

**T. C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DSP TABANLI ÇEVİRİMİÇİ
DURUM İZLEME SİSTEMİ**

Fırat YÜCEL

Danışman: Yrd.Doç.Dr. Hakan ÇALIŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK-BİLGİSAYAR EĞİTİMİ ANABİLİMDALI
ISPARTA – 2008**

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Bu çalışma jürimiz tarafından Elektronik-Bilgisayar Eğitimi ANABİLİM DALI'nda oybirliği ile YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Oğuz ÇOLAK

SDÜ Teknik Eğitim Fak. Mekatronik Eğitimi Bölümü

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hakan ÇALIŞ

SDÜ Teknik Eğitim Fak. Elektrik Eğitimi Bölümü

Üye : Yrd. Doç. Dr. Tuncay AYDOĞAN

SDÜ Teknik Eğitim Fak. Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Bölümü

ONAY

Bu tez 13/06/2008 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda, yukarıdaki jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

..../07/2008

Prof. Dr. Fatma KOYUNCU
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Durum İzleme Sistemleri	3
1.2. Sayısal İşaret İşlemcileri	4
1.3. Code Composer Studio Programı	5
1.4. MATLAB/Simulink Programı	5
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	14
3.1. Frekans Analizi	14
3.1.1. Ayırık Zamanlı Fourier Dönüşümü.....	16
3.1.2. Ayırık Fourier Dönüşümü	17
3.1.3. Hızlı Fourier Dönüşümü.....	18
3.2. TMS320F2812'nin Yapısı	19
3.3. F2812 İşlemcisinin Seçilme Nedeni	19
3.3. eZdsp F2812 Board	20
3.5. CCS Programlama Arayüzü	22
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	24
4.1. Analog İşaretlerin Örneklenmesi	24
4.2. Model Tabanlı Otomatik Gömülü Kod Üretimi	25
4.3. Hata Tespit Düzenegi	26
4.4. Endüstriyel Düzeyden Toplanan Verilerin Analizi.....	37
5. SONUÇ	41
6. KAYNAKLAR	43
ÖZGEÇMİŞ	45

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DSP TABANLI ÇEVİRİMİÇİ DURUM İZLEME SİSTEMİ

Fırat YÜCEL

**Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı**

Jüri: Yrd. Doç. Dr. Oğuz ÇOLAK
Yrd. Doç. Dr. Hakan ÇALIŞ (Danışman)
Yrd. Doç. Dr. Tuncay AYDOĞAN

Asenkron motorlar endüstride en yaygın kullanılan motor tipidir. Asenkron motorlarda oluşan hataların erken safhada tespit edilmesi maliyet açısından önemli bir kazanç sağlamaktadır. Bu tezde DSP tabanlı çevrimiçi durum izleme ile üç fazlı asenkron motordaki sargı spirleri arasında oluşabilecek kısa devre veya yalıtım bozuklukları ve motor milinde oluşabilecek mekanik dengesizlik hatalarının tespiti amaçlanmıştır.

3 faz akım değerleri sisteme giriş parametresi olarak verilmiştir. Verinin elde edilmesi ve yorumlanması DSP tarafından gerçekleştirilmektedir. Üç faz akım bilgilerinin zaman ve frekans düzlemindeki genlik değişimleri izlenerek tespit edilmiştir. Ayrıca, sözü edilen sistem pahalı veri toplama düzenekleri veya bilgisayar gerektirmeden kolayca adapte edilebilir yapıdadır.

Bu çalışmada gerçekleştirilen çevrimiçi durum izleme sisteminde motora ait herhangi bir ön bilgi gerektirmez ve karmaşık hesaplama gerektiren matematiksel modellemeye ihtiyaç duyulmaz. Ayrıca hata sınıflandırmasında kullanılmak üzere belli bir eşik değeri tespit edilebilir.

Anahtar Kelimeler: DSP, Çevrimiçi Durum İzleme, Asenkron Motor, FFT.

2008, 44 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DSP BASED ONLINE CONDITION MONITORING SYSTEM

Fırat YÜCEL

**Süleyman Demirel University Graduate School of Applied and Natural Sciences
Electronics-Computer Education Department**

Thesis Committee: Asst. Prof. Oğuz ÇOLAK
Asst. Prof. Hakan ÇALIŞ (Supervisor)
Asst. Prof. Tuncay AYDOĞAN

Induction motors are the most commonly used motor types in industry. The detection of the faults in induction motors in early stage provides an important outcome in terms of cost.

In this thesis study, a DSP-based online condition monitoring system is implemented to detect mechanical unbalances on the motor shaft or stator winding faults for the three phase induction motors.

Three phase currents are used as input parameters. Data acquisition and analysis are implemented in DSP. Fault detection is implemented by monitoring amplitude changes in digitized three phase current signals in time and frequency domains. Also this work does not require using an expensive data acquisition unit or personal computer. It has easily adaptable structure.

The online condition monitoring system implemented in this study does not require pre-information about motor or mathematical modeling that needs complex calculation. In addition, a certain threshold level for the fault classification can be determined.

Keywords: DSP, Online Condition Monitoring, Induction Motor, FFT.

2008, 44 pages

TEŞEKKÜR

Bu tez konusunun belirlenmesinde, çalışmamın sonuca ulaşmasında ve karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında her zaman destek olan ve yol gösteren tez danışmanım, değerli hocam Sayın Yrd.Doç.Dr. Hakan ÇALIŞ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam ile ilgili olarak kendilerine danıştığım da gereken ilgiyi gösteren değerli hocalarım Yrd.Doç.Dr. Abdülkadir ÇAKIR'a ve Yrd.Doç.Dr. Okan BİNGÖL'e de teşekkür ederim.

Ayrıca, görev yapmaktan mutluluk duyduğum kurumum Antalya-Serik Anadolu Meslek Lisesi, Teknik Lise ve Endüstri Meslek Lisesi'ne ve ayrıca Elektrik-Elektronik Teknolojisi Alan Şefi O. Oktay DEMİRCİ'ye tez çalışmam için sağladığı cihaz ve malzeme desteğinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Tezde kullanılan arızalı motorlarla ilgili deneysel verileri sağlayan Artesis Teknoloji Sistemleri A.Ş.'ye desteğinden dolayı teşekkür ederim.

