	27
Şekil 3.2. DSP ölçüm kartı	28
Şekil 4.1. MATLAB mimarisi, araçkutuları ve bloksetleri.....	31
Şekil 4.2. MATLAB ürün ailesi	32
Şekil 4.3. MSP mimarisin genel görünümü	36
Şekil 4.4. MSP'nin 3 katmanlı görünümü	41
Şekil 5.1. Enerji analizörü donanım yapısı.....	46
Şekil 5.2. Kontrol kartı algoritması	47
Şekil 5.3. Ölçüm sonucu çizdirilen akım ve gerilim dalga şekilleri.....	48
Şekil 5.4. Önerilen enerji analizörünün MSP içerisindeki Simulink modeli	Hata! Yer işareti tanımlanamadı.
Şekil 6.1. Fluke 434'den anlık olarak alınan gerilimin dalga şekli	50
Şekil 6.2. Fluke 434'den alınan gerilim harmonik spektrumu	50
Şekil 6.3. Fluke 434'den okunan 3. ve 9. harmonikler	51
Şekil 6.4. Fluke 434'den okunan 5. ve 7. harmonikler	51
Şekil 6.5. Fluke 434'den okunan 11. harmonik	52
Şekil 6.6. Geliştirilen enerji analizöründen elde edilen gerilim dalga şekli	52
Şekil 6.7. Geliştirilen Enerji Analizöründe Yürütülen Simulink Modelinin Değerleri	53

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1. Güç Kalitesizliğinin Kaynağı ile İlgili Sonuçlar	11
Çizelge 2.2. Copper Development Association'ın Gerilim Dalgalanmasından Kaynaklanan Finansal Kayıplar Araştırması	13
Çizelge 2.3. Çeşitli Ülkeler İçin Harmonik Standartları	21
Çizelge 2.4. IEEE Gerilim Harmonik Standartları	22
Çizelge 2.5. IEEE Akım Harmonik Standartları	22
Çizelge 2.6. 20 – 154 kV Arası İletim Sisteminde Kabul Edilebilir Harmonik Seviyeleri.....	23
Çizelge 2.7. 380 kV İletim Sisteminde Kabul Edilebilir Harmonik Seviyeleri	24
Çizelge 2.8. Elektrik İletim Sistemi Arz Güvenilirliği ve Kalitesi Yönetmeliği Harmonik Akım Seviyeleri	25
Çizelge 3.1. Güç Kalitesi Gözlem Metotları	29
Çizelge 4.1. MSP'nin Bünyesinde Bulundurduğu Teknolojiler ve Tanımlamaları	38

Harmonik Akım ve Gerilim Seviyeleri, Akım, Gerilim, Ölçüm Çizelge ON-AR-2 da yer alır.

ÖNSÖZ

Tezin amacı, ithal edilen ölçüm cihazlarına benzer özelliklerde bir enerji kalitesi analizörünün yapılabileceğini ispatlamaktır. Çalışmamızda enerji kalitesine yönelik harmonik analizleri sorunsuzca yapılmaktadır. Ayrıca sistemin gerilim ve akım dalga şekilleri görülebilmekte ve değersel olarak elde edilebilmektedir. Ortaya konan enerji analizörünün tüm yazılımsal ve donanımsal kısımları tarafımızdan geliştirildiği için geliştirmeye açıktır.

Ayrıca enerji analizörü sisteminde kullanılan ve yine tarafımızca geliştirilen MATLAB Sunucu Sayfaları arabiriminin, yurtdışındaki ve yurtiçindeki farklı çalışmalarda da kullanılması bizim için ayrıca bir sevinç kaynağıdır.

Bu çalışmamda, başta tez danışmanın Sn. Yrd. Doç. Dr. Mehmet UZUNOĞLU'na eğitim hayatım boyunca gösterdiği yardım ve yönlendirmelerden dolayı ve diğer öğretim üyesi hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca birlikte çalıştığım arkadaşlarım, Sn. Arş. Gör. Bülent VURAL'a ve Sn. Arş. Gör. Ömer Çağlar ONAR'a da teşekkür ederim.

ÖZET

Tezin amacı yazılımsal ve donanımsal yapısı ile bir elektronik cihaz tasarlayarak, ortaya enerji kalitesi analizörü çıkarmaktır. Geliştirilen analizör, veri edinim görevi yapan ve gerilim/akım sensörleri yardımıyla ölçtüğü değerleri sıfır noktasını bularak bir periyod boyunca hafızaya alan bir elektronik karta sahiptir. Elektronik karttaki veriler, gömülü bilgisayara aktarılarak, MATLAB Sunucu Sayfaları (MATLAB Server Pages – MSP) olarak nitelendirdiğimiz yeni bir MATLAB arabirimine iletilmektedir.

MATLAB Sunucu Sayfaları; n-katmanlı bir mimaride çalışarak, elde ettiği verileri kullanıcılara bir web sayfası üzerinden gösterebilen, verileri bir veritabanında tutabilen veya herhangi bir cihaz üzerinde MATLAB'ı kullanarak enerji kalitesine yönelik analizleri gerçekleştirebilen bir arabirimdir. Java ile tasarlanan arabirim, tezin haricinde şu an Yıldız Teknik Üniversitesi Gemi İnşaat Mühendisliği Bölümü DPT Projesi kapsamında ve Atina Teknik Üniversitesi – Yunan Enerji Bakanlığı ortaklığında EMIR projesinde işlem motoru olarak da kullanılmaktadır.

Elektronik cihaz, veri edinim kartı ve gömülü sistem ile birlikte bir enerji sisteminin gerilim, akım, güç değerlerini ölçebilir ve harmonik analizini yapabilir bir durumdadır. Cihaz ile birlikte istenilen senaryo analizleri de yapılabilir. Örneğin, enerji sistemine eklenecek bir yükün enerji kalitesinde nasıl bir değişikliğe sebep olacağı analiz edilebilir.

Geliştirilen cihaz, sistem ve ağ mimarisi ile uzaktan yönetilebilir ve çalıştırılabilir. Enerji sistemine yerleştirilecek bu cihaz ile firmada yetkin çalışan bir kişiye ihtiyaç kalmadan danışmanlık hizmeti de verilebilir.

ABSTRACT

The purpose of the thesis is to introduce an energy quality analyzer that has both hardware and software sides. Developed analyzer has a data acquisition card, which uses voltage/current sensors to measure a period of values by zero detection method and this card stores these values to RAM. The data acquisition card send these stored data to a embedded PC running MATLAB Server Pages. MATLAB Server Pages is a new framework for MATLAB software.

MATLAB Server Pages framework supports n-tier architecture so it can visualize the data on a web page, can store the data on a database and can use any MATLAB installed computer to calculate energy quality units. The framework is developed under Java coding and now it is being used by Department of Naval Architecture of Yildiz Technical University for Prime Ministry State Planning Organization KAAN project. And also Athina Technical University – Greek Energy Ministry cooperation uses MATLAB Server Pages for energy management and intelligent reporting.

Belonging data acquisition card and embedded PC in developed analyzer can measure voltage and current values and can analyze energy harmonics. Moreover, it has a scenario feature, so it is possible to know the energy quality variance in case of a new load installation.

The system and network architecture of the developed analyzer has remote management and remote processing features too. Any energy consultant can run the device and make analysis.

1. GİRİŞ

Enerji yaşamın devam etmesi için gereken temel ihtiyaçlardan birisidir. Günümüzde enerji kaynaklarının tükenmesi ve artan dünya nüfusu, var olan enerji kaynaklarının düzgün bir şekilde yönetilmesi durumunu ortaya çıkarmıştır.

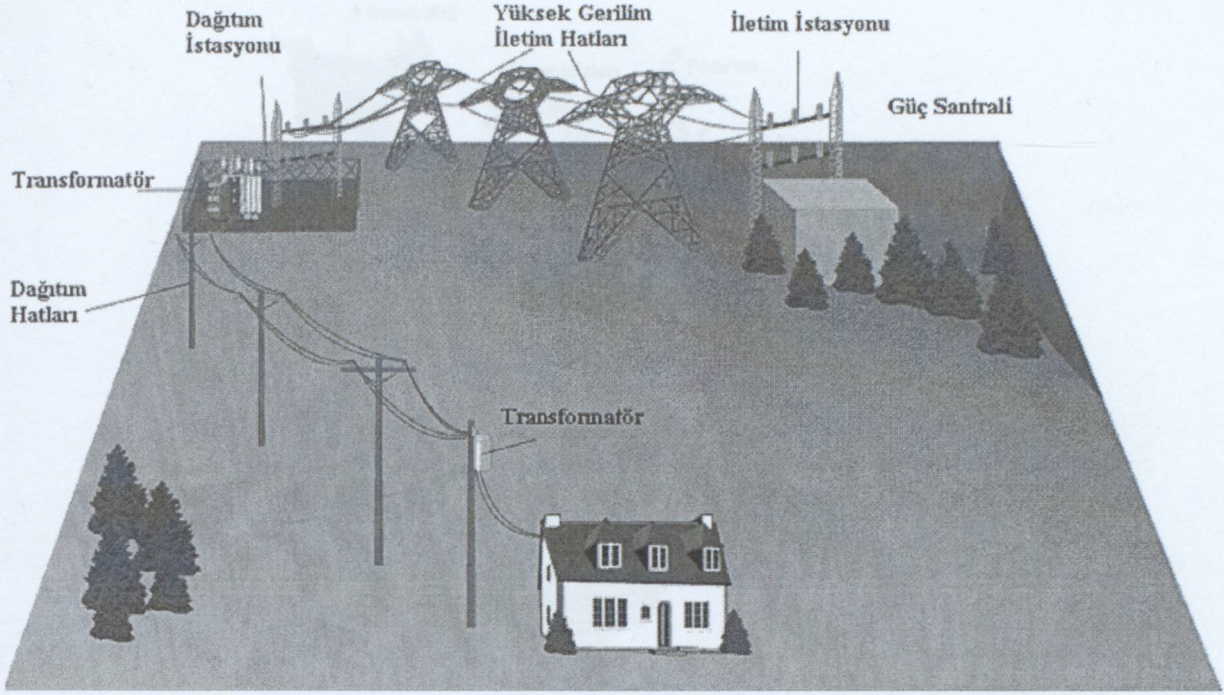
Temel enerji kaynaklarından biri elektrik enerjisidir. Elektrik enerji kalitesi, üretilen enerjinin en az kayıpla, diğer bir söylemle en yüksek verimle tüketiciye iletilmesidir. Elektrik enerji kalitesinin korunması, iyi bir ölçüm sistemini de gerektirmektedir. Bu sayede kalitenin hangi noktalarda azaldığı ve hangi sorunların buna sebep olduğu bilinebilir.

Günümüzde çeşitli ölçüm cihazları ile analiz yapmak mümkündür. Fakat bu cihazların maliyetlerinin yüksek olması, hem de donanımlı kişilerce kullanılması gerekliliği, yaygın bir biçimde elektrik enerji kalitesi izlenmesinin ve analiz edilmesinin önünde bir set oluşturmaktadır.

Tez ile gerçekleştirilen enerji analizörü, piyasada mevcut enerji analizörleri gibi gerilim ve akım değerlerini ölçebilir ve ölçüm sonuçlarına göre enerji kalitesi parametrelerini de hesaplayabilir bir konumdadır. Geliştirilen enerji analizörü PIC tabanlı veri edinim kartından ve gömülü PC'den oluşmaktadır. Bu sayede düşük maliyetli bir sistemdir. Aynı zamanda açık bir mimariye sahip olduğundan, yeni enerji kalitesi standartlarına göre güncellenebilir durumdadır. Yine cihaz uzaktan kontrol edilebilir olduğundan, yetkin kişiler tarafından da kolaylıkla kullanılabilir.

2. ELEKTRİK ENERJİ KALİTESİ [1]

Elektrik enerjisi en çok kullanılan enerji türü olarak her zaman var olmuştur. İnsanoğlu tarafından sürekli kullanılmakta olan bu enerji türünün bazı problemleri de halen aşılamamış görünmektedir. En etkili sorunlardan bir tanesi, enerji kalitesinin güvence altına alınamamasıdır. Bu konuyla ilgili “Güç Kalitesi” veya “Elektrik Enerji Kalitesi” olarak adlandırılan uzmanlık dalları da oluşmuştur.



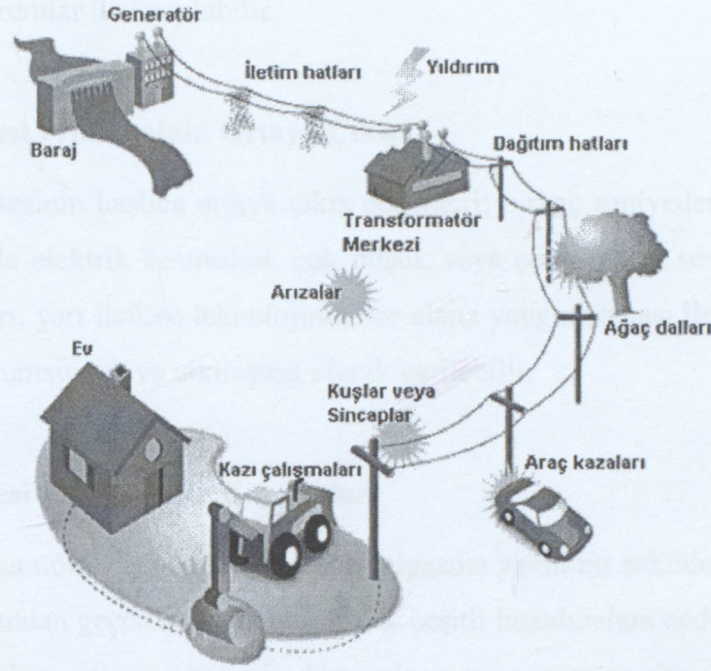
Şekil 2.1. Klasik elektrik enerjisi üretim, iletim, dağıtım ve tüketim sistemi.

Şekil 2.1’de görüldüğü gibi elektrik enerjisi kalitesinin sağlanması; sadece güç santrallerinde biten bir olay değil, bu noktada başlayıp, bir ekip çalışması gibi sistemin tüm parçalarının da belirli kalitede bulunması ile mümkündür.

Kaliteli bir enerjinin sağlanabilmesi için; enerjinin sürekliliği, gerilim ve frekansın tolere edilebilir seviyelerde olması, güç faktörünün bire (1) yakınlığı, faz gerilimlerinin dengeli olması, gerilim ve akımdaki harmonik miktarının belirli değerde kalması gibi bir takım kriterlerin göz önüne alınması gereklidir.

Avrupa Birliği tarafından yapılan araştırmalarda endüstriyel ve ticari alanda meydana gelen kaybın, her yıl milyonlarca Euro civarında olduğu tahmin edilmektedir. Bu duruma karşın kalite problemlerinin giderilmesine yönelik harcamalar bu sayının %5’i civarındadır.

Enerji kalitesini belirleyecek bir takım tanımlamaların ve standartların oluşması kaçınılmaz olmuştur. Standartların konulmaması, enerjiyi tüketen ve üreten arasında farklı “kalite” anlayışlarının çıkmasına sebep olmaktadır. Bunun için tüketici odaklı olarak bu konuya yönelik enerji kalitesi problemleri; “kullanıcı aletlerinin yanlış veya hiç çalışmamasına neden olacak gerilim, akım ve/veya frekanstaki değişimler” olarak tanımlanabilir. Şekil 2.2’de enerji kalitesine yönelik problem oluşturabilecek bazı vakalar örneklenmiştir.



Şekil 2.2. Enerji kalitesinde bozulmaya sebep olabilen bazı durumlar

Georgia Power Co. Tarafından yapılan güç kalitesizliği kaynağı ile ilgili araştırma sonucu, aşağıda Çizelge 2.1'deki veriler elde edilmiştir.

Çizelge 2.1. Güç Kalitesizliğinin Kaynağı ile İlgili Sonuçlar

%	Doğal	Üretici	Müşteri	Komşu	Diğer
Müşteri	60	17	12	8	3
Üretici	66	1	25	8	0

2.1 Elektrik Enerji Kalitesi Çalışmalarının Gerekliliği

Elektrik Enerji Kalitesindeki düşüş, hem enerji ağını, hem de kullanıcıları olumsuz etkilemekte ve ekonomik kayıplar doğurmaktadır. Örneğin; endüstride imalatçılar daha hızlı ve hatasız çalışan makineler arzulamalarına rağmen, iyi bir enerji kalitesi fizibilitesi çalışması yapılmaksızın gerçekleşecek bu yatırımlar, kurumlardaki enerji sistemlerinde bozulmalara yol açacak ve hatta komşularını da etkileyecektir.

İyi bir araştırma ve geliştirme çalışması sonrası alınacak önemlerde, ilk yatırım maliyetleri yüksek olsa da, işletme maliyetleri azalacak ve orta vadede kurum için karlılık doğuracaktır. Aksi durumlarda, cihazlarda arızalanmaların oluşması, fazla enerji tüketimi meydana gelmesi

gibi istenmeyen durumlar ile karşılabılır.

2.2 Enerji Kalitesi Probleminin Ortaya Çıkışı

Elektrik enerji kalitesinin başlıca ortaya çıkış nedenleri; birkaç saniyeden birkaç saate kadar devam eden komple elektrik kesintileri, çok düşük veya çok yüksek seviyelerde gerilim ve akım dalgalanmaları, yarı iletken teknolojinin her alana yaygınlaşması ile oluşan bozulmalar, elektromagnetik uyumsuzluk ve etkileşimi olarak verilebilir.

2.3 Enerji Kalitesi Probleminin Kaynakları

Gerçek hayatta generatörler her ne kadar sinüs dalgasına yakın bir şekilde gerilim üretselerde, sistemin empedansından geçen akımlar, gerilimde çeşitli bozulmalara neden olabilir. Örneğin; kısa devre sonucu oluşan akım, gerilimin düşmesine veya tamamen çökmesine neden olabilir. Yıldırım darbeleri, yüksek darbe gerilimlerine yol açabilir. Harmonik üreten yükler üzerinden geçen akımlar, sistemin empedansından geçerek gerilim şeklini bozabilirler ve müşterilere bozuk gerilimle beslenme durumu oluştururlar.

Bu bağlamda yapılan araştırmalara göre; gerilim düşmesine veya çökmesine en sık olumsuz hava koşulları neden olmaktadır. Yüksek darbe gerilimlerinin oluşturduğu kalite problemleri hatalı topraklama veya gevşek bağlantıların bir sonucu olarak yaygın şekilde görünmektedir. Harmoniklere, genellikle sistemde yer alan elektriksel elemanların filtrelenmemesi sebep olmaktadır.

2.4 Elektrik Enerji Kalitesi Probleminin Etkileri

Enerji kalitesi problemleri özellikle sanayi kuruluşlarını çok olumsuz yönde etkilemektedir. Bir sanayi kuruluşu için, makine ve teçhizatının onarımı veya yenilenmesi ve iş kaybı milyon dolarları bulabilmektedir. Örneğin; kısa süreli bir elektrik kesintisi bile olsa birbiri ile eşzamanlı çalışan makinelerin daha ürüne dönüşmemiş malzemeleri işlenemez duruma gelebilir, ya da bir bankanın sunucusunun çalışmaması bir çok kişiyi etkileyebilir. Farklı yerler için değerler Çizelge 2.2’de oluşturulmuştur.