Son olarak, çalışmamı sürdürürken anlayış ve sabırlarıyla yanımda olan, destek veren değerli aileme de şükranlarımı sunarım.

Fırat YÜCEL

ISPARTA, 2008

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Tipik bir durum izleme sistemi	3
Şekil 2.1. Gerçek zamanlı ve kablosuz veri toplama sistemi (Bucci vd.'den, 2005)	7
Şekil 2.2. Küçük boyutlu, kablosuz veri toplama sistemi (Libo vd.'den, 2002).....	8
Şekil 2.3. Kablosuz veri toplama arayüzü (Hossain ve Fathizadeh'den, 2004).....	9
Şekil 2.4. Bluewave developer kit (Siew vd.'den, 2006).....	10
Şekil 2.5. Durum izleme sistemi (Pei vd.'den, 2004)	10
Şekil 2.6. Çok kanallı (a) ve yol temelli (b) yöntemler (Rautiainen vd.'den, 2004) ...	11
Şekil 2.7. Durum izleme sistemi (Rautiainen vd.'den, 2004)	12
Şekil 2.8. Sistem verici katmanı (Lu vd.'den, 2005)	13
Şekil 2.9. Sistem alıcı katmanı (Lu vd.'den, 2005)	13
Şekil 2.10. DSP tabanlı sistem (Spatenka vd.'den, 2003).....	14
Şekil 3.1. Fourier dönüşümünün türleri	16
Şekil 3.2. TMS320F2812 DSP blok şeması.....	21
Şekil 3.3. eZdsp F2812 blok şeması	22
Şekil 3.4. eZdsp F2812 kartının üstten görünümü.....	23
Şekil 4.1. Analog işaret bindirme devresi	25
Şekil 4.2. Matlab/Simulink üzerinden otomatik gömülü kod üretimi akış diyagramı	26
Şekil 4.3. Asenkron motor hata tespit sistemi blok şeması.....	27
Şekil 4.4. Deneysel düzenek	28
Şekil 4.5. Motor bağlantısı	29
Şekil 4.6. Akım probu	30
Şekil 4.7. Akım probunun bağlantısı	30
Şekil 4.8. Akım probundan elde edilen sinyalin osilaskop görüntüsü.....	31
Şekil 4.9. Analog işaret bindirme devresi ve DSP kiti deney düzeneği	32
Şekil 4.10. ADC'ye uygulanan sinyalin osilaskop görüntüsü (Volt/Div = 500 mV)..	32
Şekil 4.11. Sistem Simulink modeli	33
Şekil 4.12. DSP belleğinde kayıtlı örneklenen sinyalin grafiği (CCS ortamında).....	34
Şekil 4.13. Sinyal örnekleme Simulink modeli	35
Şekil 4.14. Sıfır noktasına göre normalize edilmiş sinyal grafiği (CCS ortamında)...	35
Şekil 4.15. FFT grafiği (CCS ortamında)	36
Şekil 4.16. Sistemin simülasyon modeli (Simulink ortamında).....	37

Şekil 4.17. Motor faz akımından örneklenen sinyal (Simulink ortamında).....	38
Şekil 4.18. Motor faz akımının FFT grafiği (Simulink ortamında).....	38
Şekil 4.19. Normal, kısa devre ve mekanik dengesizliği bulunan motorların 1., 2. ve 3. faz akımlarının zaman-genlik grafikleri a) 10 periyot b) 2 periyot ...	39
Şekil 4.20. Normal, kısa devre ve mekanik dengesizlik hataları bulunan 3 faz stator akımlarının genlik-frekans spektrumları.....	40
Şekil 4.21. Normal, kısa devre ve mekanik dengesizlik hataları bulunan 3 faz stator akımlarının frekans-genlik spektrumlarının 0-100 Hz aralığı.....	40

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Motor teknik bilgileri	28
Çizelge 4.2. Motor akımı ölçüm değerleri	29

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ADC	Analog-Sayısal Dönüştürücü
AFD	Ayrık Fourier Dönüşümü
CCS	DSP Program Derleyici/Emülatör Yazılımı
COM	Paralel iletim protokolü
DSP	Sayısal işaret işlemcisi
EEPROM	Elektriksel Olarak Yazılıp Silinebilen Bellek
FD	Fourier Dönüşümü
FFT	Hızlı Fourier Dönüşümü
GHz	Giga Hertz
HFD	Hızlı Fourier Dönüşümü
IEEE	Uluslar arası Elektrik-Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
kHz	Kilo Hertz
kS	K Örnek (K Sample)
LPT	PC Paralel Portu
MHz	Mega Hertz
PIC	Mikrodenetleyici
PLC	Programlanabilir mantıksal denetleyici
PWM	Darbe Genişlik Modülasyonu
RAM	Rastgele Erişimli Bellek
RMS	Etkin değer
RS232	Seri iletim protokolü
RS-485	Seri iletim protokolü
RTD	Direnç sıcaklık algılayıcısı
s	saniye
SDRAM	Eş Zamanlı Dinamik Rastgele Erişimli Bellek
TTL	Transistör-Transistör Lojiği
UART	Evrensel Asenkron Gönderme Alma
UHF	Ultra Yüksek Frekans
ω	Açısal Frekans
W_N	AFD Faz Faktörü

word	16 bit
X[k]	Ayrık Fourier Dönüşümü Genlik Değeri
x[n]	Ayrık zamanda dizi
μC	Mikrodenetleyici
μF	μFarad

1. GİRİŞ

Durum izleme sistemleri, bir endüstriyel süreçten elde edilen verilerin yorumlanarak, sistemin çalışmasına ilişkin durum bilgilerinin istemcilere gönderilmesini sağlayan sistemlerdir. Verilerin yorumlanması suretiyle sistemde oluşabilecek hataların önceden tanısı ise endüstriyel süreçlerin ekonomik ve güvenli işletimi bakımından son derece önemlidir. Verinin elde edilmesi ve uzaktaki istemcilere aktarımı, “veri toplama sistemi” olarak adlandırılan birimler üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bu birimler, çok sayıda fiziksel sistemde bulunmaktadır ve her bir sistem geniş aralıklarda ayarlanabilir değerleri olan bir parametre seti yardımıyla karakterize edilmektedir. Her veri toplama birimi tarafından garanti edilmesi gereken tepki zamanı, bant genişliği, örnekleme frekansı, duyarlılık, giriş kanal sayısı ve haberleşme hızı gibi parametreler, izlenen sistemle ilişkilidir.

Endüstriyel süreçlerde kullanılan elektrik motorlarının elektriksel ve mekanik kısımlarındaki arızaların erken belirlenmesi, süreç güvenirliliği ve ekonomikliği açısından son derece önemlidir. Bu nedenle, öngörülü bakım amaçlı durum izleme çalışmaları, makine durum bilgisinin ortaya çıkartılmasının temelini oluşturur (Bonnet ve Soukup, 1992). Endüstriyel süreçlerden elde edilen verilerin yorumlanması, sistemde oluşabilecek hataların önceden kestirimine ve gerektiğinde sisteme erken müdahaleye olanak tanımaktadır.

Asenkron motorlar değişik endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu motorlar sağlam yapıda olmalarına rağmen elverişsiz ortamlara maruz kalmalarından dolayı hatalar oluşabilmektedir. Başlangıç seviyesindeki hatalar erken bir safhada tespit edilemezse, hem kendisi hem de sistem çalışması zarar görebilir, üretim kayıplarına neden olabilir. Son yirmi yılda çalışılan en önemli alan, motorun performans karakteristikleri ve asenkron motor hatalarının tespiti ve analizi olmuştur. Doğru ve güvenilir hata tespit yönteminin uygulanması, iyi bir motor performansı için motor hatalarının etki ve sebeplerinin iyi anlaşılması gerekir. Asenkron motorlarda hata tespiti için değişik yöntemler kullanılmaktadır. Parametre tahmini ve diğer model tabanlı teknikler sistemin matematiksel modeline dayandığından, motor belli bir süre sonra aşındığından bu modeller motorun durumunu tam olarak ifade etmeyebilir. Hata tespiti için kullanılan diğer bir yöntem

ise makine veya motorun bir eleman tarafından sürekli gözlemlenmesidir. Burada sistemin matematiksel modeli bilinmeden gözlem yoluyla hata tespiti yapılabilir. Fakat böyle bir yöntem hem zaman alıcı hem de pahalıdır. Akıllı bir hata tespiti için işaret işleme tabanlı yöntemler yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır (Kayaalp, 2007).

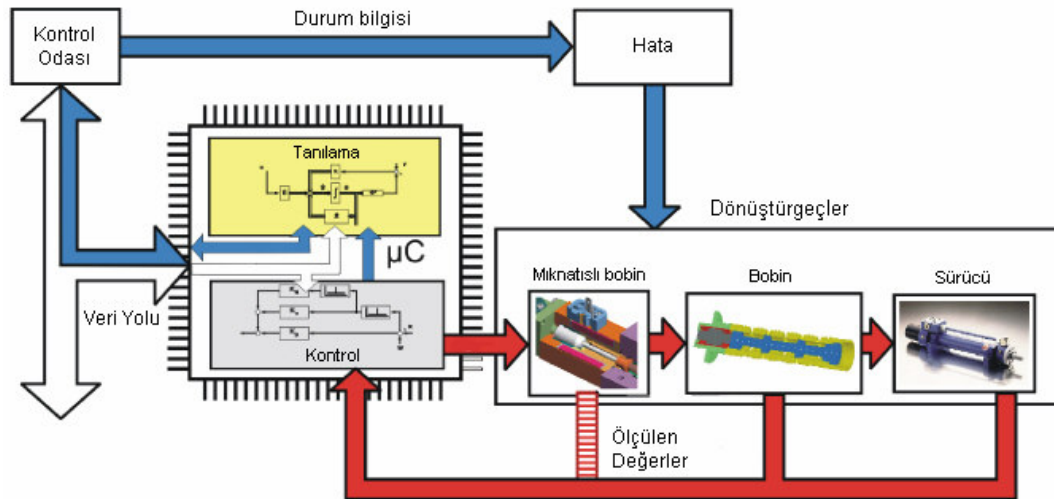
Bu tez çalışmasında geliştirilen durum izleme sistemi, asenkron motorların akım değerlerinin izlenmesine yönelik olarak geliştirilmiştir. Sistem, sayısal işaret işlemcisi (DSP) adı verilen, hız ve performans açısından özelleştirilmiş bir işlemci kullanılarak tasarlanmıştır. Geliştirilen sistem, hata belirteçlerinin izlenmesiyle gerçek zamanlı olarak sistem yöneticisini bilgilendirmektedir. Ayrıca modüler bir yapıda olup birçok sistemle uyumlu hale getirilebilmektedir. Durum izleme amaçlı kullanılacak veri toplama sisteminin tasarımında maliyetin azaltılması, esneklik sağlanması hedeflenmiştir. Esneklik, hem yazılım hem de donanım modülerliğiyle sağlanmıştır. Ayrıca çevrimiçi bir sistemin geliştirilmesi, endüstriyel süreçlere ilişkin durum bilgisinin gerçek zamanlı olarak operatöre ulaştırılmasını mümkün kılmaktadır. Çalışmanın DSP tabanlı bir yapıda olmasıyla, verilerin yorumlanması ve iletimi çok hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

Tezde, sağlam durum, sargı spirleri arasında kısa devre hatası ve motor milinde mekanik dengesizlik hatası olan üç durum için üç faz motor akım bilgisi kullanılmıştır. Veriler ilk önce frekans spektrum analizinde değerlendirilmiştir. Frekans spektrum analizi yeni oluşan yan band ve harmoniklerin tespiti için kullanılmıştır. Motor milindeki mekanik dengesizlik hatası akım spektrumlarında şebeke frekansının etrafında yan bandlar oluşturur. Bu bandlardaki genlik değişiminin algılanması ile hata tespiti yapılabilir. İşlenmemiş ham üç faz akım verilerindeki etkin değerler (RMS) hesaplanmıştır. Hesaplanan RMS değerleri durum izlemeye yönelik olarak yorumlanmış ve yorumlanan bilgiler “çevrimiçi” olarak sistem yöneticisine iletilmiştir.

Tezin ilk bölümünde tez çalışmasının amacı, kullanılan yöntem, elde edilen sonuçlar ve katkılar ifade edilmiştir. İkinci bölümünde ise, asenkron motor hatalarının hangi yöntemler kullanılarak bulunduğu bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde tezde kullanılan DSP işlemcisinin programlanması ve frekans spektrum analizi

1.1. Durum İzleme Sistemleri

Tipik bir durum izleme sisteminin bileşenleri Şekil 1.1’de görüldüğü üzere, proses üzerinden ölçüm yapan dönüştürgeçler, ölçülen değerleri kontrol eden ve olası hata ya da arıza durumlarını teşhis eden mikrodenetleyici (μC) ve izleme ünitesinden oluşmaktadır.