Çizelge 2.2. Copper Development Association'ın Gerilim Dalgalanmasından Kaynaklanan Finansal Kayıplar Araştırması

Sanayi	Herbir olaydaki finansal kayıp (Euro)
Yarıiletken Sanayisi	3.800.000
Finans Sektörü	6.000.000/saat
Bilgi İşlem Sektörü	750.000
Telekomünikasyon	30.000/dakika
Çelik Sanayi	350.000
Cam Sanayi	250.000

2.5 Elektrik Enerji Kalitesi ile İlgili Kavramlar

2.5.1 Geçici Olaylar

Güç sistemlerinin analizinde arzu edilmeyen ve anlık olarak gerçekleşen bir olayı belirtmek için kullanılan terimdir. Geçici olaylar yıldırımlardan dolayı darbe şeklinde veya bir reaktif güçten ötürü salınım formunda olabilir. Geçici olaylar mili- veya mikro-saniyeler mertebesinde gerçekleşip, dalgadaki bozulma şiddeti ve bozulmadaki değişim hızı yüksektir.

2.5.1.1 Darbe Biçimindeki Geçici Olaylar

Polarite bakımından tek yönlü (pozitif veya negatif) olan gerilim ve akım parametrelerinin her ikisinde, sürekli hal koşulunda güç frekansında olmayan ani değişim olarak tanımlanır.

2.5.1.2 Salınım Biçimindeki Geçici Olaylar

Tek yönlü olmayan pozitif ve negatif polariteli değerler içeren gerilim ve akım parametrelerinin her ikisinin sürekli hal koşulunda güç frekansında olmayan ani değişimi olarak tanımlanır.

2.5.2 Uzun Süreli Gerilim Değişimleri

ANSI C84.1 standartlarına göre, sistemin güç frekansındaki 1 dakikadan daha uzun süreli efektif değer sapmalarını kapsayan değişimlerdir. Bu değişimler aşırı gerilim veya düşük gerilim şeklinde olabilir. Genellikle yük değişimleri ve sistemdeki açma kapamaların

sonucunda oluşur.

2.5.2.1 Aşırı Gerilim

1 dakikadan fazla gerilimin efektif değerinin %10'dan daha fazla artması durumudur. Büyük bir yükün devreden alınması veya kondansatör grubunun devreye girmesi bu durumu oluşturabilir.

2.5.2.2 Düşük Gerilim

1 dakikadan fazla gerilimin efektif değerinin %10'dan daha fazla azalması durumudur. Neden olan olaylar, aşırı gerilime neden olan sonuçların tam tersidir.

2.5.3 Kısa Süreli Gerilim Değişimleri

IEC tarafından ele alınan kesinti (interruption), gerilim düşmesi (sag), gerilim yükselmesi (swell) ve çöküntü (dip) konularını içerir. Kısa süreli gerilim değişimleri arıza durumundan, yüksek yol verme akımı gerektiren büyük yüklerin enerjilendirilmesinden, güç sistemindeki bağlantı elemanlarında meydana gelecek kısa süreli temassızlıklardan kaynaklanabilir, gerilimin yükselmesine veya düşmesine veya tamamen kesilmesine sebep olabilir.

2.5.3.1 Kesinti

1 dakikayı aşmayan bir zaman periyodunda, kaynak geriliminin 0.1 pu'nun da altına düşmesi halinde kesinti oluşur. Kesilmeler güç sistemindeki hataların, donanım arızalanmalarının ve kontrol sistemlerindeki bozulmaların neticesinde oluşabilir. Kesinti süresi, koruma cihazının devreye girme süresi olarak belirlenir.

2.5.3.2 Kısa Süreli Gerilim Çökmesi

0.5 periyottan 1 dakikaya kadar geçen sürede gerilimin 0.1 pu ile 0.9 pu değerleri arasında bir azalma göstermesi, çökme olarak tanımlanır. Gerilim çökmeleri genellikle sistem arızaları ile ilgilidir. Bununla birlikte büyük yüklerin devreye girmesi veya güçlü motorların yol alması sırasında da oluşabilir.

2.5.3.3 Kısa Süreli Gerilim Yükselmesi

0.5 periyottan 1 dakikaya kadar geçen sürede güç frekansında veya akımın efektif değerinde 1.1 ile 1.8 pu değerleri arasında meydana gelen artış, gerilim yükselmesi olarak tanımlanır.

Gerilim çökmeleri kadar yaygın değildir.

2.5.3.4 Gerilim Dengesizliği

Üç fazlı akım ve gerilimlerin yüzde cinsinden ortalamasından maksimum sapma olarak ifade edilir. Negatif, sıfır ve pozitif olarak adlandırılan simetrik bileşenlerin kullanılması da dengesizliği belirtir.

2.5.4 Güç Frekans Değişimleri

Güç frekans değişimleri, 50 Hz veya 60 Hz olarak tanımlanan temel frekans değerlerinden sapma olarak tanımlanır. Temel frekans, sistemi besleyen generatörün açısal hızı ile doğrudan ilişkilidir. Frekansın limitler dışına çıkması durumunda, iletim sisteminin büyük bir kısmında arızalara, geniş ölçekli yüklerin veya büyük yüklü güçlerin devre dışı kalmasına sebep olabilir.

2.5.5 Dalga Şekli Bozulması

Prensip olarak sapmanın spektral içeriği ile karakterize edilen ideal sinüs dalga şekilli güç frekansından kararlı hal sapması olarak ifade edilir. DC bileşenin ideal dalga şekline etkisi, harmonik ve ara-harmoniklerin oluşması, çentik ve gürültü oluşumları gibi dalga şekli bozulma tipleridir.

2.5.5.1 DC Bileşen

Genellikle güç elektroniği konverterlerinin asimetrisinin sonucunda oluşmaktadır. DC bileşen, transformatör sargılarında zararlı etkiye sahip olup, doyma problemine yol açmaktadır. Bu durum transformatörlerde ısınmaya ve ömür kısalmasına neden olmaktadır. Topraklama elemanlarında da elektrolitik erozyon etkisi oluşturur.

2.5.5.2 Harmonikler [1, 2]

Günümüzde, elektrik enerji kalitesi problemlerinde en sık rastlanan problemlerden biri de harmoniklerdir. Bu durumdan ötürü harmonikler detaylı olarak ele alınmıştır.

Elektrik enerji sisteminde akım, gerilim büyüklüklerinin dalga şekli sinüsoidal bir değişime sahip olmalıdır. Bunun için sistemin sinüsoidal kaynakla beslenmesi ve lineer yüklerle yüklenmesi gereklidir. Ancak, güç sistemine bağlanan ve sayıları gittikçe artan nonlineer yükler, sistemdeki akım ve gerilim büyüklüklerinin nonsinüsoidal olmasına, yani harmonik

distorsiyonuna neden olurlar. Nonlineer yüklerin güçleri düşük değerde olsa bile, yine de geriliminin dalga şeklini bozarlar. Enerji sistemlerinde çok sayıda düşük güçlü nonlineer yük bulunduğu düşünülürse, ek kayıpların, harmonik gerilimlerin ve distorsiyon değerlerinin yüksek değerlere ulaşması kaçınılmaz bir gerçektir.

Harmonik distorsiyonu, enerji sisteminde ve enerji sistemine bağlanan elemanlar üzerinde olumsuz etkiler meydana getirir. Teknik ve ekonomik pek çok etkisi olan harmoniklerin bu etkilerinin bilinmesi ve işletmelerde analizlerinin yapılması hem enerji kalitesi açısından hem de işletmenin sürekliliği açısından son derece önemlidir.

Harmonikler; motorlar, generatörler, kondansatörler, transformatörler ve enerji iletim hatlarında ilave kayıplara neden olurlar. Bazı durumlarda da harmonikler, güç sistem elemanlarının zarar görmesine veya devre dışı kalmalarına yol açabilirler. Ayrıca harmonikler nedeniyle sistemde çeşitli frekansta akım ve gerilim bileşenleri bulunacağından, rezonans olayının meydana gelme olasılığı artacaktır. Rezonans sonucu oluşabilecek aşırı akım ve gerilimler, işletmedeki elemanlara büyük zararlar verecektir.

Harmonik Büyüklüklerine Ait Tanımlar ve Kavramlar

Güç sistemlerinde akım ve gerilimin dalga şeklinin (ideal olarak) sinüsoidal biçimde olması istenir. Fakat bu her zaman mümkün olmaz. Bazı olaylar ve elemanlar sebebiyle enerji sistemindeki sinüsoidal dalga bozulur. Bozulmuş olan bu dalga “nonsinüsoidal (sinüsoidal olmayan) dalga” olarak adlandırılır. Güç sistemlerinde harmoniklerin anlaşılabilmesi ve etkinliğinin analizlerle ortaya konmasında nonsinüsoidal dalgaların çok iyi bilinmesi yararlı olacaktır.

Genellikle, güç sistem çalışmaları için tanımlanan elektrik büyüklükleri, sinüsoidal sürekli hal işletim sistemleri için tanımlanmıştır. Ancak, nonlineer elemanlardan dolayı harmonikler söz konusu olduğunda, bu elektrik büyüklüklerinin yeniden tanımlanmasına ihtiyaç vardır.

Nonsinüsoidal Durumda Elektrik Büyüklükleri

Güç sisteminde harmonik bileşenleri bulunan gerilim ve akımın ani değerleri Fourier serileri ile aşağıdaki biçimde ifade edilebilir:

$$v(t) = \sum_{n=1}^{\infty} v_n(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{2} V_n \sin(n\omega_1 t + \theta_n) \quad (2.1)$$

$$i(t) = \sum_{n=1}^{\infty} i_n(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{2} I_n \sin(n\omega_1 t + \delta_n) \quad (2.2)$$

burada v_n ve i_n , n. harmonik geriliminin ve akımının ani değerleri olup, DC terimler basitleştirme amacıyla ihmal edilmiştir. V_n ve I_n sırasıyla, n. harmonik mertebesi için gerilim ve akımın efektif değerleridir. ω_1 , ise temel frekansa (f_1) ait açısal frekanstır. θ_n ile δ_n ise sırasıyla n. harmonik için gerilim ve akıma ait faz açısıdır.

Ani güç,

$$p(t) = v(t)i(t) \quad (2.3)$$

olarak ifade edilir ve $p(t)$ 'nin T periyodunda aktif gücü

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt \quad (2.4)$$

olarak verilir. Yukarıdaki eşitliklerden aktif güç,

$$P = \sum_{n=1}^{\infty} V_n I_n \cos(\theta_n - \delta_n) = \sum_{n=1}^{\infty} P_n \quad (2.5)$$

olarak elde edilir. Farklı frekanslardaki akım ve gerilimlerin aktif güce katkısı yoktur (Örneğin, 3. harmonik gerilimiyle 5. harmonik akımının çarpımı). Harmonikler tarafından üretilen aktif güç genellikle, temel aktif güce oranla çok küçüktür.

$$S = V.I \quad (2.6)$$

olur. Görünen gücün yaygın bir şekilde kabul edilen tanımı şu biçimdedir

$$S^2 = P^2 + Q^2 + D^2 \quad (2.7)$$

burada D, distorsiyon gücü olup

$$D = (S^2 - P^2 - Q^2)^{1/2} \quad (2.8)$$

eşitliği ile ifade edilir. Distorsiyon gücü aktif olmayan bir güç olup sinüsoidal işaretli lineer devrelerde sıfırdır.

Araştırmacılar ve bilim adamları arasında distorsiyon gücü ve reaktif gücün fiziksel anlamlarında ve tanımlamalarında hala bir birliktelik söz konusu değildir.

Reaktif güç,

$$Q = \sum_{n=1}^{\infty} V_n I_n \sin(\theta_n - \delta_n) \quad (2.9)$$

olarak verilir.

Güç faktörü kavramı, AC güç sisteminden çekilen akımın bir yük tarafından ne kadar verimlilikle kullanıldığını ölçmek için gerekir. Sinüsoidal veya sinüsoidal olmayan durumlar ayırt etmeksizin toplam güç faktörü,

$$GF = \frac{P}{S} \quad (2.10)$$

olarak tanımlanır ve burada P ile gösterilen aktif güç temel frekans bileşeni ve diğer harmonik bileşenlere ait güçlerin toplanmasıyla bulunur.

Toplam Harmonik Distorsiyonu (THD)

Harmonik büyüklüklerin sınırlandırmasını amaçlayan standartlarda çok yaygın olarak kullanılan toplam harmonik distorsiyonu gerilim ve akım için sırasıyla,

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \quad \text{ve} \quad THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \quad (2.11)$$

ifadelerinden yararlanılarak bulunur. Görüldüğü gibi THD, harmonik bileşenlerin efektif değerlerinin, temel bileşen efektif değerine oranıdır ve genellikle yüzde olarak ifade edilir. Bu değer, harmonikleri içeren periyodik dalga şeklinin, tam bir sinüs dalga şeklinden sapmasını tespit için kullanılır. Sadece temel frekanstan oluşan tam bir sinüs dalga şekli için THD sıfırdır.

Benzer şekilde, n. harmonik mertebesindeki gerilim ve akım için tekil harmonik distorsiyonları sırasıyla,

$$HD_V = \frac{V_n}{V_1} \quad \text{ve} \quad HD_I = \frac{I_n}{I_1} \quad (2.12)$$

olarak tanımlanır.

2.5.5.3 Ara Harmonikler

Güç sisteminin çalışması için gerekli olan 50 Hz veya 60 Hz'lik frekansın tam sayı katlarında olmayan frekanslar içeren akım ve gerilimler, ara harmonikler olarak adlandırılır. Ara harmonikler ayırık frekanslar ve geniş band spektrumunu olarak görülebilirler. Ara harmonik distorsiyonu, yük değişimi ile değişim göstermektedir. Statik frekans konverterleri, indüksiyon fırınları ve kaynak makineleri ara harmoniklere sebep olabilir.

2.5.5.4 Çentik

Normal çalışma durumunda güç elektroniği aygıtlarında bir fazdan diğer faza akımın komutasyonu nedeniyle meydana gelen periyodik gerilim bozulması olarak ifade edilir. Çentiğin sürekli olması durumunda, frekansı çok yüksek bir harmonik bileşen olarak karakterize edilebilir.

2.5.5.5 Gürültü

Faz iletkenlerinde güç sistem akım ve gerilimlerini 200 kHz'den daha küçük spektral genişlik ile yükleyen veya nötr iletkenleri ile sinyal hatlarında bulunan, istenmeyen elektriksel işaretler olarak tanımlanır. Güç elektroniği aygıtları, kontrol devreleri, ark fırınları, yarı iletken doğrultucu yükler ve anahtarlamalı güç kaynakları gürültüye sebep olabilir. Filtreler, izolasyon transformatörleri, hat kompanzatörleri ve topraklama ile ortadan kaldırılabilir.

2.5.5.6 Gerilim Dalgalanması

ANSI C84.1 standartlarına göre gerilim dalgalanması, 0.9 – 1.1 pu değerleri arasındaki gerilim bölgesinde kalan rastgele veya simetrik gerilim değişimleridir.

IEC 61000-2-1 standartlarında, yük akımının genliğinde sürekli ve hızlı değişimler gösteren durumlar kırpışma (flicker) olarak nitelenmiştir. Gerilim dalgalanması elektromagnetik bir olaydır.

2.5.6 Elektromagnetik Girişim (EMI)

Genliği 100 μ V ile 100 V ve frekansı 10 kHz ile 1 GHz arasında olan küçük enerji bozucu bir dalgadır. Anahtarlamalı güç kaynakları, motor kontrol devreleri, telsiz yayınları ve güç hatları üzerinden yapılan haberleşmeden kaynaklanmaktadır.

2.6 Elektrik Enerji Kalitesi ile İlgili Standartlar

Kullanıcı açısından besleme noktasındaki kalite önem taşımaktadır. Müşteriye verilen enerjinin kaliteli olması için, iletim ve dağıtım noktalarında gerekli tedbirlerin alınmış olması ve kullanıcının da enerji kalite standartlarına uygun ürün seçmesi gerekmektedir.

Her ne kadar elektrik enerji kalitesi olarak vurgulansa da, gerilimin kalitesi vurgulanmaktadır. Çünkü güç sistemlerinde sadece gerilimin kalitesi kontrol edilebilir. Özel yüklerin çekebileceği akımlar üzerinde kontrol söz konusu değildir. Bundan ötürü, enerji kalitesi standartları gerilimi belli limitler içerisinde tutmak üzere kurulmuştur.

Elektrik enerji sistemlerinde bulunan harmoniklerinin miktarını sınırlamak maksadıyla kullanılan iki ayrı yöntem vardır. Bunlardan birincisi; IEC (International Electrotechnic Commission) tarafından da tercih edilen herhangi bir nonlinear yükün bağlandığı noktada uygulanan yöntemdir. İkinci yöntem; ise IEEE (Institute Of Electrical And Electronics Engineers) tarafından benimsenen, birden fazla nonlinear yükün beslendiği bir veya daha fazla merkezi noktada uygulanan bir yöntemdir.

IEC tarafından öngörülen sınırlama mantığında, tek tek her bir yükten kaynaklanan harmoniklerin sınırlandırılması söz konusudur. Böylece harmoniklerin toplamsal etkisinin de sınırlandırılacağı kabulüne dayanır. Bu mantık düşünsel bazda etkin olmakla birlikte uygulamada harmonik sınırlamalar için yapılan kabuller nedeniyle gerçekte oldukça çelişmektedir. IEEE tarafından öngörülen sınır ölçütler hem akım ve hem de gerilim harmoniklerine sınırlar getirmeleri bakımından daha etkin ve sınırlayıcı olarak görülmektedir.

Çeşitli ülkeler tarafından çeşitli gerilimler için harmoniklerin sınır değerleri THD (Toplam Harmonik Distorsiyonu) olarak aşağıdaki Çizelge 2.3'de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Çeşitli Ülkeler İçin Harmonik Standardları

Ülke	Gerilim(kV)		THDv(%)
A.B.D.	Genel	2.4 – 69	5
		115<	1.5
	Özel	2.4 – 69	8
		115<	1.5
Almanya	Tüm Gerilimler (15. Harmoniğe Kadar)		10
Avusturalya	Dağıtım	33<	5
	İletim	22 - 33 - 66	3
		110<	1.5
Finlandiya	1		5
	20		4
	30 - 45		3
	110		1.5
Fransa	Tüm Gerilimler		1.6
İngiltere	0.415		5
	6.6 - 11		4
	33 - 66		3
	132		1.5
İsviçre	0.43 – 0.25		4
	3.3 - 2.4		3
	84<		1

IEEE' nin gerilim için harmonik standartları aşağıdaki Çizelge 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.4. IEEE Gerilim Harmonik Standartları

Bara Gerilimi (kV)	Tekil Harmonik Büyükülüğü (%)	Toplam Harmonik Distorsiyonu (%)
$V < 69$	3	5
$69 \leq V \leq 161$	1.5	2.5
$V > 161$	1	1.5

IEEE' nin akım için harmonik standartları aşağıdaki Çizelge 2.5'de verilmiştir.

Çizelge 2.5. IEEE Akım Harmonik Standartları

$V < 69 \text{ kV}$						
$I_{kd} < I_L$	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 < h$	TTD (%)
< 20	4	2	1.5	0.6	0.3	5
20 – 50	7	3.5	2.5	1	0.5	8
50 – 100	10	4.5	4	1.5	0.7	12
100 – 1000	12	5.5	5	2	1	15
> 1000	15	7	6	2.5	1.4	20
$69 < V < 161 \text{ kV}$						
< 20	2	1	0.75	0.3	0.15	2.5
20 – 50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4
50 -100	5	2.25	2	0.75	0.35	6
100 - 1000	6	2.75	2.5	1	0.5	7.5
> 1000	7.5	3.5	3	1.25	0.7	10

V > 161 kV						
< 50	2	1	0.75	0.3	0.15	2.5
≥ 50	3	1.5	1.15	0.5	0.22	4

2.7 Türkiye’de Harmonik Standartları [3]

Enerji Piyasaları Düzenleme Kurulu (EPDK), “Elektrik Piyasası Dağıtım Yönetmeliği”nde yer alan Madde 52’de enerji kalitesine yönelik uyulması gereken kurallar da verilmiştir. EPDK 19.02.2003 tarihli ve 25025 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Elektrik Piyasası Dağıtım Yönetmeliği”nin 52d. Maddesinde “Toplam harmonik bozulmaya ilişkin hizmet kalitesi sağlanabilmesi için, ölçülen toplam harmonik bozulmanın, ölçüm süresinin %5’inden daha uzun bir süre içinde %8’den daha yüksek olmaması gerekir.” ifadesine yer vererek harmonik bozulmalara yönelik hüküm getirmiştir.

2.7.1 Türkiye’de Gerilim Harmonikleri ile İlgili Sınırlandırmalar [3]

EPDK tarafından hazırlanan “Elektrik Piyasası Şebeke Yönetmeliği”ne göre 20 – 154 kV gerilim aralığında gerilim için THD_v değeri %3, 5. ve 3. harmonik gerilim distorsiyonları da %1.5 ile sınırlandırılmıştır. Çizelge 2.6’da 20 – 154 kV arasındaki iletim sistemlerinde kabul edilebilir harmonik değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.6. 20 – 154 kV Arası İletim Sisteminde Kabul Edilebilir Harmonik Seviyeleri

Tek Harmonikler		Tek Harmonikler		Çift Harmonikler	
(3’ün katı olmayan)		(3’ün katı olan)			
Harmonik No (h)	Harmonik Gerilim (%)	h	%	h	%
5	1.5	3	1.5	2	1.0
7	1.5	9	0.75	4	0.8
11	1.0	15	0.3	6	0.5
13	1.0	21	0.2	8	0.4
17	0.75	>21	0.2	10	0.4

19	0.75			12	0.2
23	0.5			> 12	0.2
25	0.5				
> 25	$0.2 + 0.3(25/h)$				
Toplam harmonik bozulma seviyesi %3.					

Yine aynı yönetmeliğe göre 380 kV için harmonik değerleri; için THD_v değeri %2.5, 5. gerilim harmonik distorsiyonu %1.25 ve 3. harmonik gerilim distorsiyonu %1 ile sınırlandırılmıştır. Çizelge 2.7’de değerler verilmiştir.

Çizelge 2.7. 380 kV İletim Sisteminde Kabul Edilebilir Harmonik Seviyeleri

Tek Harmonikler (3’ün katı olmayan)		Tek Harmonikler (3’ün katı olan)		Çift Harmonikler	
Harmonik No (h)	Harmonik Gerilim (%)	h	%	h	%
5	1.25	3	1.0	2	0.75
7	1.0	9	0.4	4	0.6
11	0.7	15	0.2	6	0.4
13	0.7	21	0.2	8	0.4
17	0.4	>21	0.2	10	0.4
19	0.4			12	0.2
23	0.4			> 12	0.2
25	0.4				
> 25	$0.2 + 0.2(25/h)$				
Toplam harmonik bozulma seviyesi %2.					

2.7.2 Türkiye’de Akım Harmonikleri ile İlgili Sınırlandırmalar [3]

EPDK tarafından 10.11.2004 tarihli 25639 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Elektrik İletim Sistemi Arz Güvenliği ve Kalite Yönetmeliği”nde belirtilmiştir.

Akım harmonik distorsiyon değerleri, şebekenin kısa devre akımının (I_k) maksimum yük akımının en büyük bileşenine (I_1) oranına (I_k / I_1) bağlı olarak verilmiştir:

- 1 kV – 34.5 kV gerilim aralığında,
 - (I_k / I_1) < 20 için THD değeri %5
 - (I_k / I_1) > 1000 için THD değeri %20
- 34.5 kV – 154 kV gerilim aralığında,
 - (I_k / I_1) < 20 için THD değeri %2.5
 - (I_k / I_1) > 1000 için THD değeri %10
- 154 kV ve üstü gerilim değerlerinde,
 - (I_k / I_1) < 20 için THD değeri %1.3
 - (I_k / I_1) > 1000 için THD değeri %5

Çizelge 2.8’de kabul edilebilir harmonik akım seviyeleri verilmiştir.

Çizelge 2.8. Elektrik İletim Sistemi Arz Güvenilirliği ve Kalitesi Yönetmeliği Harmonik Akım Seviyeleri

Kabul Edilebilir Akım Harmonik Limitleri																
Harmonik Sırası		Orta Gerilim 1 < Un < 34.5 kV					Yüksek Gerilim 34.5 < Un < 154 kV					Çok Yüksek Gerilim Un > 154 kV				
Grup	No	I_k / I_1					I_k / I_1					I_k / I_1				
		<20	20-50	50-100	100-1000	> 1000	<20	20-50	50-100	100-1000	> 1000	<20	20-50	50-100	100-1000	> 1000
TEK HARMONİKLER	3	4	7	10	12	15	2	3.5	5	6	7.5	1	1.8	2.5	3	3.8
	5	4	7	10	12	15	2	3.5	5	6	7.5	1	1.8	2.5	3	3.8
	7	4	7	10	12	15	2	3.5	5	6	7.5	1	1.8	2.5	3	3.8
	9	4	7	10	12	15	2	3.5	5	6	7.5	1	1.8	2.5	3	3.8
	11	2	3.5	4.5	5.5	7	1	1.8	2.3	2.8	3.5	0.5	0.9	1.2	1.4	1.8
	13	2	3.5	4.5	5.5	7	1	1.8	2.3	2.8	3.5	0.5	0.9	1.2	1.4	1.8
	15	2	3.5	4.5	5.5	7	1	1.8	2.3	2.8	3.5	0.5	0.9	1.2	1.4	1.8
	17	1.5	2.5	4	5	6	0.8	1.25	2	2.5	3	0.4	0.6	1	1.25	1.3
	19	1.5	2.5	4	5	6	0.8	1.25	2	2.5	3	0.4	0.6	1	1.25	1.3
	21	1.5	2.5	4	5	6	0.8	1.25	2	2.5	3	0.4	0.6	1	1.25	1.3
	23	0.6	1	1.5	2	2.5	0.3	0.5	0.75	1	1.25	0.15	0.25	0.4	0.5	0.6
	25	0.6	1	1.5	2	2.5	0.3	0.5	0.75	1	1.25	0.15	0.25	0.4	0.5	0.6

	27	0.6	1	1.5	2	2.5	0.3	0.5	0.75	1	1.25	0.15	0.25	0.4	0.5	0.6
	29	0.6	1	1.5	2	2.5	0.3	0.5	0.75	1	1.25	0.15	0.25	0.4	0.5	0.6
	31	0.6	1	1.5	2	2.5	0.3	0.5	0.75	1	1.25	0.15	0.25	0.4	0.5	0.6
	33	0.6	1	1.5	2	2.5	0.3	0.5	0.75	1	1.25	0.15	0.25	0.4	0.5	0.6
	h>33	0.3	0.5	0.7	1	1.4	0.15	0.25	0.35	0.5	0.7	0.75	0.12	0.17	0.25	0.35
	THD ₁	5	8	12	15	20	2.5	4	6	7.5	10	1.3	2	3	3.75	5
	Bu değerler 3 saniyelik ortalamalardır.															
	Çift harmonikler izleyen tek harmoniğin 0.25 katı ile sınırlıdır.															
	I _k : Ortak kuplaj noktasındaki maksimum sistem kısa devre akımı															
	I ₁ : Ortak kuplaj noktasındaki maksimum yük akımının en büyük bileşeni															

3. ELEKTRİK ENERJİSİ KALİTESİNİN ÖNEMİ

Günlük hayatta ve sanayide kullanılan makinelerin sayısının ve çeşitliliğinin artması kullanılan enerjinin kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Elektrik Enerji (Güç) kalitesi hem elektrik şirketleri, hem de onların müşterileri açısından büyük bir ilgi odağı haline gelmiştir. Çünkü güç kalitesindeki düşüş, hem enerji ağıımızı hem de kullanıcıları olumsuz etkilemekte ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır.

Elektrik enerji kalitesine ilginin artışının nedenlerinden biri de, kuruluşların verimliliklerini artırma yönünde girişimlerde bulunmaları ve bunu önemsemeleridir. İmalatçılar; daha hızlı ve daha hatasız bir biçimde çalışan verimli cihazlar istemektedirler. İyi bir fizibilite çalışması yapılmadan yapılan bu tür yatırımlar, eğer gerekli tedbirler alınmamışsa kendi kurumlarındaki elektrik sistemlerinde güç kalitesi bozulmalarına yol açacak, hatta bu bozulmalar şebekeyi de etkileyerek komşu kuruluşlara da zarar verecektir.

Elektrik enerjisinin, talep edilen ve istenilen her noktaya istenilen düzeyde iletilmesi için gözlemlenerek kontrol edilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Enerjinin kalitesindeki bozukluklar üreticiyi de tüketiciyi de olumsuz yönde etkilemektedir. Üreticinin ihtiyaç duyulandan daha büyük ve daha çok şalt malzemeler kullanmasına ve dolayısı ile yatırım maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. Tüketicinin de üretimindeki kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Elektrik enerjisinde toplam kalite önemlidir, dolayısı ile üretici ve tüketicinin her birine sorumluluklar düşmektedir.

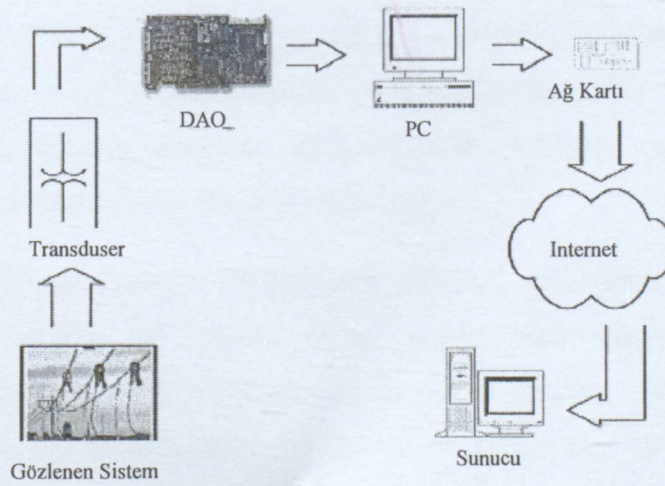
İyi bir araştırma-geliştirme ile enerji kalitesi için yatırımlar yapılırsa ilk yapım maliyetleri yüksek gibi görölse de işletme maliyetlerini azaltacağından orta vadede kurumun karlılığı artacaktır. Aksi durumda ilk maliyetler düşük görölse bile baş gösteren cihaz arızaları, artan enerji kayıpları ve benzeri durumlarla kurum orta vadede istenen kârı elde edemeyecektir.

3.1 Enerji Kalitesini Gözlemlleme

Enerji kalitesini gözlemlleme, genellikle endüstriyel problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Problemin tanımlanmasında, karakteristiğinin çıkarılmasında ve uygun çözümün belirlenmesinde gerekli olmaktadır. Artık sabit sistemler yerine portatif ve kullanımda daha esnek görüntölleme sistemleri geliştirilmeye başlanmıştır [4].

3.1.1 MAS (Multi-Agent System) temelli elektrik enerjisi kalitesi gözlemlleme

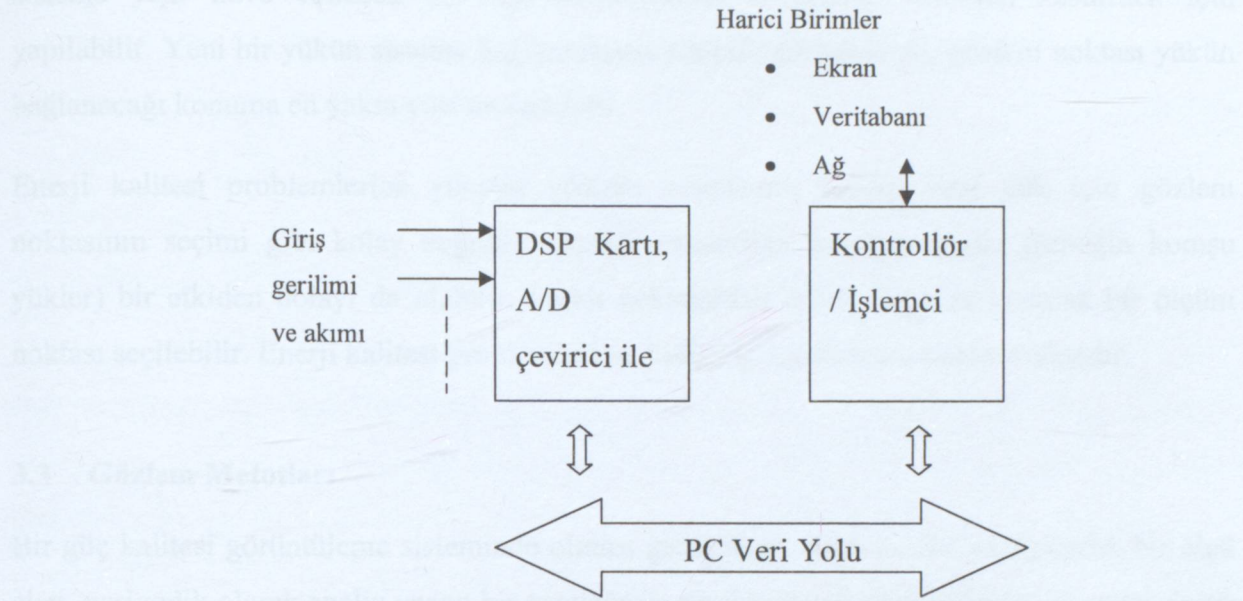
Değişik kalite ölçüm cihazlarından toplanan veriler IEEE 1159.3 standardına göre PQ dönüşümü yapılarak bir veri tabanına kaydedilir. Daha sonra bu veriler işlem merkezine gönderilerek analiz edilir. Analiz edilen veriler standart değerler ile karşılaştırılır ve var ise güç kalitesindeki bozukluğun yeri tespit edilir [5].



Şekil 3.1. Çok kanallı ve genişletilebilir güç kalitesi görüntölleme sistemi [6]

3.1.2 Dijital Sinyal İşlemci (DSP) Kart ile Gözlemlleme

Aşağıdaki şekilde bir ana bilgisayar ve buna bağlı olan sayısı arttırılabilen DSP ölçüm kartlarından oluşmaktadır.



Şekil 3.2. DSP ölçüm kartı

DSP kartının kullanım amacı; ana CPU'yu güç kalitesi ile ilgili işlem yükünden kurtarmaktır. Ana CPU ise verilerin görüntülenmesini, daha sonra tekrar analiz edebilmek için depolanmasını ve internet üzerinden iletilmesini sağlamaktadır.

Web tabanlı bir görüntüleme sistemi oluşturularak elektrik enerjisi üreticilerinin birbirilerine entegre olmaları ve bilgilerin paylaşılması sağlanabilir. Böyle bir görüntüleme sisteminde kullanıcılar sistemi tarayıcı üzerinden çalıştırabilirler. Böylece güç kalitesinin durumunu herhangi bir yerde tarayıcı üzerinden görüntüleyebilirler [7].

İnternet tabanlı bir güç kalitesi görüntüleme sistemi, yeni ölçüm cihazları ile uyumlu çalışabilmeli ve bu cihazlar sisteme kolay adapte edilebilmelidir. Veri toplamadaki seçilebilirlik ile sisteme yeni eklenen ölçüm cihazlarındaki toplanan verileri uzaktan görüntüleme imkanı sağlanabilmelidir [8]. Sayısal değerler dışında ölçülen ve analiz edilen dalga şeklini de görüntüleyebilmelidir [9].

Enerji kalitesine yönelik çözümlerde geçmişe ait verilerin analizi önemli olduğu kadar sürekli olarak verilerin gözlemlenmesi [10] ve analizi en kısa sürede çözüme yönelik müdahale edilmesi de önemlidir.

3.2 Gözlem Noktasının Tayini

Enerji kalitesi gözlemlenmesi genellikle sistemde olan bir kalite probleminin çözümü için veya

sisteme yeni ilave edilecek bir yük durumundaki değişikliği önceden kestirmek için yapılabilir. Yeni bir yükün sisteme bağlanmasına yönelik gözlemlerde, gözlem noktası yükün bağlanacağı konuma en yakın yük seçilmelidir.

Enerji kalitesi problemlerine yönelik gözlem noktasının seçimi yeni yük için gözlem noktasının seçimi gibi kolay değildir. Çünkü sistemdeki bozulma harici (örneğin komşu yükler) bir etkiden dolayı da olabilir. Farklı noktalardan örnek değerler alınarak bir ölçüm noktası seçilebilir. Enerji kalitesi problemlerinin %80'i iç yapıdan kaynaklanmaktadır.

3.3 Gözlem Metotları

Bir güç kalitesi görüntüleme sisteminde olması gerekenler; anlık ölçüm yapabilecek bir ölçü aleti, periyodik olarak analiz yapan bir analizör ve sürekli olarak görüntüleme yapabilecek bir monitördür. Bir güç kalitesi görüntüleme sistemleri gelişen teknoloji ile zaman içinde bir gelişime uğramıştır. Zamanla değişen güç kalitesi sistemleri özelliklerine göre üç nesile ayrılarak, Çizelge 3.1.'deki gibi gruplandırılabilir [11].

Çizelge 3.1. Güç Kalitesi Gözlem Metotları

1. nesil görüntüleme sistemleri	Elektriksel parametreler (temel)
2. nesil görüntüleme sistemleri	PQ parametreleri + seri haberleşme + gösterge
3. nesil görüntüleme sistemleri	PQ + yüksek hızlı haberleşme + istatistiksel analiz + ağ sunucusu

1. nesil görüntüleme sistemleri sadece cihaz üzerindeki bir LCD ekran gibi dijital bir göstergeden veya analog bir göstergeden ölçüm sonuçlarını göstermektedir. 2. nesil görüntüleme sistemleri, bünyelerinde barındırdıkları seri haberleşme protokolü ile üzerlerindeki datayı işlenebilecek bir bilgisayara aktarabilirler. 3. nesil görüntüleme sistemleri ise, cihaz üzerinde harmonik katsayılarının bulunması gibi istatistiksel analizler ile bir ağ sunucusu içermektedir. Bu sayede cihaza uzaktan erişilebilir ve değerler görüntülenebilir.