Dönüştürgeçler, fiziksel büyüklükleri algılayan ve durum izleme sistemi tarafından ölçülebilir elektriksel işaretlere dönüştüren aygıtlardır. Örneğin, termokupllar, direnç

sıcaklık algılayıcıları (RTD'ler), termistörler ve entegre devre algılayıcılar, sıcaklığı, analog-sayısal dönüştürücü tarafından ölçülebilir analog işaretlere dönüştürürler.

Titreşim (ivme, hız, ve yer değiştirme) sinyali, akım, sıcaklık, basınç, sıvı akış miktarı gibi sinyaller algılayıcılar tarafından ölçülerek durum izlemede parametre olarak kullanılır. Titreşim sinyali bunların en yaygın olanıdır. Sıcaklık ve basınç parametreleri de sıkça kullanılmakta olup algılama elemanı bakımından çeşitlilik arz ederler. Bunlar termokapılar, direnci sıcaklıkla değişen dirençler (RTD) gibi mevcut olan sıcaklık algılayıcılarıdır.

Algılayıcı seçiminde hassasiyet, frekans aralığı ve güvenilirliği aranacak ana unsurlardır. Güvenirlik özellikle ağır şartların olduğu sistemlerde algılayıcı performansının yüksek olması için özel dikkat gerektiren unsurdur. Algılayıcı seçiminde doğal olarak maliyet ve uygulama alanı etkili olacaktır (Çalış, 2000).

Dönüştürgeçler tarafından üretilen elektriksel işaretler, durum izleme aygıtının giriş sınırını aşmayacak şekilde ayarlanmalıdır. İşaret sınırlama bileşenleri, düşük seviyeli işaretleri yükseltir ve sonra izole eder, ölçümün doğruluğunu artırmak için filtreler. Buna ek olarak, bazı dönüştürgeçler, bir gerilim çıkışı üretmek için gerilim veya akım uyarımına ihtiyaç duyarlar.

1.2. Sayısal İşaret İşlemcileri

Günümüzde sayısal işaret işlemcileri (DSP'ler) video, müzik, haberleşme ve ölçme tekniğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Elektrik makinelerinin hız, moment ya da konum denetiminde yüksek hızlı ve doğruluklu işlem başarımının elde edilmesinde ve daha karmaşık denetim yöntemlerinin uygulanmasında sayısal işaret işlemcileri önemli yer tutmaktadır. Güç elektroniği sürücü düzeneklerinde kullanılan yarı iletken anahtarların daha hızlı ve daha karmaşık denetimleri, sürekli gelişen mikroişlemci teknolojisiyle daha kolay yapılabilir (Kesler, 2008).

Konvertör ya da motorların denetimi ve sinyal analizi için üretilmiş hızlı ve yetenekli DSP'lerden birisi de TMS320F2812'dir. Spectrum Digital tarafından deneysel kullanımlar için geliştirilmiş emülasyon kartı olan eZdsp TMS320F2812 DSK, bilgisayarların paralel portu üzerinden Code Composer Studio (CCS) program

arayüzü ile programlanabilmektedir. DSP'nin kompleks yapısından dolayı, kullanımı ve programlama ilkelerinin öğrenilmesi oldukça uzun zaman alabilmektedir.

1.3. Code Composer Studio (CCS) Programı

Code Composer Studio programı, TMS320 DSP ailesinin üzerinde yazılım geliştirmek için kullanılan derleyici bir programdır. Bu program sayesinde TMS320 kartı için C programlama dilinde yazılan programlar, TMS320 üzerinde benzetimci (simülatör) biçiminde kullanılabilmektedir.

Program, sayısal sinyal işleme temelli uygulamaların tasarım sürecinde doğrudan kart üzerinde olmaksızın, yazılım üzerinden çalışılmasına imkân veren bir geliştirme aracıdır. Bu yazılım, TMS320 sayısal işaret işleme kartlarının standart algoritmasına sahiptir. Bu nedenle, geliştirme aşamasındaki bir uygulamanın sayısal işaret işleme temelli uygulamalarla birlikte uyumluluğu ve kullanımı bu yazılım üzerinde test edilebilmektedir (Özmen, 2005).

1.4. MATLAB/Simulink Programı

Simulink (Simulation and Link), dinamik sistemlerin modellenmesi, benzetimi (simülasyonu) ve analizi için kullanılan bir yazılım paketidir. Son yıllarda akademik ve endüstriyel ortamlarda yaygın biçimde kullanılmaktadır. Simulink, sayısal işaret işlemede ve birçok diğer alanda gerçek dünya sisteminin benzetimini yapabilmektedir.

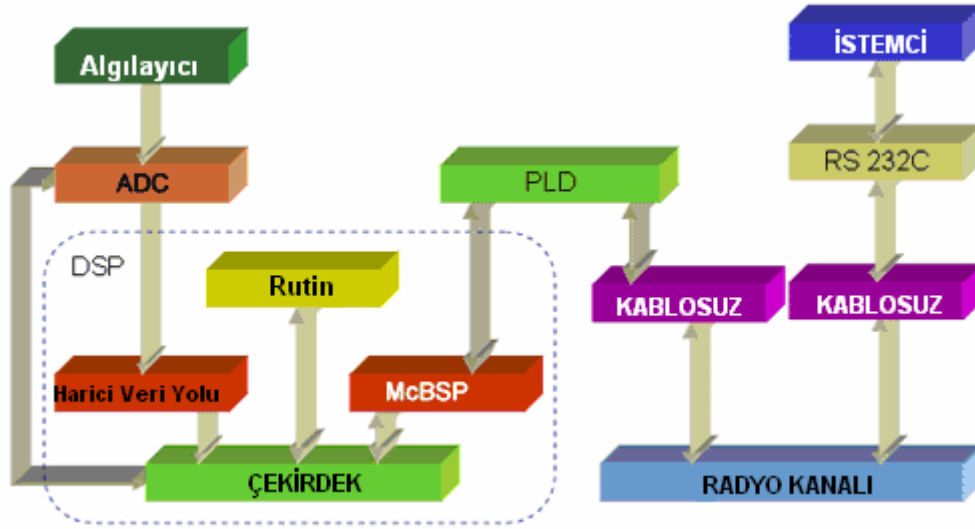
Bir MATLAB arayüzü olan Simulink'te bir modelleme işlemi için simge sürekle-bırak mantığı ile taşınan bloklar kullanılır. MATLAB kodu yazmak yerine, işlem blokları birbirine bağlanarak model diyagramları oluşturulur. Blok simgeleri, sistemin girişlerini, sistemin parçalarını veya sistemin çıkışlarını gösterir.