4. YENİ BİR ÖLÇÜM METODU: MATLAB SUNUCU SAYFALARI ve VERİ EDİNİM KUTUSU

Gerçekleştirilen uygulama 3. nesil görüntüleme sınıfına girmektedir. Buna ek olarak güncellenebilir olma özelliği ile hem analizi gerçekleştiren gömülü PC'nin, hem de veri

toplama kartının yazılımını güncelleyebilme imkanı sağlamaktadır. Bu da bu metoda esnek bir yapı kazandırarak gelişen teknolojiye ve değişen ihtiyaçlara cevap verebilmektedir. İstatiksel veri analizi ve özellikle de problemin karakteristiğini belirlemek için istenilen periyotlarda ve zamanlar da (365 gün 24 saat) veri alma imkanı sağlamaktadır. Tüm ayarlamaları ve güncellemeleri yapmak için kullanıcının donanımın yanında olması gerekmemekte, internet erişimi ile sözü edilen tüm işlemleri gerçekleştirilebilmektedir.

Uygulamayı oluşturan üç ana mekanizmadan her biri birbirinden bağımsız olarak tasarlanmıştır. Her biri çalışmak için diğerine ihtiyaç duymamaktadır. Mekanizmalar birbirlerine bağımlı olmaktan çok birbirleri ile etkileşimli çalışmaktadırlar. Bu mekanizmalardan biri çıkarılarak yerine yeni ve gelişmiş olanı eklenebilir hatta farklı bir tasarım ile geliştirilmiş olanını da kullanılabilme imkanı vardır. Tüm bunlar sayesinde teknolojideki gelişmelerin adapte edilebileceği bir sistem ortaya çıkmakta ve bu da yaygın bir kullanım alanı sağlamaktadır. Bu mekanizmalardan sadece MSP Yunan enerji Bakanlığı tarafından kullanılmıştır. Yine gömülü PC içerisindeki MATLAB tabanlı analizör yazılımı farklı bir donanımdan (örnek olarak bir DAQ kartından) alınacak verilerin analizi için kullanmak mümkün olduğu gibi veri toplama donanımı farklı bir yazılım tabanında geliştirilmiş analizör yazılımı (LABView) ve ara yüzü ile kullanmak da mümkündür.

Çok kanallı genişletilebilir güç kalitesi görüntüleme sisteminde analizler ve veri edinim işlemi aynı donanım üzerinde yapılmaktadır. Bu sayede PC üzerindeki yük hafifletilmektedir. Ancak verilerin web üzerinden iletilmesi, depolanması ve görüntülenmesi için PC'ye ihtiyaç duyulmaktadır. Diğer bir yöntem MAS (Multi Agent System) da ise veri edinim donanımı bir kart olarak PC üzerinde bulunmakta ve alınan veriler PC üzerinde analiz edilerek, görüntülenmekte, iletilmekte ve depo edilmektedir. Her iki durumda da bir PC ye ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan çalışmada veri edinim kartı çok kanallı genişletilebilir güç kalitesi görüntüleme sistemindeki gibi harici olarak kullanılmaktadır. Analiz işlemleri ise MAS'daki gibi bilgisayar üzerinde yapılmaktadır. PC yerine gömülü bilgisayar kullanılmaktadır. Hacminin küçük olması, endüstriyel amaçlı kullanıma uygun yapılmış olması ve bir PC'deki standart donanımsal özelliklere sahip olması avantaj sağlamaktadır. Ayrıca gömülü bilgisayara bir monitör bağlama imkanı varken monitör kullanılmaması daha esnek bir yapı oluşturmuştur. Analizler için ölçümün yapıldığı noktada görüntüleme istenmemektedir. Veri edinim donanımı ile birlikte modüler bir yapı oluşturulmuştur. Bu sayede istenilen noktalara ölçüm için yerleştirilerek analizlerin yapılması ve web üzerinden MSP (MATLAB Server Pages) tabanlı iletişim ile verilerin iletilmesi ve bir veri tabanında depolanması sağlanmıştır.

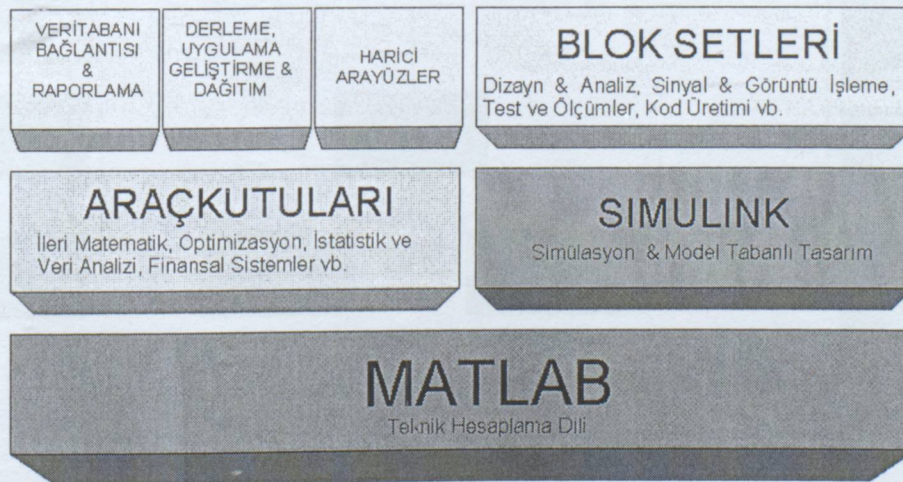
Bu modüler yapı sayesinde yazılım ve donanım, teknolojideki gelişmelere paralel olarak birbirlerinden bağımsız olarak geliştirilebilirler. Ayrıca modüler yapı, kullanımda esneklik ve kolaylığın yanında, maliyet açısından da avantaj sağlamaktadır.

4.1 MATLAB Sunucu Sayfaları (MSP)

MSP, MATLAB yazılımını arka planda kullanan bir teknik ağ programlama dilidir.

MATLAB, yüksek performanslı bir teknik programlama dilidir. MATLAB kelimesinin açılımı İngilizce “MATrix LABoratory”den gelmektedir. Anlaşılacağı gibi bir matris laboratuvarı olan MATLAB’ın temelindeki yapı, boyutlandırma gerektirmeyen matrislerdir. Yapılan tüm girdiler ve çıktılar, diğer programlama dillerindeki öntanımlamaları gerektirmeksizin bir matris tanımlar. Bu özelliği ile Fortran, Basic, C, Java vb. programlama dillerine kıyasla işlemlere ve programlamaya ayrılacak zamanı minimuma indirgeyerek, programlama dilleri arasında kendine has bir yer edinmiştir.

Ayrıca MATLAB, “Araç Kutusu (Toolbox)” olarak nitelendirilen özellikler içerir. MATLAB kullanıcılarının çok dikkatini çeken bu özellikler, program yazmaya gerek kalmadan içerdiği hazır fonksiyon dosyalarıyla; dış aygıtlarla gerçek zamanlı çalışma, M-Dosya işleme ve derleme, iletişim kurma ve işleme, veritabanı oluşturma, denetleme ve data transferi, ölçme, dijital sinyal işleme, Excel bağlantısı kurma, finansal zaman serileri kullanma, görüntü ve ses işleme, aygıt denetleme, rapor oluşturma, güç sistemleri modelleme, lineer olan ve olmayan kontrol sistemleri dizaynı, robot kontrolü, dinamik sistem simülasyonu, sistem tanımlama, yapay sinir ağları modelleme, bulanık mantık, genetik algoritmalar, wavelet ve daha fazlası durumları da inceler ve çözüm üretimi sağlar. Şekil 4.1’de MATLAB mimarisi verilmiştir.



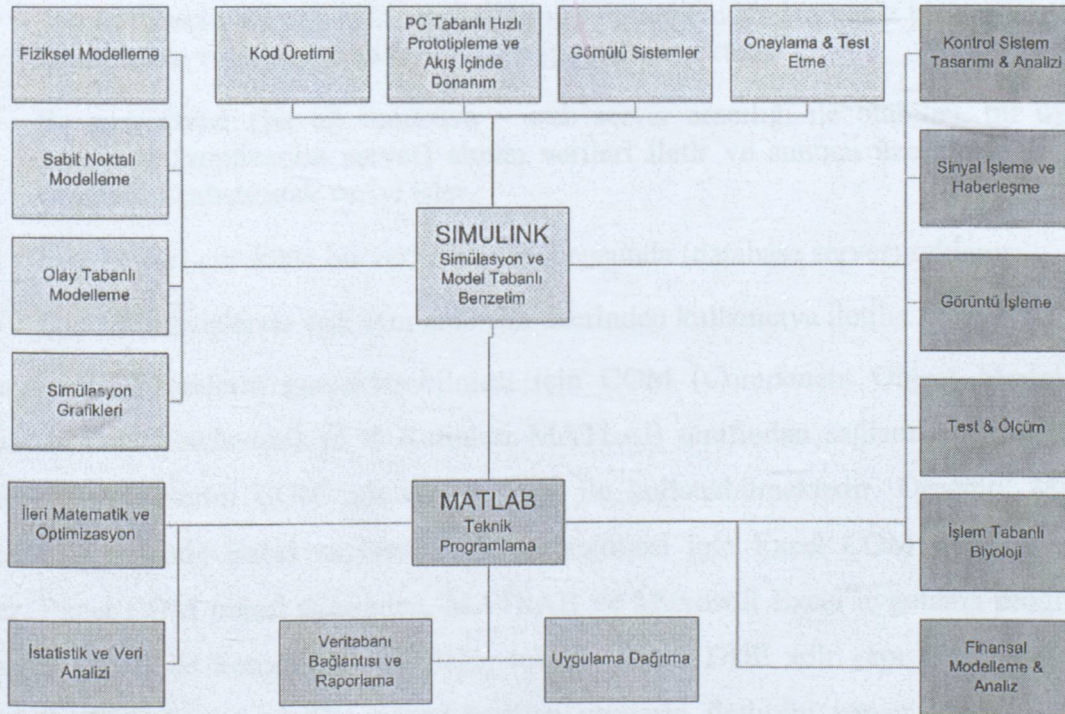
Şekil 4.1. MATLAB mimarisi, araçkutuları ve bloksetleri

MATLAB'ın başka bir önemli noktası da mükemmel derecede kapsamlı ve geliştirilebilir bir programlama dili oluşudur. Bu, temel bilgisayar kullanıcılarını bir programcı yapmakta ve kendi programlarını hazırlamalarına izin vermektedir. MATLAB olduğu sürece, Pascal, Fortran ve C bilmeden kullanıcıların program yazabilmesi, bunları C ve C++ dillerine çevirebilmesi ve paket dağıtımını yapabilmesi imkanı vardır.

MATLAB paket programının ana özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yüksek seviyeli teknik hesaplama dilidir.
- Kodlama, veri ve dosyaları yöneten geliştirme ortamı sağlar.
- Problem çözme, görselleme ve iteratif hesaplamalar için interaktif araçlar olarak kullanılabilir.
- Lineer matematik, istatistik, Fourier analizleri, filtre tasarımı, optimizasyon ve sayısal integrasyonlar için hazır fonksiyonlar sunar.
- 2-Boyutlu ve 3-Boyutlu görselleme fonksiyonları mevcuttur.
- Kullanıcı tabanlı grafiksel arayüzler oluşturmak için arabirimler sunar.
- C, C++, Fortran, Java, COM, ve Microsoft Excel gibi harici dil ve uygulamalara MATLAB uygulamalarının aktarılması için yöntemler [10] sunar.

MATLAB ürünlerinden bazıları Şekil 4.2 verilmiştir.



Şekil 4.2. MATLAB ürün ailesi

Hemen hemen tüm üniversiteler, bilgisayar destekli mühendislik yapan firmalar, büyük

şirketlerin arge departmanları ve ileri finansal hesaplama işlemleri Türkiye'de MATLAB kullanıcılarının yoğunluk gösterdiği ve ekonomik anlamda piyasanın yoğunlaştığı yerlerdir. Bunlardan örnek olarak iki sektörü ele alacak olursak; “Elektrik & Elektronik Mühendisliği” alanında MATLAB genellikle, güç sistemlerinin modellenmesi ve analizi, hızlı prototipleme, kod üretimi, gerçek zamanlı kontrol sistemlerinin gerçekleştirilmesi, veri edinimi, veri görselleştirme ve Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık, Genetik Algoritmalar gibi mühendislik konuları üzerine kullanılmaktadır. “Finansal” alanda ise; finansal modelleme, veri madenciliği, veri kaynağı, eğri uydurma, optimizasyon, veritabanı bağlantısı, Microsoft Excel bağlantısı, derleme & dağıtım, veri görselleştirme ve ileri seviye matematiksel işlemleri bir arada içerdiğinden tercih edilmektedir. Bunun da ötesinde kullanıcılar; hazırladıkları uygulamaları platformdan bağımsız olarak derleyip, dağıtılabılır hale getirilebilirler. Bu imkanlar programlamaya az aşina kullanıcılar için çok büyük olanaklar sunmaktadır.

Günümüzde ise, kullanıcılar ve firmalar N katmanlı yapılar üzerine ısrar etmektedirler. N katmanlı yapılar, MATLAB'ın başka bir programlama dili (Java, C#, C++ gibi) tarafından teknik hesaplama motoru olarak çalıştırıldığı mimarileri nitelemektedir. Senaryo olarak şu yapı örnek verilebilir:

- Son kullanıcının karşısında ağ gezgini veya platformdan bağımsız bir grafiksel arayüz bulunmakta ve işlemler bu birimler ile gerçekleştirilmekte,
- Bu arabirimler (bir ağ sunucusu – web server aracılığı ile olabilir), bir uygulama sunucuna (application server) alınan verileri iletir ve sunucu üzerindeki MATLAB yazılımını çalıştırarak veriyi işler,
- İşlenen veri gerekirse bir veritabanı sunucusunda (database server) saklanır,
- Son adımda işlenen veri aynı arabirim üzerinden kullanıcıya iletilir.

Bu aşamada, işlemlerin gerçekleştirilmesi için COM (Component Object Model), DDE (Dynamic Data Exchange) ve C Rutinleri MATLAB tarafından sağlanır. Programlar bir birlerinin özelliklerini COM adı verilen yapı ile kullanabilmektedir. Örneğin; MATLAB penceresi içerisinde Excel sayfasının kullanılabilmesi için Excel COM objelerine ihtiyaç vardır. Excel COM objesi üzerinden, MATLAB ve Microsoft Excel uygulama programlama arabirimi (API) ile konuşarak veri değiş tokuşu yapar. DDE adlı yapı ise; uygulamaların birbiri ile konuşmasını değil, sadece üretilen verilerin iletimini yapan işletim sisteminde yürütülen bir özelliktir. Fakat günümüz standartları olan Java ve C# programlama dilleri için yeteri kadar MATLAB COM ve DDE alanında bir geliştirme olmamıştır.

Detaylı bir bakışla, COM ve DDE desteği sadece “Microsoft Windows İşletim Sistemi”

içindir. C Rutinlerinin kullanımı, C/C++ ve C# dillerinde direkt desteklenmektedir. Eğer Java programlama dilinde C Rutinlerinin kullanılması düşünülüyorsa, Java Özgü Dil Arabirimi JNI (Java Native Interface) kullanılmalıdır.

C/C++ dilleri N katmanlı yapıları geliştirmek için hızlı bir kodlama imkanı sunmamakta ve en son teknolojilerin implementasyonlarını (Ağ Servisleri ve Uzaktan Metot Çağrılarları gibi) tam anlamıyla içermemektedir. C# programlama platform bağımsız bir programlama dili olarak nitelendirilse de, "Microsoft İşletim Sistemleri" haricinde Linux ve Mac OS X sistemlerinde Mono vb. açık kaynak kodu ürünler ile yürütülmeye çalışılsa da, bu dille geliştirilen yazılımlar %100 çalıştırılamamaktadır. Öte yandan, MATLAB içerdiği "MATLAB COM Builder" araç kutusu ile sistem kütüphaneleri (DLL veya SO) oluşturarak C / C++ / C# dilleri için geliştirme zamanını azaltmayı ve kolay kod yönetimini hedeflemektedir.

The MathWorks Inc. yukarıda belirtildiği gibi harici arayüzleri kullanabilmektedir. Piyasadaki diğer yazılımlar benzer imkanlar sunmaktadır. Mathematica, bu alanda MATLAB'ın popüler rakiplerinden birisidir. Mathematica tam anlamı ile belgelendirilmiş C / C++ / C# ve Java dilleri desteği sunmaktadır. Fazladan, sunduğu ağ sunucusu mimarisi ile Java paketlerinden veya C# isim uzaylarından gelen talepleri direkt olarak Mathematica Hesaplama Motoruna iletebilmektedir. Bu avantajlar Mathematica'yı MATLAB'dan harici arayüzler konusunda bir adım öteye taşımaktadır. Fakat, Mathematica'nın kullanım alanı MATLAB kadar yayılmamış ve dili kolay değildir.

Sonuç olarak, MATLAB kullanıcıları, günümüzde N katmanlı yapıları, hızlı uygulama geliştirir bir biçimde kullanmak istemektedir. MSP, Java tabanlı açık kaynak kodlu platformdan bağımsız yapısı ise MATLAB'ın bu alandaki açığını kapamayı hedeflemiştir. MSP kolay kurulumu ile; ağ sunucusu içermekte, ağ sunucu üzerinden veritabanı bağlantı, uzaktan metot çağırımı ve ağ servisleri olanakları da sunmaktadır. MSP motoru, sadece kullanıcıların belirtilen özelliklerinin kullanımı için geliştirilmemiş olup, ağ yazılımı üreticileri ve uygulama mühendisleri tarafından da N katmanlı mimarinin kullanımına imkan sunmaktadır.

4.2 Önerilen Çözüm

MATLAB Sunucu Sayfaları (MSP); MATLAB yazılımını arka planda kullanan, 3 katmanlı mimariyi destekleyen (ağ katmanı, işletme katmanı ve veritabanı katmanı), ayrık hesaplama ve paralel işleme mekanizmasını uzaktan metot çağrılarları ve web servisleri ile sunan

teknik bir ağ programlama dilidir.

MSP'nin bazı özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- MATLAB Takı Kütüphanesi: HTML takıları kullanır gibi MATLAB tabanlı ağ yazılımları geliştirilmesine imkan verir.
- MATLAB RMI Takı Kütüphanesi: Uzaktaki bir MATLAB yazılımının yerel sistemde varmışcasına kullanılması sağlar.
- MSP İfade Dili Desteği: Veritabanı bağlantısı ve hızlı geliştirme olanaklarını artırır.
- MATLAB Sunucu Yüzleri: Dosya gönderimi ve kontrol gibi ileri seviye ağ bileşenleri sunar.
- MATLAB Çekirdekleri: İşletme mantığının ve kurallarının sisteme kolay dahil edilmesine olanak verir.
- MATLAB Ağ Servisi: MATLAB'ın ağ servisleri aracılığı ile kullanılmasını sağlar.

4.2.1 MSP Mimarisi



Şekil 4.3. MSP mimarisin genel görünümü

MSP, MATLAB'a Stefan Müeller'in Java Toparlayıcı Sınıfı (Java Wrapper Class) olan JMatLink ile bağlanır [13]. MSP, Java Sunucu Sayfaları (JSP) içerisinde kullanımı; JMatLink sınıfına yeni metod eklemeleriyle, ağ tabanlı veri görüntüleme özelliğiyle, ağ gezginin de veri görsellemesiyle, uzaktan metod çağırımı ve ağ servisleri yapılarıyla sağlar.

MSP, JSP ve JSP Standart Takı Kütüphanesi ile MATLAB Takı Kütüphanesi içerir. İfade Dili (Expression Language) ve Kod Parçacıkları (Scriptlets) MATLAB Takı Kütüphanesini çalıştırabilmektedir. Bu sayede geliştiriciler, MATLAB yazılımını JSP sayfaları içerisinde çağırabilir.

MSP motorunun ana sınıfı (main class), uzak metod çağırımı sınıfı olarak nitelendirilmiştir. Böylelikle, MSP ana sınıfı ve alt sınıfları uzaktan erişilerek kullanılabilir. MSP içerdiği Dosya Transfer Protokolü - FTP (File Transfer Protocol) ile uzak bilgisayarlara veri dosyalarını aktarabilir ve alabilir. Uzak istemciler, MSP motoruna MATLAB dosyaları gönderebilir ve çalıştırabilir. HTML sayfaları ve resimler haricinde oluşturulan çıktılar (PDF, XLS vb.) uzak istemciye iletilebilir. Bu metod, uzaktan metod çağırımlarında serileştirme problemlerini ortadan kaldırmaktadır. Bu işlemlerin son kullanıcı (uzak istemci) veya geliştiriciler tarafından bilinmesine gerek yoktur. İşlemler arkaplanda otomatik olarak gerçekleşir. MATLAB RMI Takı Kütüphanesi bu adımları gerçekleştirir.

Apache Yazılım Birliği'nin (Apache Software Foundation) Axis projesi, Java'dan WSDL dosyaları oluşturabilmektedir. MSP, Axis kütüphanelerini WSDL aracılığı ile MSP sınıflarının kullanımına erişim sağlar. MSP'de iki çeşit WSDL bulunmaktadır. Günümüzde, WS-I Grubu çeşitli teknoloji ve programlama dilleri ile geliştirilen ağ servisleri arasındaki farklılıkları kapatmak için çalışmaktadır. MSP, hem Java, hem de C# dilleri için içerdiği WSDL tanımlama dosyaları ile her iki dil içinde ağ servislerinin kullanımına olanak tanır. Tüm bu implemantasyonlar ağ katmanını oluşturur. MSP katmanı, uzaktan metod çağırımları ve ağ servisleri ile uygulama sunucusundan ayrı olabilir. İstenirse uygulama sunucusu katmanı ve ağ sunucusu katmanı tek çatı altına alınabilir.

Paket olarak MSP, MySQL JDBC sürücüsü ile dağıtılmaktadır. JSP Standart Takı Kütüphanesi (JSTL) SQL takılarını da içerir. SQL takıları veritabanı sunucuları ile bağlantıyı gerçekleştirir. İfade dili mekanizması, MSP MATLAB Takı Kütüphanesi ve JSTL SQL Takı kütüphanesi arasındaki haberleşmeyi yürütür. MSP'den, geliştiriciler veritabanına belirtilen metod ile bağlanılabilir. MATLAB'dan bilgi veritabanına yazılabilir veya tam tersi yapılabilir. Veritabanı katmanı sistemde belirtilen şekilde yer alır.

Java Sunucu Yüzleri (JSF) ağ uygulamaları için ileri seviye grafiksel kullanıcı objeleri içermektedir. Bu objeler ile mantıksal akışlar kontrol edilebilir. MSP, Apache Yazılım Birliğinin MyFaces implemantasyonunu içerir. MSP'de JSF teknolojisini kullanan sayfalar MLSPX uzantısı ile adlandırılır. MSP'de varsayılan sayfa uzantıları MLSP'dir. MLSPX, MSP tarafından şablonlaştırılmış MATLAB Çekirdekleri (MATLAB Bean) ile geliştiricilerin işletme prosedürlerine ve akışlarına yön vermesini sağlar. MATLAB Çekirdekleri, eklenti mantığı ile çalıştığından sisteme kolayca eklenebilir. Eğer geliştiriciler hazırladıkları MATLAB Çekirdeklerinde uzaktan metot çağrılarına yer verirse, işletme katmanı MSP sisteminden ayrılarak kullanılabilir.

MSP hazırda birçok örnekle, MSP motorunun nasıl kullanılabileceğini örneklemektedir. Son kullanıcı tabanındaki bu örnekler, uzaktan istemci katmanını (client) oluşturmaktadır. Tüm katmanların birleşimi Şekil 4.3'ü meydana getirir.

4.2.2 MSP Teknolojileri

Çizelge 4.1'de, MSP'de kullanılan teknolojiler detaylı olarak açıklanmaktadır.

Çizelge 4.1. MSP'nin Bünyesinde Bulundurduğu Teknolojiler ve Tanımlamaları

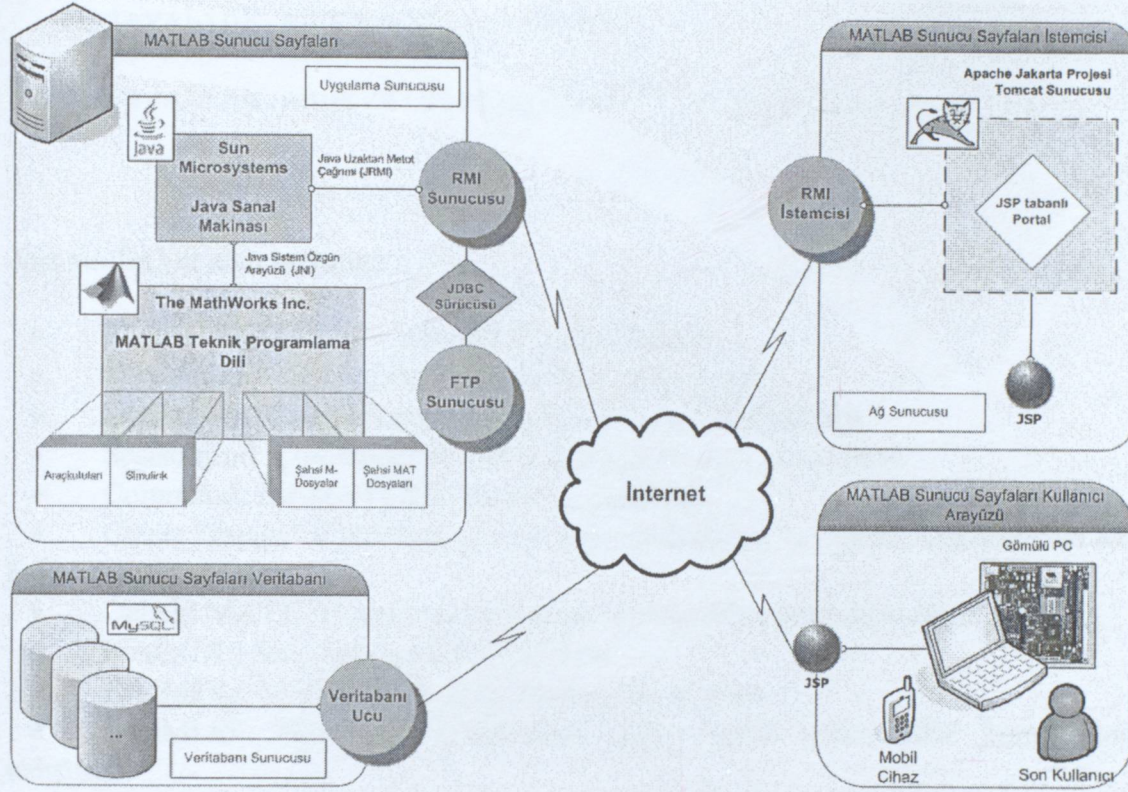
Teknoloji	Açıklama	Implemantasyon
Java Sunucu Sayfaları (JavaServer Pages - JSP)	JSP, hızlı geliştirme ve kolay yönetilebilirlik imkanları sunan, bilgice zenginleştirilebilir, Java tabanlı dinamik ağ sayfalarıdır. JSP kod parçacıkları ve takı kütüphaneleri ile dinamik içerik oluşturur. JSP teknolojisi veritabanı bağlantısı, mantıksal programlama yapılarını içeren standart bir kütüphane sunduğu gibi kişiselleştirilebilir kütüphane yaratma imkanı da verir [14].	Kişiselleştirilmiş Takı Kütüphaneleri: MATLAB Takı Kütüphanesi ve MATLAB RMI Takı Kütüphanesi

JSP Standart Takı Kütüphanesi (JSP Standard Tag Library - JSTL)	JSTL; kişiselleştirilmiş kütüphaneler oluşturma için bir fonksiyon altyapısı sunduğu gibi matematiksel iterasyonlar, XML işleme ve düzenleme yapıları, SQL işlemleri ve genel fonksiyonlar içerir [15].	MSP içerisinde; • İfade dili, • Döngüler, • Şartlı deyimler, • SQL, • XML, • Biçemleme, mimarilerini destekler.
Java Sunucu Yüzleri (JavaServer Faces - JSF)	JSF, JSP kullanan dinamik sayfalar için kullanıcı arayüzleri geliştirmede kullanılır. JSF: • API aracılığı ile ağ programlama tabanlı arayüzler için; veri aktarımı, arayüz durumları, giriş doğrulama, sayfalar arası geçiş, yerelleştirme ve erişilebilirlik seçenekleri içerir. • Bir çok bileşenden, kullanıcı tanımlı bileşenler oluşturma imkanı verir [16].	MSP içerisinde; • MATLAB Çekirdekleri: İşletme kurallarına ve işletme mantığına olanak sağlar. • İleri Kullanıcı Arabirimleri: Dosya Gönderme, giriş doğrulama. mimarilerini destekler.
Java Veritabanı Bağlantısı (Java DataBase Connectivity - JDBC)	JDBC, Java tabanlı uygulamaların SQL cümleleri işletmesi için bir arabirimdir. SQL destekleyen herhangi bir veritabanı ile bağlantı kurulabilir. Nerdeyse tüm ilişkisel mantıklı veritabanları (RDBMS) SQL'i destekler, Java birçok platformda çalıştığından JDBC birçok platformda (Windows, Linux, Mac vb.) çalışabilen ve birçok veritabanına bağlanabilen (MS SQL, Oracle, MySQL vb.) genel bir yapı sunar [17].	JSTL ve JDBC birlikte çalışarak, MATLAB veritabanına, veritabanından MATLAB'a veri aktarımını yapar.
Uzaktan Metot Çağırımı (Remote Method)	RMI, Java tabanlı ayırık hesaplama yapabilen uygulamalar için mimaridir. Bu mimari, birçok platformdan, tek bir platformdaki uygulamanın, sanki	Kişisel Takı Kütüphanesi: MATLAB RMI Takı Kütüphanesi

Invocation - RMI)	uzaktan çağırın platform üzerinde olmuş gibi çalışmasını sağlar. RMI nesne serileştirme işlemi yapar ve nesneye yönelik programlama ilkelerinin tüm özelliklerini kapsar. [18].	Ağ yazılımı geliştiricilerinin uzaktaki bir MATLAB'ı sistemin çalışacağı bilgisayar üzerinde varmış gibi kullanma imkanı sunar.
Web Servisleri – Java (Java 4 Web Services)	Ağ servisleri, ağ tabanlı yazılımların birbirleri ile haberleşmelerini XML standartları üzerinden gerçekleştirir. Yerel bilgisayarlarda uygulamalar arası haberleşme nasıl COM objeleri ile yapılıyorsa, ayrı bilgisayarlardaki yazılımlar ağ ile birbirine bağlı hale gelip ağ servisleri ile iletişim kurabilir durum oluşturabilir [19].	MSP, Java2WSDL tekniğini kullanarak MATLAB Ağ Servisleri tanımlar. MSP, Java ve C# için ağ servisi tanımlama dosyaları olan WSDL'leri içerir. Bunlardan bir tanesi tam WS-I standartlarındadır. MSP, farklı makinalardaki ağ servislerinin bir araya gelerek oluşturacağı mekanizmalarda sorunsuz çalışması açısından BPEL standartlarını destekler.

4.2.3 3-Katmanlı Sistem Yapısı:

Katmanlar arasındaki bağlantı Şekil 4.4'de gösterilmektedir.



Şekil 4.4. MSP'nin 3 katmanlı görünümü

4.2.3.1 Birinci Katman: Uygulama Sunucusu

MATLAB, uygulama sunucusu üzerine kuruludur. MSP sisteminin ana sınıfı ve uzaktan metot çağrım sınıfları, bu sunucu üzerine yerleştirilmiştir. Bu sayede uzaktan metot çağrımları ve web servisleri ile sunucuya ulaşılabilir. Ana sınıftaki, kodlamadan örnek aşağıda verilmiştir:

<matlab:Engine> satırı ağ sunucusunda MLSP uzantılı dosyaya yazıldığında, uygulama sunucusunda aşağıdaki kod bloğunu çalıştırır;

```
public void engineOpen() {

    ResourceBundle rb = ResourceBundle.getBundle("MSP");

    Code_Dir = rb.getString("Code_directory");

    Image_Dir = rb.getString("Image_directory");
```



```

System.out.println("MATLAB Server Pages Engine");

javaLink = new JMatLink();

javaLink.engOpenSingleUse();

javaLink.engEvalString("cd '" + Code_Dir + "'");

}

```

Ana sınıfta yer alan metotlar:

- Engine: Tek kullanım için MATLAB'ı başlatır.
- SessionStart: Çok kullanım için MATLAB'ı başlatır.
- SessionGet: Çok kullanım için açılan MATLAB'a bağlanır.
- SessionEnd: Çok kullanım için açılan MATLAB'ı sonlandırır.
- Command: Bir MATLAB komutunu çalıştırır.
- Clean: "Image" klasöründeki tüm resim dosyalarını ve "Code" klasöründeki MATLAB kayıt dosyalarını siler.
- Debug: MATLAB kodlamalarında hatanın nereden kaynaklandığını verir.
- EvalMDL: Simulink modelini çalıştırır.
- EvalMFile: MATLAB M-Fonksiyonlarını çalıştırır.
- EvalMLSF: MATLAB komutlarını yığın olarak içeren MSP komut dosyalarını çalıştırır.
- GetArray: Java değişkenine 2 boyutlu veriyi alır (Ör: a=magic(2)).
- GetVector: Java değişkenine 1 boyutlu veriyi alır (Ör: a=rand(1,10)).
- GetScalar: Java değişkenine skaler veriyi alır (Ör: a=3).
- GetCharArray: Java değişkenine karakter dizisi verisini alır (Ör: a='Merhaba Dünya').
- GetParam: HTTP Form bilgilerini alır.
- PlotData: MATLAB grafiği çizer.
- PlotModel: Simulink modeli çizer.
- PlotSim: Simulink çıktısını çizer.
- Thumbnail: MATLAB grafiklerini istenen boyutta oluşturur.
- PutArray: Java double[][] değişkenini MATLAB'a aktarır.
- PutVector: Java double[] değişkenini MATLAB'a aktarır.
- PutScalar: Java double değişkenini MATLAB'a aktarır.
- WriteData: MATLAB değişkenini ağ sayfasına yazdırır.

4.2.3.2 İkinci Katman: Ağ Sunucusu

Ağ sunucusu, RMI aracılığı ile uygulama sunucusuna bağlanır. Ağ sunucusu üzerine MSP sisteminin RMI metodunu çağıran sınıflar ve ana sınıf yer alır. Bu katmanda geliştiriciler için HTML takıları yer alır. HTML Takıları, MSP Takı Kütüphanesini (diğer bir deyişle, MSP ana sınıfındaki Engine, Clean, Command vb. komutları) uzaktan çağıran ifadeleri içerir. HTML Takıları basit bir yazım diline sahip olduğundan, hızlı geliştirme olanağı sunar. HTML Takıları, uygulama sunucusundaki MATLAB'ı yerelde varmışcasına işletir ve sonuçları alır.

Test.mlsp

```
-----

<html>

<head>

<%@ include file="/Scripts/header.inc" %>

<title> Merhaba Dünya! </title>

</head>

<body>

<matlab:Engine>

    <matlab:Command cmd="rand(1,10)"/>

    <matlab:WriteData name="ans"/>

</matlab:Engine>

</body>

</html>
```

4.2.3.3 Üçüncü Katman: Veritabanı Sunucusu

Ağ sunucusu gerektiği takdirde, uygulama sunucusundan aldığı verileri saklamak için veritabanı sunucusuna bağlanır. Bu bağlantı JSTL Takı ve MATLAB Takı Kütüphanelerince yapılır.

4.2.3.4 Dördüncü Katman: Kullanıcı Arayüzü

Son kullanıcılar MSP sistemine ağ gezginleri ile veya ağ servislerini kullanan yazılımlar ile bağlanır.

4.2.4 Araştırma Metodu

4.2.4.1 Metodoloji

MSP motoru bir yeşil alan projesidir. Bu proje ile MATLAB'ın yetenekleri "Teknik Ağ Programlama Dili" olarak geliştirilmiştir. Motor üzerinde çalışılırken "Hızlı Geliştirme"

(Rapid Development) tekniği seçilmiştir. Çünkü esinlenecek bir benzer projenin bulunmaması ve son kullanıcının talepleri önem teşkil etmiştir. MSP, yeşil alan projesi olmasına rağmen MATLAB'ın "Web Server" araçkutusundaki eksikliklerin olmamasına dikkat edilmiştir.

MSP motoru sürüm haline gelmeden, prototip çalışmaları açık kaynak kodlu çalışma topluluklarında kullanıcılara sunulmuştur. Geliştirme sürecine böylelikle kullanıcı görüşleri eklenmiştir. Bu sayede geliştirme sırasında hata ayıklama ve işlev ekleme gibi sonradan zaman alacak zorluklar egale edilmiştir.

4.2.4.2 Geliştirme Araçları

MSP'nin geliştirme araçları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Eclipse 3.1 (Ücretsiz Yazılım): Java programları geliştirmek için araçtır.
- Visual Studio .NET 2003: C# programları geliştirmek için araçtır. MSP ağ servislerinin C#'da kullanımını örneklemede kullanılmıştır.
- Eclipse WTP 0.7R (Ücretsiz): Java2EE programları geliştirmek için Eclipse eklentisidir.
- EclipseME (Ücretsiz): Java2Mobile programları geliştirmek için Eclipse eklentisidir.
- Genady RMI (Ücretsiz): RMI şablonu oluşturmak için Eclipse eklentisidir.
- Sun Wireless Toolkit Platform (Ücretsiz): Java2Mobile programları için ağ servisi WSDL dosyaları oluşturan ve Java2Mobile uygulamalarının denenmesini sağlayan bir araçtır.