Bu tez çalışmasında, MATLAB/Simulink paket yazılımı kullanılarak DSP için algoritma geliştirilmiş, kod oluşturulmuş ve DSP üzerine programlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Değişen çalışma ortamları ve dinamik yükler, motorlarda hatalara sebep olurlar. Bu nedenle sistemlerin ani duraklamalarının önlenmesi hem maliyet, hem güvenilirlik için önemlidir. Bu olumsuzlukları önlemek üzere geliştirilen durum izleme sistemleriyle ilgili olarak literatürde birçok uygulama örneği bulunmaktadır.

Bucci vd. (2005) tarafından gerçekleştirilen gerçek zamanlı, kablosuz bir veri toplama biriminin blok şeması Şekil 2.1'te gösterildiği gibidir. Bu çalışmada bir algılayıcıdan alınan bilgiler, analog/sayısal dönüştürücü (ADC) ile sayısallaştırılır ve DSP gibi bir denetleyiciye gönderilir. Denetleyici, içerisindeki kernel yazılımı sayesinde bir sunucu olarak çalışır ve istemcilerden gelen isteklere yanıt verir. Bu istekler, toplanan verinin kablosuz yöntemlerle gönderilmesi veya analiz edilmesi (en yüksek ve en düşük değerlerinin tespit edilmesi, FFT gibi) işlemleri kapsamaktadır. Bucci ve diğerleri (2005) tarafından oluşturulan durum izleme birimi Bruel Kjaer algılayıcısıyla düşük bir frekansta titreşim ölçümü gerçekleştirmektedir.



Şekil 2.1. Gerçek zamanlı ve kablosuz veri toplama sistemi (Bucci vd.'den, 2005)

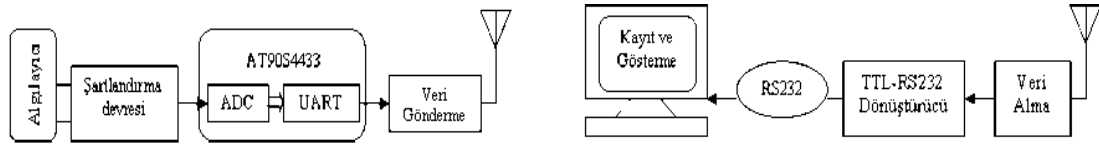
Bruel Kjaer algılayıcısı, titreşim ölçümü için, Eşitlik 2.1'de görüldüğü üzere, $x(t)$ yer değiştirmesinin ikinci dereceden türevini alarak elde edilen ivmeyi gerilime (V_{out}) dönüştürmektedir.

$$V_{out}(t) = \frac{d^2}{dt^2} \cdot x(t) \quad (2.1)$$

ADC olarak ise yüksek hızlı (1 MSPS), 8 kanallı bir tümleşik devre kullanılmıştır. DSP'ye paralel yöntemle veri gönderilmiştir. Ayrıca, National Virtual Instrument modülü kullanılarak bu bilgi istemci bilgisayara aktarılmış, istemci tarafında bir kullanıcı arabirimi oluşturulmuştur. Kullanıcı arabirimi aşağıdaki kısımlardan oluşmaktadır:

- Uzak sinyalin FFT diyagramı
- İvme değerlerinin zaman domeni diyagramı
- Generic filtre oluşturmak için ayar kısımları
- Alınan ölçüm paketi sayacı

Bu konuda yapılan çalışmalardan bir diğeri ise Libo vd. (2002) tarafından yapılan “Küçük Boyutlu Kablosuz Veri Toplama Sistemlerinin Tasarım ve Gerçekleştirilmesi” adlı çalışmadır. Tasarlanan veri toplama birimi Şekil 2.2'deki gibidir.

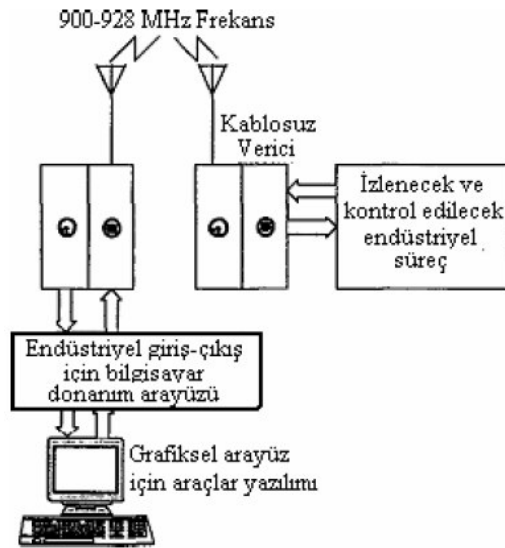


Şekil 2.2. Küçük boyutlu, kablosuz veri toplama sistemi (Libo vd.'den, 2002)

Algılayıcıdan gönderilen veri, sınırlama devresinden geçirilmekte ve Atmel AT90S4433 mikroişlemcisi tarafından sayısallaştırılmakta ve gürültüler filtrelenmektedir. Evrensel Asenkron Gönderme Alma (UART) desteği olan bu mikroişlemci ile sayesinde veri, nRF401 ile oluşturulmuş verici devresine gönderilmektedir. nRF401 bir UHF verici entegresi olup, 433 MHz frekans bandında çalışmaktadır. Aktarım hızı açısından bakıldığında 50 metre mesafede 19.200 kbps hıza erişilmiştir. Bu entegre mikroişlemci kontrollü olarak çalışmaktadır ve uygulama devresinde değişik değerlerde bobinlere ihtiyaç duymaktadır. Alıcı kısmında ise yine nRF401 vericisi ile alınan veri, TTL-RS232 dönüştürücü sistemine gönderilmekte, burada bilgisayar COM portuna uygun hale dönüştürülmektedir.

Dönüştürücü olarak MAX202 entegresi kullanılmıştır. Bilgisayara gönderilen veriler, Visual Basic programlama dilinde yazılan bir programda görüntülenmiştir.

Bu konudaki diğer bir çalışma, Nagel ve Walker (2003) tarafından yapılan “Kablosuz Veri Toplama Sisteminin Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi” adlı çalışmadır. Bu çalışmada National Instruments tarafından üretilen PCI-6036 E Multifunction kart kullanılmıştır. Sözü edilen kart, düşük maliyetli, 200 kS/s ve 16-bit duyarlılığa sahip, 16 analog G/Ç portu bulunan bir veri toplama kartıdır. Bilgisayar ile veri toplama kartı arasındaki G/Ç için NI6036E adlı 36-bit konektör kullanılmıştır. Kablosuz iletişim için bilgisayarın PCI slotuna takılan WMP11 kablosuz iletişim kartı kullanılmıştır. Bu kart yaklaşık düşük bir maliyetle alıcı bulmaktadır. DC ofseti gidermek için ise 1 μ F’lık kondansatörler seri olarak bağlanmıştır.



Şekil 2.3. Kablosuz veri toplama arayüzü (Hossain ve Fathizadeh'den, 2004)

Hossain ve Fathizadeh (2004) tarafından yapılan “Gürültülü Endüstriyel Ortamda İzleme, Kontrol ve Veri Toplama Amacıyla Yeni ve Mevcut Endüstriyel Sistemlere Kablosuz Arayüz” adlı çalışmada, PLC kullanılan sistemler arasında kablosuz veri toplama gerçekleştirilmiştir. Sözü edilen çalışmada, 902-928 MHz frekans bandında Omnex firmasının geliştirilen HS-900 Hoplink Codeless Wire™ dönüştürücü sistemi kullanılmıştır. Veri 3 veya 5 mil uzağa aktarılabilir. Sistemin çalışma diyagramı, Şekil 2.3’te verilmektedir.

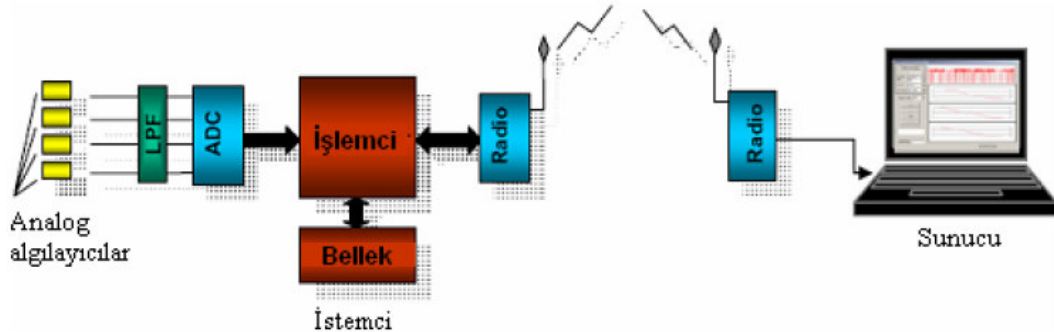
Siew vd. (2006) tarafından gerçekleştirilen “Güç Alt İstasyonlarında EMI Ölçümü için Kablosuz Veri Toplama Sistemi” adlı çalışmada ise kablosuz teknolojilerden, bluetooth teknolojisi kullanılmıştır. Bluetooth modem olarak ise Bluewave Developer Kit kullanılmıştır (Şekil 2.4). Bu kit, 115200 bps hızla veri aktarımı yapan ve RS-232 arayüzü ile bilgisayara bağlantı sağlayan bir devredir. Sistemin diğer bileşenleri, önceki çalışmalardakine benzemektedir.



Şekil 2.4. Bluewave developer kit (Siew vd.’den, 2006)

Bucci vd. (2004) tarafından geliştirilen başka bir çalışmada da kablosuz yöntemlerden RF kullanılmaktadır.

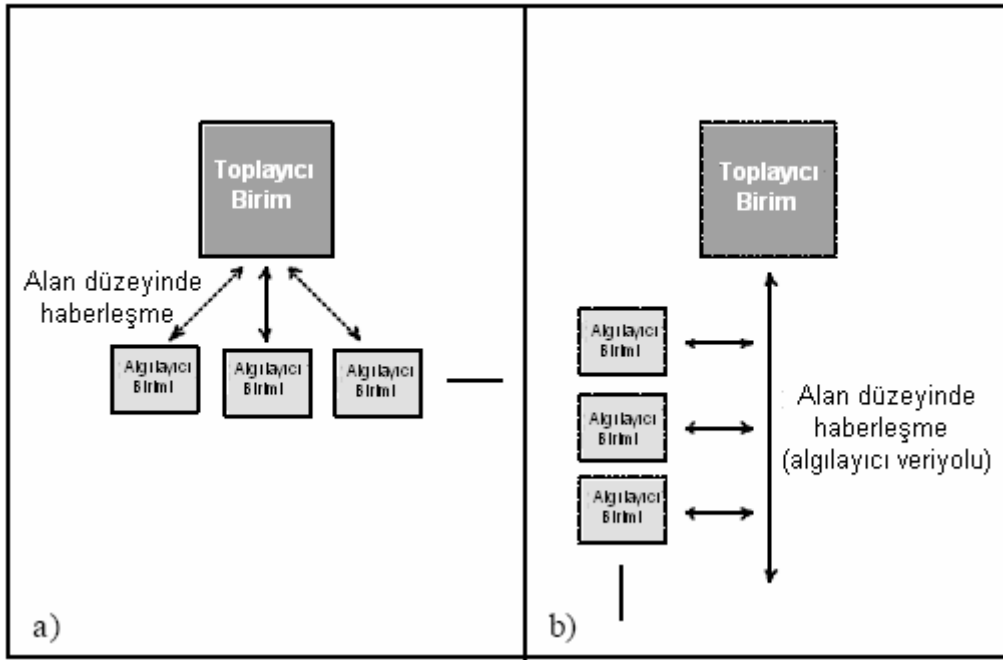
Pei vd. (2004) tarafından gerçekleştirilen “Yapısal Sağlık İzleme için Kablosuz Algılayıcı Birimlerinin Kritik Tasarım Parametreleri ve Çalışma Koşulları” isimli çalışmada, ivmeölçerden gelen bilgiler Motorola 68H44 mikrodenetleyicisi tarafından filtrelenmiş ve sayısallaştırılmış, OEMs radyo frekansı yöntemi ile 900 MHz ve 2.4 GHz frekans aralığında, veriler 100-500 Hz’de örneklenerek gönderilmiştir. Sistem blok şeması, Şekil 2.5’te görüldüğü üzeredir.