4.2.5 Karşılaşılan Zorluklar

Karşılaşılan zorluklar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- JMatLink toparlayıcı sınıfı, paket içerisinde kullanılamaz haldedir. Bunun nedeni JNI mimarisinden kaynaklanmaktadır. JSP'de kullanılacak sınıflar bir paket içerisinde olmalıdır. Bu paradoks, Java Derleyicisi (Java Compiler) 1.3 sürümünün "packageless" derleme özelliği ile geçilmiştir.
- Axis ağ servisi kütüphaneleri, Tomcat JSP uygulamaları yürütücüsü motorunda çalışmak için Java Çalışma Ortamı (Java Run Time - JRE) 1.4.x sürümü istemektedir. Tomcat motorunun son sürümleri JRE 1.5'i desteklemektedir. Bu durumu bertaraf etmek için Tomcat motoruna, "compat" eklentisi yapılarak JRE 1.4.x sürümleri ile çalışabilir hale getirilmiştir.
- Platformdan bağımsız çalışma için MSP'nin kullandığı JMatlink toparlayıcı sınıfının kullandığı sistem kütüphaneleri diğer sistemlerde çalışması için tekrar derlenmiştir.
- J2ME uygulamaları HTTP bağlantılarını gerçekleştirirken sadece tetikleme "thread" yapılarında çalışmaktadır. Bu sayede uygulamada oluşacak kilitlenmeler engellenmiştir.
- ASP.NET, ağ servislerini kullanan Windows GUT'leri ve Pocket PC yazılımları MSP ağ servislerini kullanmak için WSDL dosyasını okurken hata yapmaktadır. 2 Boyutlu Java dizilerinin C# altında ağ servisleri ile tanınmasında problem oluşmaktadır.
- Java ağ servislerinde C# anahtar kelimeleri kullanılmamalıdır (Örneğin: value).
- Sun Microsystem'in JSP derleyici sınıf kütüphanesinin kurulu olduğu makinelerde, MATLAB Sunucu Sayfaları çalıştırılamamaktadır. Bundan dolayı teknoloji implimentasyonu değiştirilmiştir.

- Pocket PC uygulamaları, ağ servisleri ile çalışacakları zaman IP adresi istemektedir. İsim çözümleme yapamamaktadırlar.
- 200x200 boyutundaki bir matrisin MATLAB'da C Engine Library kullanarak okunması 10 ms, COM arabirimi ile okunması 30 ms ve sistemden çağırılarak okunması (Runtime Invocation) 902 ms almaktadır [20]. MSP, C Engine Library metodunu kullanmaktadır.

4.2.6 MSP Mimarisine Alternatif Olabilecek Çalışmalar

4.2.6.1 MATLAB Web Server:

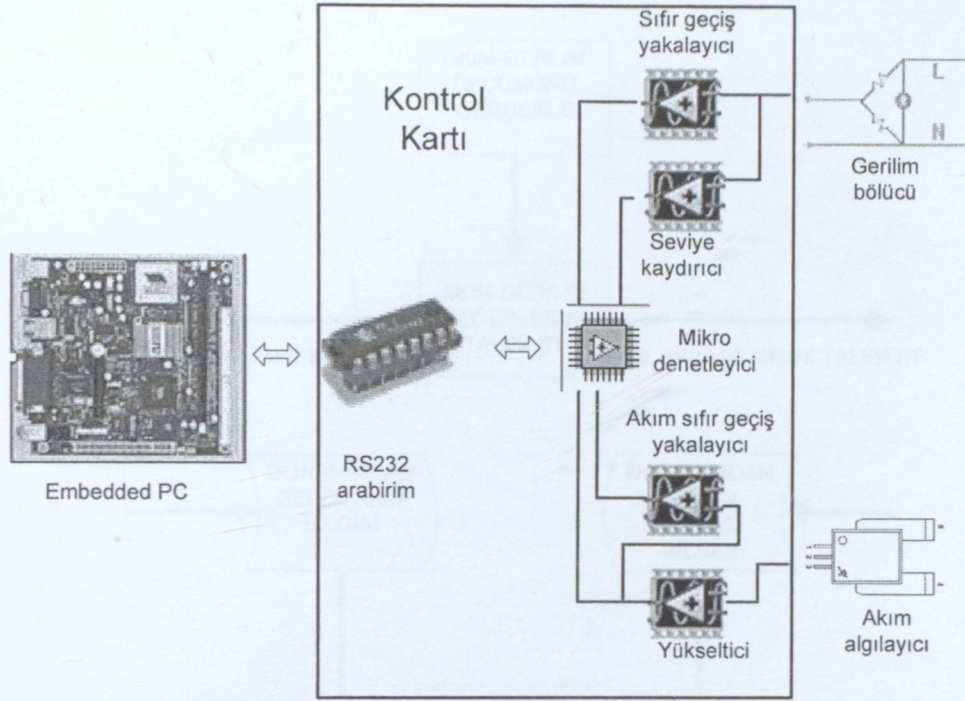
- Ticari, ücretli ürünüdür. MSP, kodları açık ve ücretsizdir.
- Eksi CGI teknolojisine dayanmaktadır.
- Basit bir ağ uygulama yapılması için 3 kodlama dosyasının yapılmasını gerektirir. MSP'de bu tek sayfadır.
- Hata ayıklama yapılamaz.
- Başka programlama dilleri ile etkileşimde bulunamaz.
- Veritabanı bağlantısı yapamaz.
- Ağ servisi olarak kullanılamaz.
- Hızlı geliştirme metotlarını içermez.
- Bazı araç ve kutularının kullanımı kısıtlanmıştır.

4.2.6.2 Ohio Eyalet Üniversitesi – “Java Tabanlı MATLAB Ağ Etkileşimi”:

- Kamuya açık değil ve kaynak kodlarına erişilemez.
- HTML içinde servlet ile çalışmaktadır. Bu W3C standardı değildir ve her ağ gezgini tarafından desteklenmemektedir.
- Otomatik kurulumu yoktur.
- Kodlaması zordur.
- Sadece Linux/Unix işletim sistemlerinde çalışır.
- JavaScript etkileşimi yapamaz.
- Veritabanına bağlantı içermez.
- Ağ servisi hizmeti sunmaz.
- Hızlı geliştirme metotlarını içermez.
- Avantajlı yanları;
 - HTML içerisinden ses ve görüntü dosyası oynatabilir.
 - Güvenli erişimle ulaşılabilir.
 - Grafikselleş olarak üzerinde dinamik büyütme ve küçültme işleri yapılabilir.

5. MSP TABANLI ENERJİ ANALİZÖRÜNÜN DONANIM YAPISI ve ÇALIŞMASI

Uygulamanın genel olarak çalışması; donanımdan gömülü PC'ye aktarılan verilerin analizi, gömülü PC üzerinde yapılarak internet üzerinden ayrı-ayrı olarak bir ağ sunucusuna ve veri tabanına aktarılmaktadır. Daha sonra istenilen yerden ağ sürücüsüne ve veri tabanından analiz sonuçlarına ulaşılabilir.



Şekil 5.1. Enerji analizörü donanım yapısı

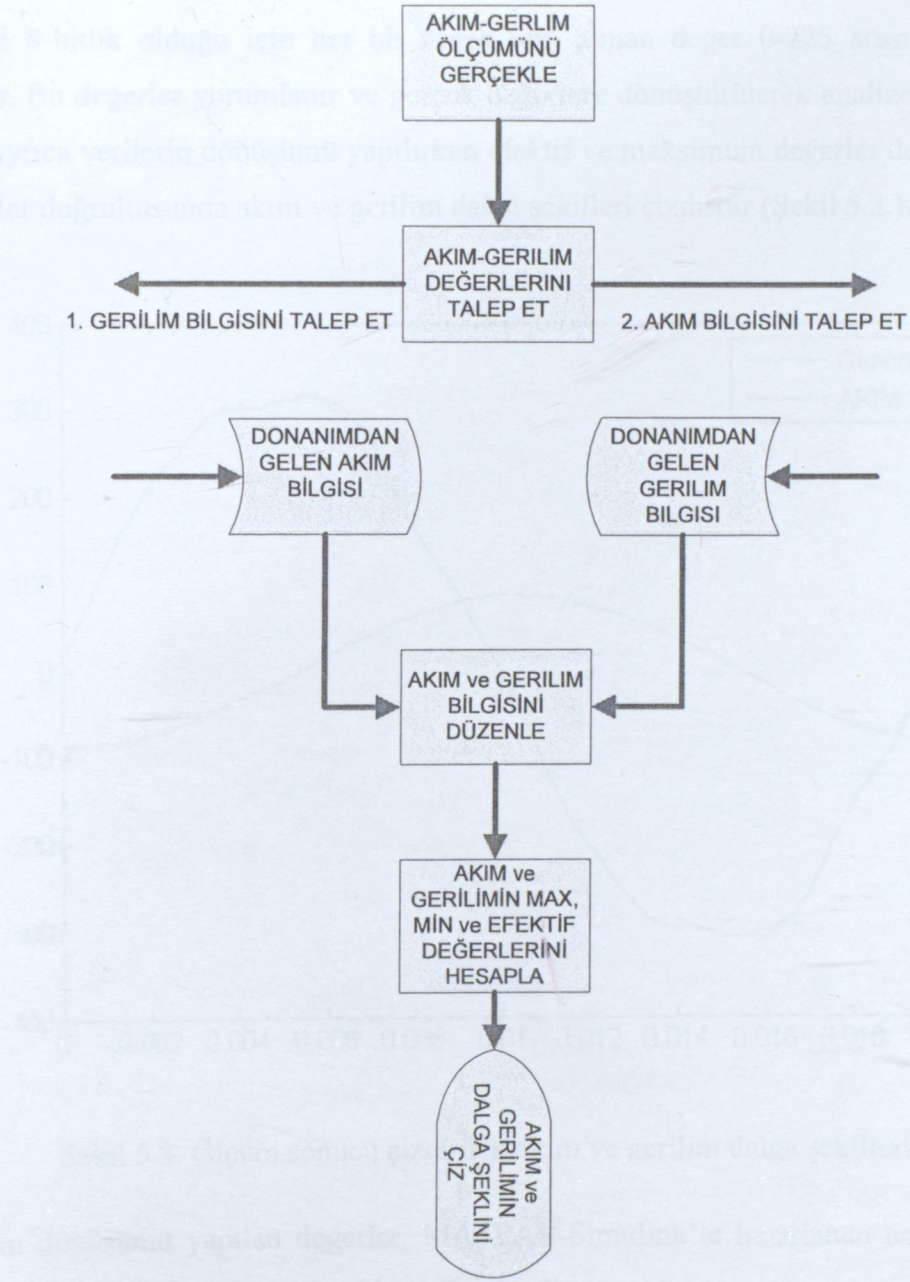
Tasarlanan ve prototipi gerçekleştirilen donanım ise akım ve gerilimi belirtilen zaman veya periyotlarda ve isteğe bağlı olarak istenilen anda örnekleyerek gömülü bilgisayara seri haberleşme ile aktarmaktadır. Donanımın üzerindeki gerçek zaman devresi kullanılarak örnekleme periyotlarını veya zamanlarını ayarlamak ve kontrol etmek mümkün olmaktadır. Böylece yılın 365 günü, 24 saat istenen zamanlarda ve periyotlarla akım ve gerilim değerlerini ölçmek mümkündür.

Geliştirilen donanım; güç kartı, akım-gerilim algılayıcı kart ve kontrol kartı olmak üzere üç ana kısımdan oluşmaktadır.

5.1 MATLAB-Simulink Modeli ile Verilerin MSP'de Analizi

Uygulamada, donanım ile PC arasındaki veri akışı çift yönlüdür. Böylece PC'den gelen komutlar doğrultusunda donanım ölçümleri gerçekleştirilmektedir. Alınan değer mikro-denetleyici üzerinde RAM'da tutularak daha sonra yine PC'den gelen komut doğrultusunda PC'ye aktarılmaktadır.

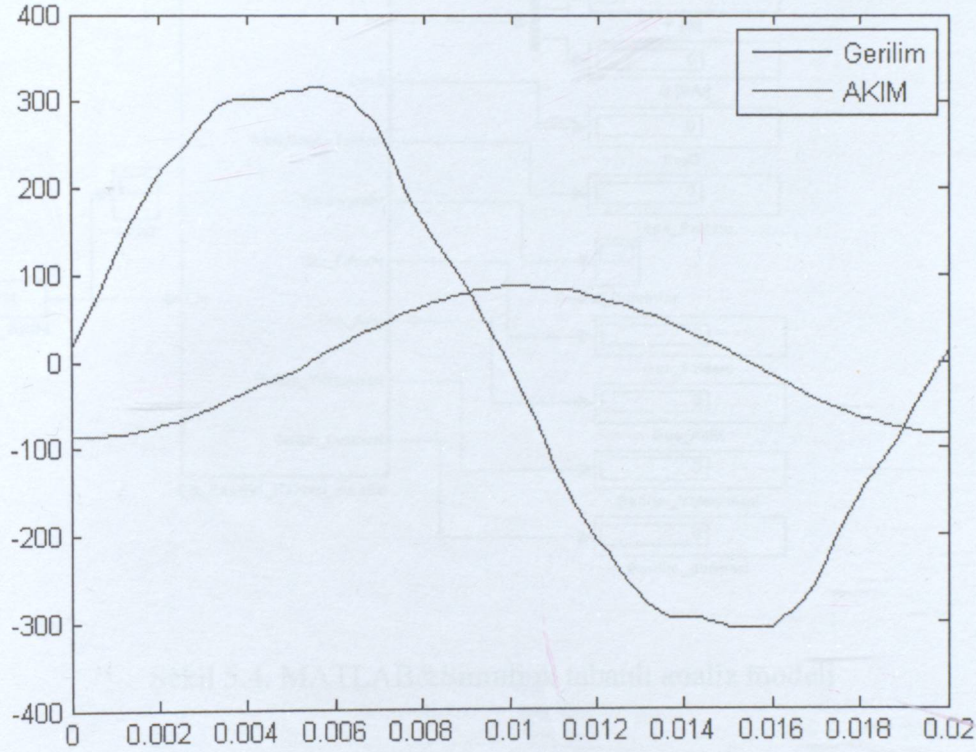
Donanım ile PC'nin haberleşmesi ve analizlerin tamamı MATLAB yazılımı ile gerçekleştirilmektedir. Tüm bu işlemler hazırlanan modüller ve yazılan kodlar ile gerçekleştirilmiştir. PC ile donanımın haberleşmesi ve donanımdan gelen verilerin düzenlenmesi yazılan kodlar ile gerçekleştirilmektedir.



Şekil 5.2. Kontrol kartı algoritması

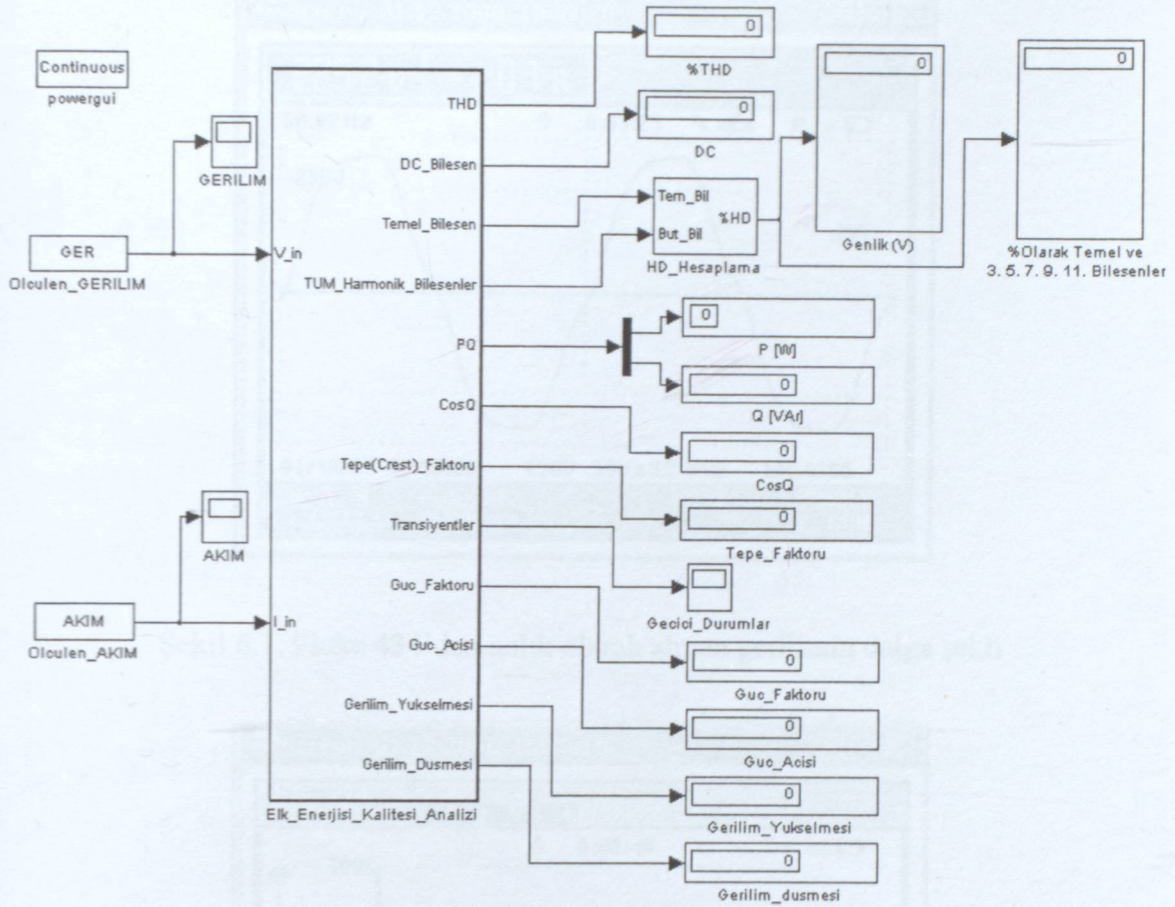
Öncelikle PC'den gelen komutlarla, donanım aktif duruma geçerek ölçüme hazır duruma gelir. Daha sonra, PC'den aldığı komutlar doğrultusunda akım ve gerilim değerlerini örnekleyerek kendine ait RAM'da saklar. PC'den gelen komuta göre örnekleme işlemleri; sadece gerilim, sadece akım veya akım-gerilim aynı anda olarak yapılabilir. Her örneklemede yeni değerler eski değerler üzerine yazılır. Yeni bir örnekleme yapılmadığı sürece eski değerler RAM'da tutulmaya devam edilir. Daha sonra PC'den istek geldiğinde RAM'daki değerler PC'ye gönderilir.

PC'ye aktarılan veriler yazılan kodlar ile bir dönüşüme tabi tutulur. Kullanılan mikro-denetleyici 8-bitlik olduğu için her bir örnek için alınan değer 0-225 arasında bir değer olmaktadır. Bu değerler yorumlanır ve gerçek değerlere dönüştürülerek analize hazır duruma getirilir. Ayrıca verilerin dönüşümü yapılırken efektif ve maksimum değerler de hesaplanarak gelen veriler doğrultusunda akım ve gerilim dalga şekilleri çizdirilir (Şekil 5.3.).