Şekil 2.5. Durum izleme sistemi (Pei vd.’den, 2004)

Rautiainen vd. (2004), “Elektrik Motoru Durum İzlemesi için Düşük Maliyetli Ölçüm ve Veri Toplama Sistemi” adlı çalışmasında, endüstriyel sistemlerdeki motorlar üzerinde, bu motorların gömülü olmayan analizini gerçekleştirmektedir. Söz konusu makalede algılayıcı ile kolektör birimleri arasındaki bağlantı için iki prensipten bahsedilmektedir (Şekil 2.6):

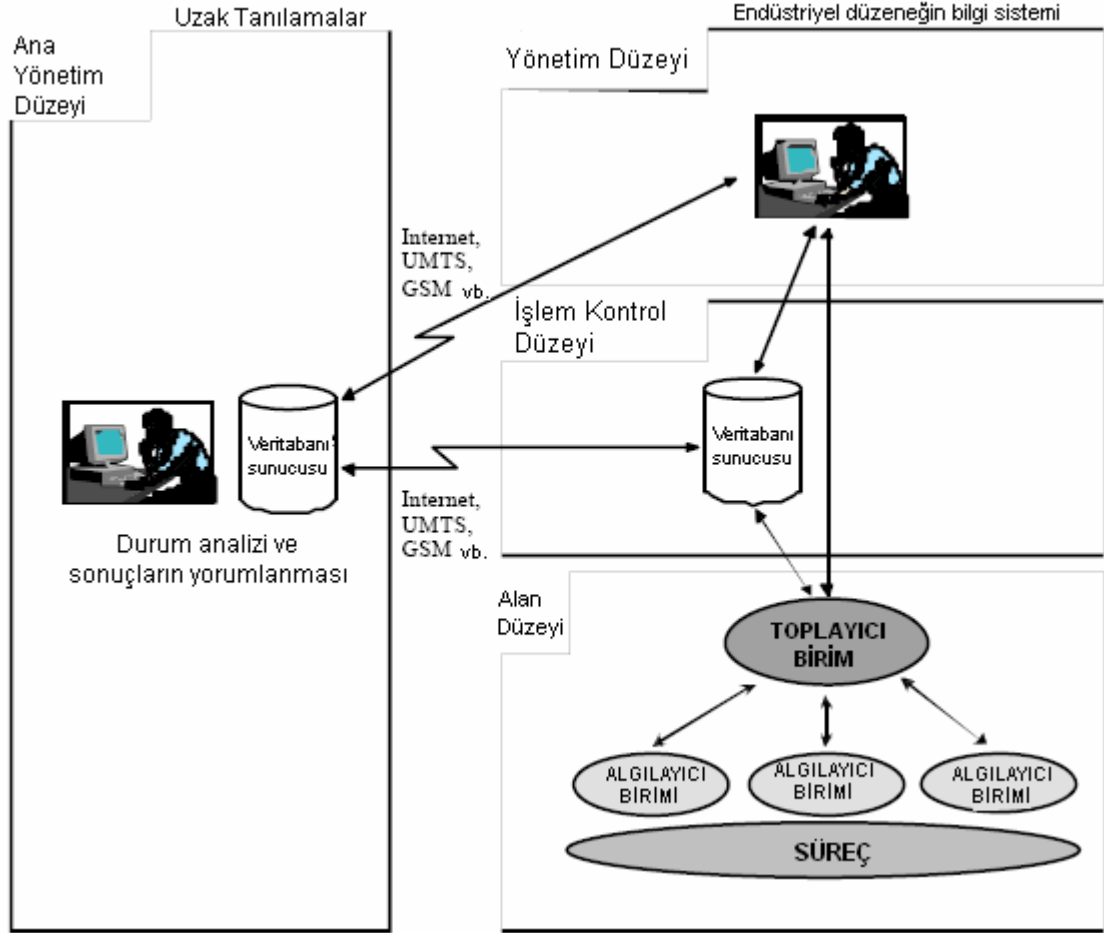
- 1) Çok kanallı (multi-channel),
- 2) Yol tabanlı (bus-based).



Şekil 2.6. Çok kanallı (a) ve yol temelli (b) yöntemler (Rautiainen vd.’den, 2004)

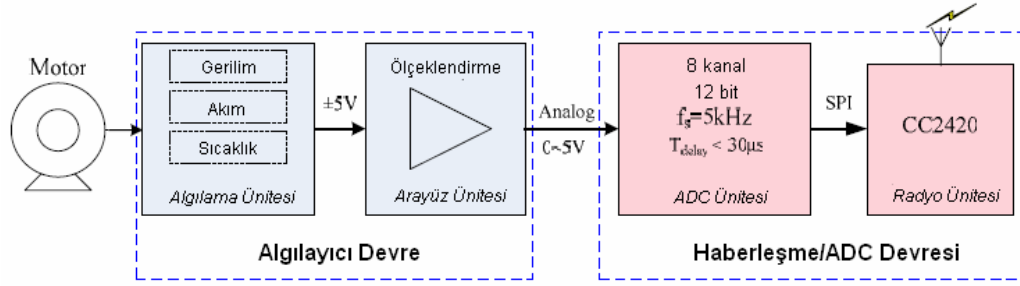
Sözü edilen çalışmada yol tabanlı mimari kullanılmıştır. Bu mimarinin kullanılmasının nedeni, maliyetin azaltılmasıdır. Çalışmada, titreşim ve sıcaklık ölçümü için Analog Devices tarafından üretilen ADXL105 algılayıcısı kullanılmıştır. Analog çıkışlar 20 kHz’de örneklenmiş ve 12-bit ile sayısallaştırılmıştır. Algılayıcılar ile kolektör birimi arasında RS-485 protokolüyle veri iletimi gerçekleştirilmiştir, kablo olarak koaksiyel kablo kullanılmıştır. Toplayıcı ünite 64 kWord’luk kapasitede harici RAM’a sahiptir ve PIC18F8720 ile oluşturulmuştur. Sistemde kullanılan frekans dönüştürücü (ACS200) ile analog çıkışların stabilizesi bozulmuş, bunun düzeltilmesi için “median filtreleme” kullanılmıştır. Filtreleme programı C dilinde yazılarak PIC16F876 içerisine yüklenmiştir. Bu program

algılayıcılardan gelen 19 verinin ortalamasını almaktadır. Bu filtreyle, alçak geçiren filtreye göre daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Sistem blok şeması, Şekil 2.7’de verildiği gibidir.



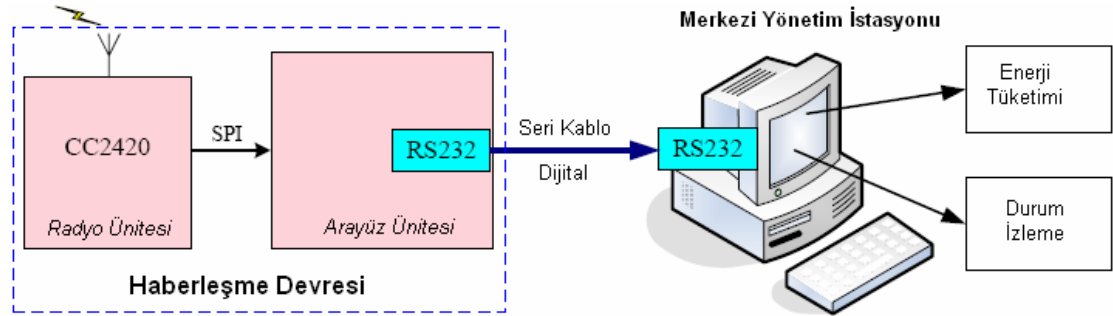
Şekil 2.7. Durum izleme sistemi (Rautiainen vd.’den, 2004)

Lu vd. (2005) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada kablosuz algılayıcı ağları kullanılarak entegre motor izleme sistemleri için durum izleme ve enerji kullanımı değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. İzlemede veri aktarımında IEEE 802.15.4 (ZigBee) standardı kullanılarak veri iletimi gerçekleştirilmiştir. Bu standart bluetooth ve diğer kablosuz yöntemlere göre daha ucuz ve küçüktür. 10 m mesafede ve yaklaşık 250 kbps hızında iletim gerçekleştirilebilmektedir. Sistemde kullanılan verici katmanı Şekil 2.8’de verilmektedir.



Şekil 2.8. Sistem verici katmanı (Lu vd.'den, 2005)

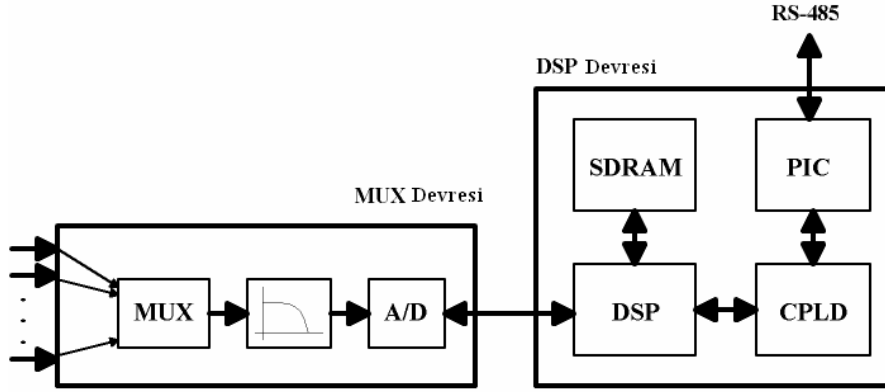
Gerilim, akım ve sıcaklık gibi bilgiler algılayıcılar yardımıyla elde edilerek 0-5 V aralığında ölçeklendirilmiştir. Daha sonra ADC yardımıyla sayısallaştırılmış ve CC2420 adlı IEEE 802.15.4 standardına uyumlu LR-WPAN modülüyle alıcıya gönderilmiştir. Sistemde kullanılan alıcı katmanı Şekil 2.9'daki gibidir.



Şekil 2.9. Sistem alıcı katmanı (Lu vd.'den, 2005)

Alıcı katmanı da CC2420 alıcı/verici modülünden oluşmaktadır. SPI protokolü kullanılarak bilgiler arayüz birimine aktarılmakta, buradan RS232 ile masaüstü bilgisayara aktarılmaktadır.

Spatenka vd. (2003) tarafından gerçekleştirilen “Elektrik motorlarının titreşim durum izlemesi için gömülü DSP tabanlı sistem” adlı çalışmada ise motorlar üzerine takılan titreşim algılayıcılarından elde edilen sinyallerin izlenmesine yönelik bir sistem tasarlanmıştır. Sistem blok şeması Şekil 2.10'da verilmektedir.



Şekil 2.10. DSP tabanlı sistem (Spatenka vd.'den, 2003)

MUX ile motorlardan alınan titreşim sinyalleri alçak geçiren süzgeçten geçirildikten sonra sayısallaştırılmıştır. DSP entegresi yardımıyla veriler SDRAM'a kaydedilmiş, analizleri gerçekleştirilmiş ve CPLD programlanabilir lojik aygıtı ile de PIC'e aktarılmış, RS-485 seri protokolüyle bilgisayara gönderilmiştir. Kullanılan DSP, ADSP-21065L'dir. Veriler 32 MB'lık SDRAM'e kaydedilmiştir

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Frekans Analizi

Sinyal işleme, sinyalde bulunan bilgilerin elde edilmesi için kullanılan teknikleri içerir. Sinyal işleme ile bir sinyalin özellikleri zaman ve frekans domenlerinde eşzamanlı olarak incelenir.

Bir sinyalin özellikleri zamanla değişmiyorsa, bunlara "durağan sinyal" denir. Durağan bir sinyalde de beklenmeyen olaylar görülebilir, fakat bu olayların olasılığı istatistik olarak tahmin edilebilir bilgilerdir. Durağan sinyalleri incelemek için Fourier dönüşümü (FD) kullanılır. FD ile bu sinyaller, sinüs ve kosinüs dalgalarının lineer birleşimine ayrışır (Ayaz, 1997).