Şekil 5.3. Ölçüm sonucu çizdirilen akım ve gerilim dalga şekilleri

Analiz için dönüşümü yapılan değerler, MATLAB-Simulink'te hazırlanan analiz modeline (Şekil-5.4.) aktararak işlemler gerçekleştirilmektedir.

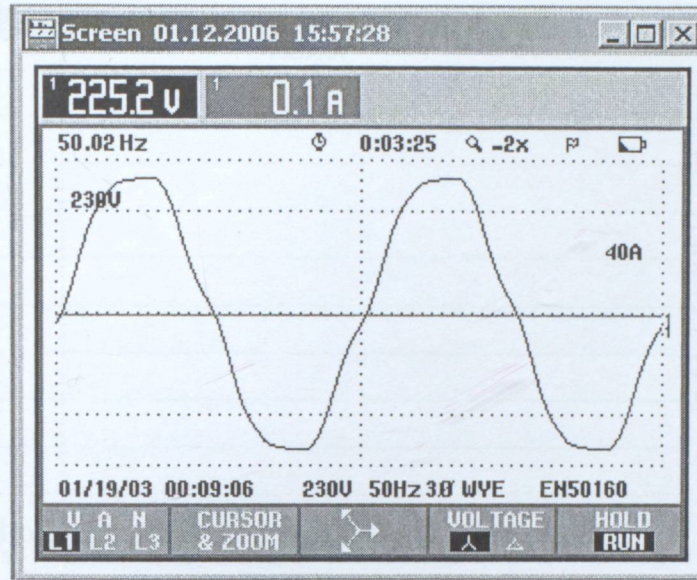


Şekil 5.4. MATLAB&Simulink tabanlı analiz modeli

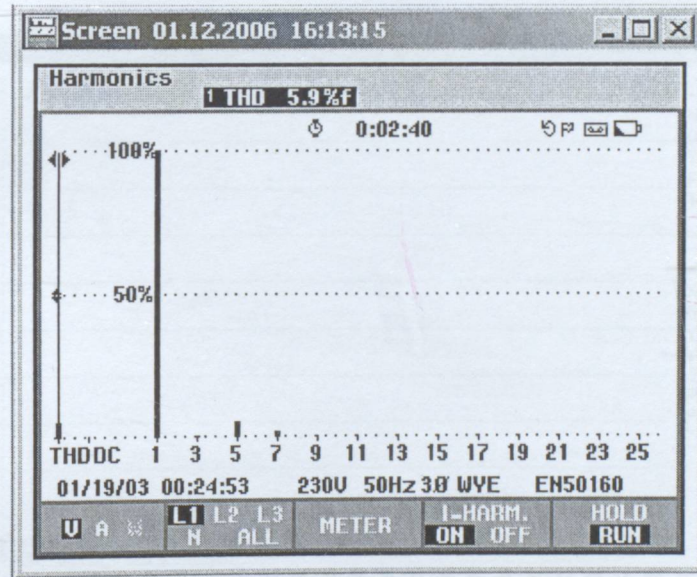
MATLAB ortamında GER ve AKIM değişkenlerine aktarılan akım ve gerilim değerleri, oluşturulan Simulink modeli tarafından alınarak analiz edilir. Yapılan analiz neticesinde sisteme ait bir periyot için aktif, reaktif güç değerleri, $\cos\phi$ ile güç faktörü değeri hesaplanır, harmonik bileşenler, geçici hal (transiyet) ve gerilim dalgalanması analizleri yapılarak tüm sonuçlar ilgili göstergelere aktarılır. Ayrıca akım ve gerilim ifadelerinin grafikleri de yine ilgili göstergelerde çizdirilir.

6. DENEYSEL SONUÇLAR VE KARŞILAŞTIRMA

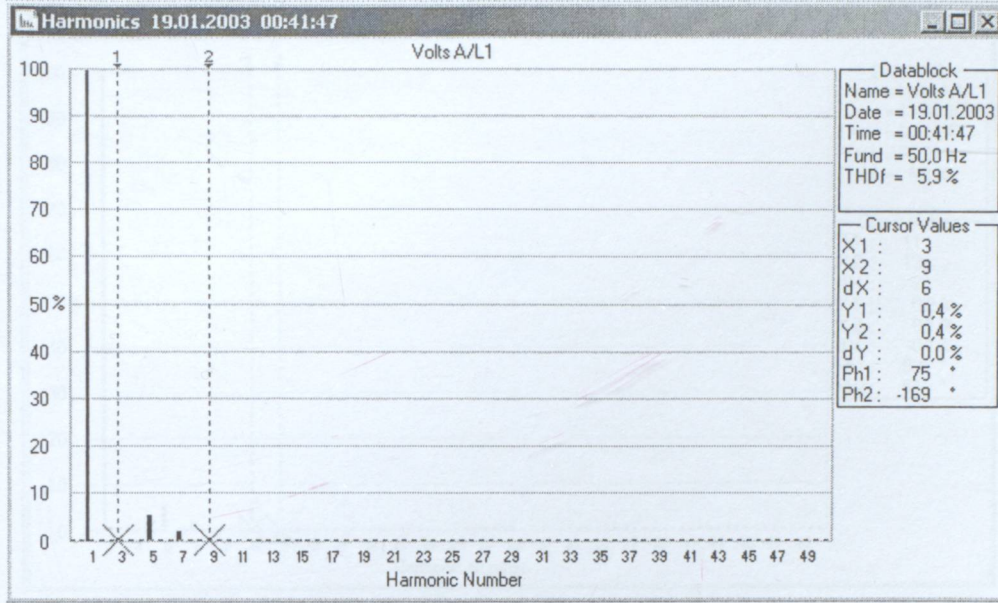
Geliştirilen enerji analizörünün doğruluk derecesinin tespiti amacı ile ölçüm sonuçları EN50160 standartlarına uygun ölçüm yapan Fluke 434 cihazından aynı anda alınan ölçüm değerleri ile kıyaslanmıştır. Fluke 434 enerji analizöründen alınan ölçüm değerleri aşağıda sıralanan grafikler ile verilmiştir.



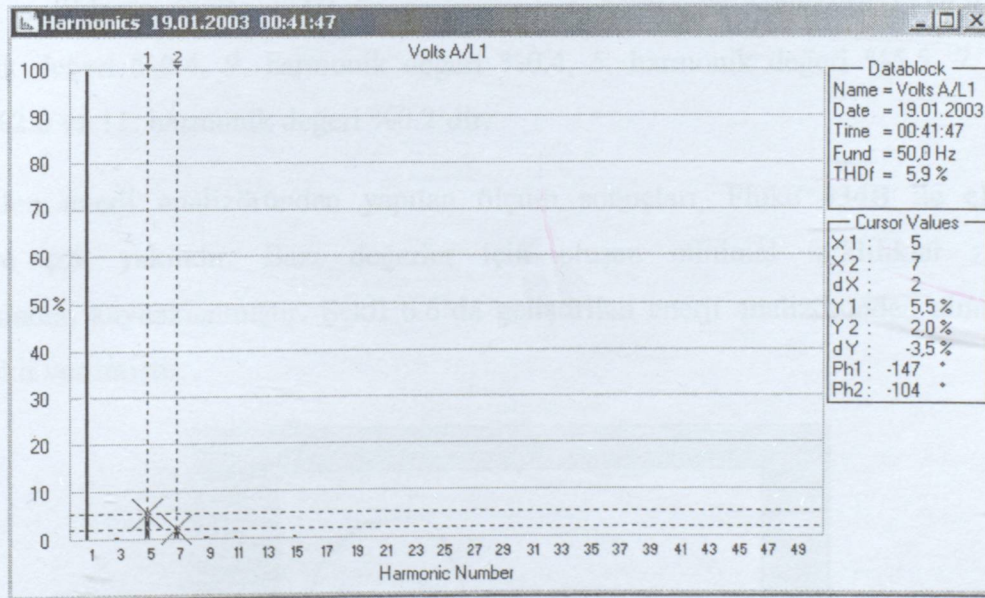
Şekil 6.1. Fluke 434'den anlık olarak alınan gerilimin dalga şekli



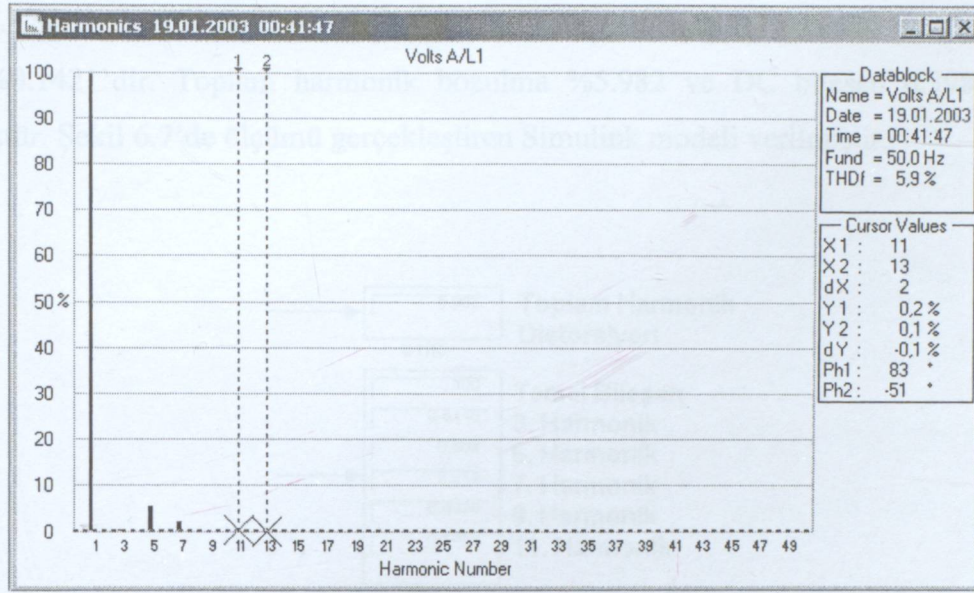
Şekil 6.2. Fluke 434'den alınan gerilim harmonik spektrumu



Şekil 6.3. Fluke 434'den okunan 3. ve 9. harmonikler



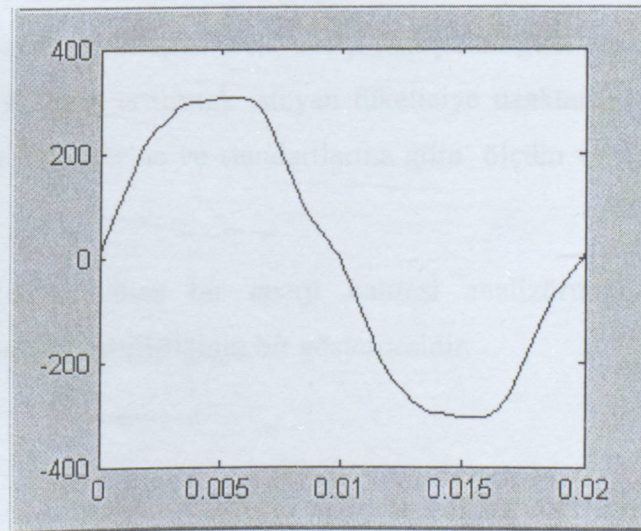
Şekil 6.4. Fluke 434'den okunan 5. ve 7. harmonikler



Şekil 6.5. Fluke 434'den okunan 11. harmonik

Verilen grafiklerde Fluke 434B üzerinde, toplam harmonik bozulması (THD) %5.9, 3. harmonik değeri %0.4, 9. harmonik değeri %0.4, 5. harmonik değeri %5.5, 7. harmonik değeri %2.0 ve 11. harmonik değeri %0.2'dir.

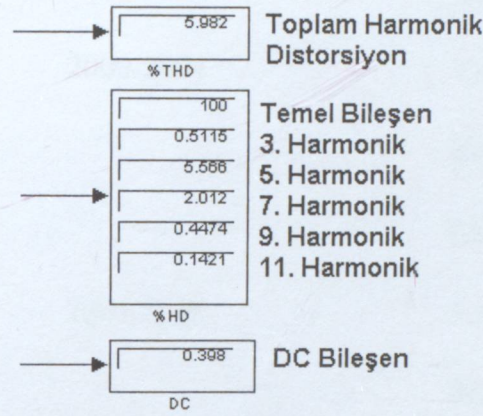
Geliştirilen enerji analizöründen yapılan ölçüm sonuçları, Fluke 434B ile elde edilen değerlere çok yakındır. Bazı değerler için oluşan minimal farklılıklar zamanlama probleminden kaynaklanmıştır. Şekil 6.6'da geliştirilen enerji analizöründen alınan gerilim dalga şekli verilmiştir.



Şekil 6.6. Geliştirilen enejji analizöründen elde edilen gerilim dalga şekli

Geliştirilen cihaz üzerinden yapılan ölçümde; 3. harmonik değeri %0.5115, 5. harmonik

değeri %5.566, 7. harmonik değeri %2.012, 9. harmonik değeri %0.4474 ve 11. harmonik değeri %0.1421'dir. Toplam harmonik bozulma %5.982 ve DC bileşen 0.398 V olarak ölçülmüştür. Şekil 6.7'de ölçümü gerçekleştiren Simulink modeli verilmiştir.



Şekil 6.7. Geliştirilen Enerji Analizöründe Yürütülen Simulink Modelinin Değerleri

7. SONUÇLAR

Bu çalışmada, donanımsal ve yazılımsal kısımları güncellenebilir bir enerji analizörü gerçekleştirilmiştir. Cihaz bir ölçüm kutusu ve gömülü bilgisayardan oluştuğundan, ölçüm devresi bağımsız olarak geliştirilerek hassasiyeti daha yüksek ve veri depolama imkanı daha geniş bir yapı oluşturulabilir. Bu sayede ölçüm değerleri geriye dönük analiz edilebilir, geçici durum (transient) gibi anlık enerji kalitesi parametreleri de görüntülenebilir. Ayrıca yazılımın ön yüzü olan ağ sayfaları derinleştirilerek, enerji danışmanlığına yönelik bir sistem meydana getirilebilir. Enerji kalitesini arttırmak isteyen tüketiciye uzaktan hizmet sağlanabilir. Yeni çıkacak enerji kalitesi kriterlerine ve standartlarına göre ölçüm ve analiz eklentileri sisteme entegre edilebilir.

Sonuç olarak geliştirilen cihaz bir enerji kalitesi analizörünün standartlar içerisinde yapılabilirliğinin ve geliştirilebilirliğinin bir göstergesidir.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi:	15.07.1982	
Doğum Yeri:	İstanbul	
Lise:	1996-2000	Özel Eyüboğlu Fen Lisesi
Lisans:	2000-2004	Yıldız Teknik Üniversitesi
		Elektrik – Elektronik Fak.
		Elektrik Müh. Bölümü
Yüksek Lisans:	2004-2005	Sabancı Üniversitesi
		Bilişim Teknolojileri Y.L.P.
Çalıştığı kurum(lar)		
	2005-Devam ediyor	CHIP Linux Köşesi
	2006-Devam ediyor	Botech Elektronik Ltd. Şti.
		IT / Proje Koordinatörü

KAYNAKLAR

- [1] Kocatepe, C.; Umurkan, N.; Attar, F.; Yumurtacı, R.; Uzunoğlu, M., Karakaş, A.; Arıkan, O.; Baysal, M.; "TMMOB Elektirik Mühendisleri Odası Enerji Kalitesi ve Harmonikler Kurs Notları"; Ocak 2006, Sayfalar: 7 - 135
- [2] Kocatepe, C.; Uzunoğlu, M.; Yumurtacı, R.; Karakaş, A.; Arıkan, O.; "Elektrik Tesislerinde Harmonikler"; Aralık 2003, Sayfalar: 3.1 – 3.7
- [3] "TS EN 61000-4-7", Nisan 2005, Sayfalar: Bölüm 4
- [2] Mark McGranaghan, (2001) "Trends in Power Quality Monitoring", Power Engineering Review, IEEE, Oct 2001, Volume 21, Issue 10, Page(s):3 - 9, 21
- [3] Srivastava, S.; Suryanarayanan, S.; Ribeiro, P.; Cartes, D.; Stcurer, M.; "A conceptual power quality monitoring technique based on multi-agent systems", IEEE Power Symposium, 23-25 Oct. 2005 Page(s):358 – 363
- [4] Chen, S.; Zhang, C.L.; Liu, Y.Z.; "A multi-channel monitoring system for system-wide power quality measurements"; IEEE Volume 2, 4-7 Dec. 2000 Page(s):953 - 958 vol.2
- [5] Rong-Ceng Leou; Ya-Chin Chang; Jen-Hao Teng; "A Web-based power quality monitoring system"; Volume 3, IEEE 15-19 July 2001 Page(s):1504 - 1508
- [6] Monteiro, M.E.; Moura, E.S.; Drago, A.B.; Bonino, L.O.; Pereiraf, J.G.; Amaral, P.F.S.; Simonetti, D.S.L.; Rosa, P.F.; Bazelatto, G.D.; "An Internet-Based Power Quality Monitoring System"; Industrial Electronics, 2003. ISIE '03. 2003 IEEE; Volume 1, 9-11 June 2003 Page(s):333 - 336
- [7] Batista, J., Alfonso, J.L., Martins, J.S., (2003) "Low-Cost Power Quality Monitor Based on a PC", Industrial Electronics, 2003. ISIE '03. 2003 IEEE International Symposium, 9-11 June 2003, Volume 1, Page(s):323 - 328
- [8] Auler, L.F., d'Amore, R., (2002) "Power Quality Monitoring and Control Using Ethernet Networks", Harmonics and Quality of Power, 2002. 10th International Conference, Volume 1, Page(s):208 - 213
- [9] Dong-Jun Won; Il-Yop Chung; Joong-Moon Kim; Seung-Il Moon; Jang-Cheol Seo; Jong-Woong Choe; "Development of Power Quality Monitoring System with Central Processing Scheme"; Power Engineering Society Summer Meeting, 2002 IEEE; Volume 2, 2002 Page(s):915 – 919

- [10] <http://www.mathworks.com/products/matlab/description1.html>
- [11] Stefan Mueller'in JMatLink sayfası, <http://jmatlink.sourceforge.net/>
- [12] Sun Java Ürünleri – JavaServer Pages, <http://java.sun.com/products/jsp/>
- [13] Sun Java Geliştirici Forumları – JSP Standard Tag Library, <http://forum.java.sun.com>
- [14] Wikipedia – JSF'nin tanımı, http://en.wikipedia.org/wiki/JavaServer_Faces
- [15] GreenSuite.com – JDBC'nin tanımı, www.greensuite.com/whitepapers/whitepapers_03.html
- [16] Sun Java Ürünleri – Java RMI, <http://java.sun.com/products/jdk/rmi/>
- [17] Sun Java Teknoloji ve Ağ Servisleri, <http://java.sun.com/webservices/index.jsp>
- [18] CodeProject, “1..2..3 ways of integrating MATLAB with the .NET”, Ruffaldi E., Kasım 2003, <http://www.codeproject.com/dotnet/matlabeng.asp>
- [19] The MathWorks Inc. United States Individual Price List, Eylül 2005.

EKLER

- EK1 Ölçüm değerlerini Düzenleyen M-file Kodları
- EK2 Ölçüm değerlerini Düzenleyen MSP Kodları
- EK3 Enerji Analizörünün Uzaktan Görüntülenmesi

EK-1 Ölçüm değerlerini Düzenleyen M-file Kodları

```
close all;

clear all;

clc;

s = serial('COM1');

    s.Timeout=1;

    s.InputBufferSize=256;

    s.OutputBufferSize=1;

s.baudrate=19200;

    fopen(s);

    fwrite(s,5);

    pause(0.5);

fwrite(s,3);

    pause(0.5);

inGerilim=fread(s);

    fwrite(s,4);

    pause(0.5);

inAKIM=fread(s);

    fclose(s);

%%T=0.02/182:0.02/182:0.02;

%%T=0.02/86:0.02/86:0.02;

T=0.0:0.02/85:0.02;

T=T';

    ref=255/2;
```



```

kV1=220-ref;

kVmax=max(inGerilim)-ref;

kV2=ref-35;

kVmin=ref-min(inGerilim);


kI1=243-ref;

kImax=max(inAKIM)-ref;

kI2=ref-12;

kImin=ref-min(inAKIM);

boyut_V=size(inAKIM,1);

boyut_I=size(inAKIM,1);

%%V(1)=0;      %%%%%%%%%%%

%%V(boyut+2)=0;      %%%%%%%%%%%

      %%for i=2:boyut-1

%%dif=abs(kmax-kmin);

%%V_dif=

for i=1:boyut_V

%%for i=1:180

      if inGerilim(i)>ref

V(i)=(inGerilim(i)-ref)*310/kV1;

      %%V(i)=(inGerilim(i)-ref)*310/kVmax;

elseif inGerilim(i)<ref

V(i)=(-1)*(ref-inGerilim(i))*310/kV2;

      %%V(i)=(-1)*(ref-inGerilim(i))*310/kVmin;

```



```

else

    V(i)=0;

    end

end

for i=1:boyut_I

    %%for i=1:180

        if inAKIM(i)>ref

            I(i)=(inAKIM(i)-ref)*200/kI1;

            %%I(i)=(inAKIM(i)-ref)*200/kImax;

        elseif inAKIM(i)<ref

            I(i)=(-1)*(ref-inAKIM(i))*200/kI2;

            %%I(i)=(-1)*(ref-inAKIM(i))*200/kImin;

        else

            I(i)=0;

        end

    end

    %%V=V';

    GER=[T V'];

    AKIM=[T I'];

    plot(T,V)

    hold

    %%plot(T,I,'r*-' )

    %%plot(T,I,'r')

```



```
f=max(V)/sqrt(2);
```

```
max_V=max(V);
```

```
min_V=min(V);
```

```
min_I=min(I);
```

```
max_I=max(I);
```

EK-2 Ölçüm değerlerini Düzenleyen MSP Kodları

```
<html>
```

```
<head>
```

```
<%@ include file="/Scripts/header.inc" %>
```

```
<%@ include file="/Scripts/popImage.js" %>
```

```
<title>ENERGYONE - Gerilim lm</title>
```

```
</head>
```

```
<body>
```

```
<matlab:SessionGet name="session1"/>
```

```
<matlab:MultiCommand>
```

```
serial_com_IV
```

```
save energyone_values.mat GER AKIM
```

```
instreset
```

```
</matlab:MultiCommand>
```



```

<matlab:EvalMDL          modelname="Harmonik_Reaktif_analiz_2_corrected"
loadname="energyone_values" savename="energyone_sim_values"/>

```

```

<matlab:MultiCommand>

```

```

load energyone_sim_values

```

```

thd=thd(end);

```

```

yuzde_thd=yuzde_thd(end,:);

```

```

h1 = yuzde_thd(1);

```

```

h3 = yuzde_thd(2);

```

```

h5 = yuzde_thd(3);

```

```

h7 = yuzde_thd(4);

```

```

h9 = yuzde_thd(5);

```

```

h11 = yuzde_thd(6);

```

```

guc=guc(end);

```

```

aktif_guc=aktif_guc(end);

```

```

reaktif_guc=reaktif_guc(end);

```

```

cosq = cosq(end);

```

```

genlik=genlik(end,:);

```

```

dc=dc(end);

```


</matlab:MultiCommand>

<p>ENERGYONE - Enerji Kalitesi Analizoru</p>

<p>Grafik:</p>

<matlab:PlotData cmd="plot(T,I,'r')" filename="energyone_IV">

</matlab:PlotData>

<matlab:Command cmd="close(gcf)"/>

<p> </p>

<pre>

<table border="1" width="492" height="93">

<tr>

<td height="34" width="162" align="center" bgcolor="#000000">

THD</td>

<td height="34" width="163" align="center" bgcolor="#000000">

Cosq</td>

<td height="34" width="163" align="center" bgcolor="#000000">

DC Bilesen</td>

</tr>

<tr>

<td height="51" width="162" align="center"><matlab:WriteData
name="thd"/></td>


```

        <td      height="51"      width="163"      align="center"><matlab:WriteData
name="cosq"/></td>

```

```

        <td      height="51"      width="163"      align="center"><matlab:WriteData
name="dc"/></td>

```

```

    </tr>

```

```

</table>

```

```

<p>&nbsp;</p>

```

```

<table border="1" width="492" height="117">

```

```

    <tr>

```

```

        <td height="42" width="162" align="center" bgcolor="#000000">

```

```

        <font color="#FFFFFF"><b>Guc</b></font></td>

```

```

        <td height="42" width="163" align="center" bgcolor="#000000">

```

```

        <font color="#FFFFFF"><b>Aktif Guc</b></font></td>

```

```

        <td height="42" width="163" align="center" bgcolor="#000000">

```

```

        <font color="#FFFFFF"><b>Reaktif Guc</b></font></td>

```

```

    </tr>

```

```

    <tr>

```

```

        <td      height="67"      width="162"      align="center"><matlab:WriteData
name="guc"/></td>

```

```

        <td      height="67"      width="163"      align="center"><matlab:WriteData
name="aktif_guc"/></td>

```

```

        <td      height="67"      width="163"      align="center"><matlab:WriteData
name="reaktif_guc"/></td>

```

```

    </tr>

```

```

</table>

```

```

<p>&nbsp;</p>

```



```

<table border="1" width="287" height="218">

    <tr>

        <td height="29" width="277" colspan="2" bgcolor="#000000">

            <p align="center"><font color="#FFFFFF">

                <span style="font-weight: 700; background-color: #000000">Yuzde
THD</span></font></td>

        </tr>

        <tr>

            <td height="30" width="46" align="center"><b>1</b></td>

            <td height="30" width="225" align="center"><matlab:WriteData
name="h1"/></td>

        </tr>

        <tr>

            <td height="30" width="46" align="center"><b>3</b></td>

            <td height="30" width="225" align="center"><matlab:WriteData
name="h3"/></td>

        </tr>

        <tr>

            <td height="31" width="46" align="center"><b>5</b></td>

            <td height="31" width="225" align="center"><matlab:WriteData
name="h5"/></td>

        </tr>

        <tr>

            <td height="31" width="46" align="center"><b>7</b></td>

            <td height="31" width="225" align="center"><matlab:WriteData
name="h7"/></td>

```



```

</tr>

<tr>

<td height="31" width="46" align="center"><b>9</b></td>

<td height="31" width="225" align="center"><matlab:WriteData
name="h9"/></td>

</tr>

<tr>

<td height="31" width="46" align="center"><b>11</b></td>

<td height="31" width="225" align="center"><matlab:WriteData
name="h11"/></td>

</tr>

</table>

<p>GERILIM:</p>

<matlab:WriteData name="GER"/>

<p>AKIM:</p>

<matlab:WriteData name="AKIM"/>

<p>SISTEM MODELİ: </p>

<matlab:PlotModel filename="energyone_sim"
simname="Harmonik_Reaktif_analiz_2_corrected"/>

</pre>

</body>

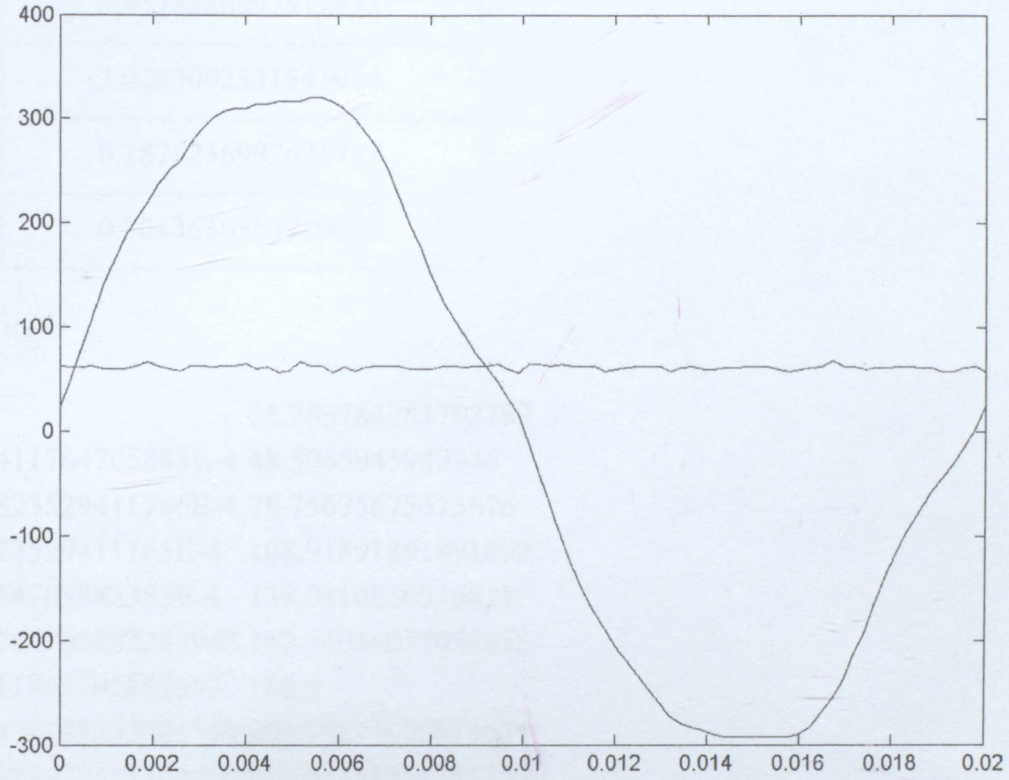
</html>

```


EK-3 Enerji Analizörünün Uzaktan Görüntülenmesi

ENERGYONE - Enerji Kalitesi Analizörü

Grafik:



| THD | Cosq | DC Bilesen |
|-------------------|---------------------|--------------------|
| 5.220820150620377 | -0.9842275871694126 | 19.050377800579376 |

| Guc | Aktif Guc | Reaktif Guc |
|---------------------|-------------------|---------------------|
| -14.671115902892788 | -81.6232479536701 | -14.671115902892788 |

| Yuzde THD | |
|-----------|--------------------|
| 1 | 100.0 |
| 3 | 1.3680248803913613 |
| 5 | 3.9578226997912433 |
| 7 | 3.0293092531541914 |
| 9 | 0.2875236992621737 |
| 11 | 0.3043630563719091 |

GERILIM:

0.0 21.783783783783782
 2.3529411764705883E-4 48.5945945945946
 4.7058823529411766E-4 78.75675675675676
 7.058823529411765E-4 108.91891891891892
 9.411764705882353E-4 139.0810810810811
 0.0011764705882352942 162.54054054054055
 0.001411764705882353 186.0
 0.0016470588235294118 202.75675675675674
 0.0018823529411764706 219.51351351351352
 0.0021176470588235297 236.27027027027026
 0.0023529411764705885 249.67567567567568
 0.0025882352941176473 259.72972972972974
 0.002823529411764706 276.4864864864865
 0.003058823529411765 289.8918918918919
 0.0032941176470588237 299.94594594594594
 0.0035294117647058825 306.64864864864865
 0.0037647058823529413 310.0
 0.0040 310.0
 0.004235294117647059 313.35135135135135
 0.004470588235294118 313.35135135135135
 0.004705882352941177 316.7027027027027
 0.004941176470588235 316.7027027027027
 0.0051764705882352945 316.7027027027027
 0.005411764705882353 320.05405405405406
 0.005647058823529412 320.05405405405406
 0.0058823529411764705 316.7027027027027
 0.00611764705882353 310.0
 0.006352941176470588 299.94594594594594

| | |
|-----------------------|---------------------|
| 0.006588235294117647 | 286.5405405405405 |
| 0.006823529411764706 | 273.13513513513516 |
| 0.007058823529411765 | 253.02702702702703 |
| 0.007294117647058823 | 226.21621621621622 |
| 0.0075294117647058826 | 199.40540540540542 |
| 0.007764705882352942 | 175.94594594594594 |
| 0.0080 | 149.13513513513513 |
| 0.00823529411764706 | 125.67567567567568 |
| 0.008470588235294119 | 108.91891891891892 |
| 0.008705882352941176 | 92.16216216216216 |
| 0.008941176470588235 | 75.4054054054054 |
| 0.009176470588235295 | 62.0 |
| 0.009411764705882354 | 48.5945945945946 |
| 0.009647058823529411 | 31.83783783783784 |
| 0.00988235294117647 | 15.08108108108108 |
| 0.01011764705882353 | -11.72972972972973 |
| 0.010352941176470589 | -41.891891891891895 |
| 0.010588235294117647 | -72.05405405405405 |
| 0.010823529411764706 | -102.21621621621621 |
| 0.011058823529411765 | -129.02702702702703 |
| 0.011294117647058824 | -152.48648648648648 |
| 0.011529411764705882 | -172.59459459459458 |
| 0.011764705882352941 | -189.35135135135135 |
| 0.012 | -206.1081081081081 |
| 0.01223529411764706 | -219.51351351351352 |
| 0.012470588235294119 | -232.9189189189189 |
| 0.012705882352941178 | -246.32432432432432 |
| 0.012941176470588235 | -259.72972972972974 |
| 0.013176470588235295 | -273.13513513513516 |
| 0.013411764705882352 | -279.8378378378378 |
| 0.013647058823529411 | -283.18918918918916 |
| 0.01388235294117647 | -286.5405405405405 |
| 0.01411764705882353 | -289.8918918918919 |
| 0.01435294117647059 | -293.2432432432432 |
| 0.014588235294117648 | -293.2432432432432 |
| 0.014823529411764706 | -293.2432432432432 |
| 0.015058823529411765 | -293.2432432432432 |
| 0.015294117647058823 | -293.2432432432432 |
| 0.015529411764705882 | -293.2432432432432 |
| 0.01576470588235294 | -293.2432432432432 |
| 0.016 | -289.8918918918919 |
| 0.01623529411764706 | -283.18918918918916 |

0.01647058823529412 -269.7837837837838
 0.016705882352941178 -256.3783783783784
 0.016941176470588237 -239.6216216216216
 0.017176470588235293 -212.8108108108108
 0.017411764705882352 -192.7027027027027
 0.01764705882352941 -162.54054054054055
 0.01788235294117647 -135.72972972972974
 0.01811764705882353 -112.27027027027027
 0.01835294117647059 -92.16216216216216
 0.01858823529411765 -75.4054054054054
 0.018823529411764708 -58.648648648648646
 0.019058823529411763 -45.24324324324324
 0.019294117647058823 -31.83783783783784
 0.019529411764705882 -15.08108108108108
 0.01976470588235294 1.6756756756756757
 0.02 25.135135135135137

AKIM:

0.0 63.2034632034632
 2.3529411764705883E-4 61.47186147186147
 4.7058823529411766E-4 61.47186147186147
 7.058823529411765E-4 63.2034632034632
 9.411764705882353E-4 59.74025974025974
 0.0011764705882352942 59.74025974025974
 0.001411764705882353 59.74025974025974
 0.0016470588235294118 63.2034632034632
 0.0018823529411764706 66.66666666666667
 0.0021176470588235297 63.2034632034632
 0.0023529411764705885 59.74025974025974
 0.0025882352941176473 58.00865800865801
 0.002823529411764706 63.2034632034632
 0.003058823529411765 63.2034632034632
 0.0032941176470588237 61.47186147186147
 0.0035294117647058825 63.2034632034632
 0.0037647058823529413 63.2034632034632
 0.0040 64.93506493506493
 0.004235294117647059 59.74025974025974
 0.004470588235294118 61.47186147186147
 0.004705882352941177 56.277056277056275
 0.004941176470588235 58.00865800865801
 0.0051764705882352945 66.66666666666667
 0.005411764705882353 63.2034632034632

| | |
|-----------------------|--------------------|
| 0.005647058823529412 | 63.2034632034632 |
| 0.0058823529411764705 | 56.277056277056275 |
| 0.00611764705882353 | 61.47186147186147 |
| 0.006352941176470588 | 58.00865800865801 |
| 0.006588235294117647 | 61.47186147186147 |
| 0.006823529411764706 | 63.2034632034632 |
| 0.007058823529411765 | 63.2034632034632 |
| 0.007294117647058823 | 63.2034632034632 |
| 0.0075294117647058826 | 59.74025974025974 |
| 0.007764705882352942 | 59.74025974025974 |
| 0.0080 | 59.74025974025974 |
| 0.00823529411764706 | 63.2034632034632 |
| 0.008470588235294119 | 63.2034632034632 |
| 0.008705882352941176 | 61.47186147186147 |
| 0.008941176470588235 | 63.2034632034632 |
| 0.009176470588235295 | 63.2034632034632 |
| 0.009411764705882354 | 64.93506493506493 |
| 0.009647058823529411 | 59.74025974025974 |
| 0.00988235294117647 | 56.277056277056275 |
| 0.01011764705882353 | 64.93506493506493 |
| 0.010352941176470589 | 64.93506493506493 |
| 0.010588235294117647 | 63.2034632034632 |
| 0.010823529411764706 | 64.93506493506493 |
| 0.011058823529411765 | 63.2034632034632 |
| 0.011294117647058824 | 63.2034632034632 |
| 0.011529411764705882 | 63.2034632034632 |
| 0.011764705882352941 | 58.00865800865801 |
| 0.012 | 59.74025974025974 |
| 0.01223529411764706 | 61.47186147186147 |
| 0.012470588235294119 | 63.2034632034632 |
| 0.012705882352941178 | 63.2034632034632 |
| 0.012941176470588235 | 63.2034632034632 |
| 0.013176470588235295 | 58.00865800865801 |
| 0.013411764705882352 | 61.47186147186147 |
| 0.013647058823529411 | 63.2034632034632 |
| 0.01388235294117647 | 59.74025974025974 |
| 0.01411764705882353 | 59.74025974025974 |
| 0.01435294117647059 | 61.47186147186147 |
| 0.014588235294117648 | 61.47186147186147 |
| 0.014823529411764706 | 63.2034632034632 |
| 0.015058823529411765 | 63.2034632034632 |
| 0.015294117647058823 | 63.2034632034632 |

SISTEM MODELI:

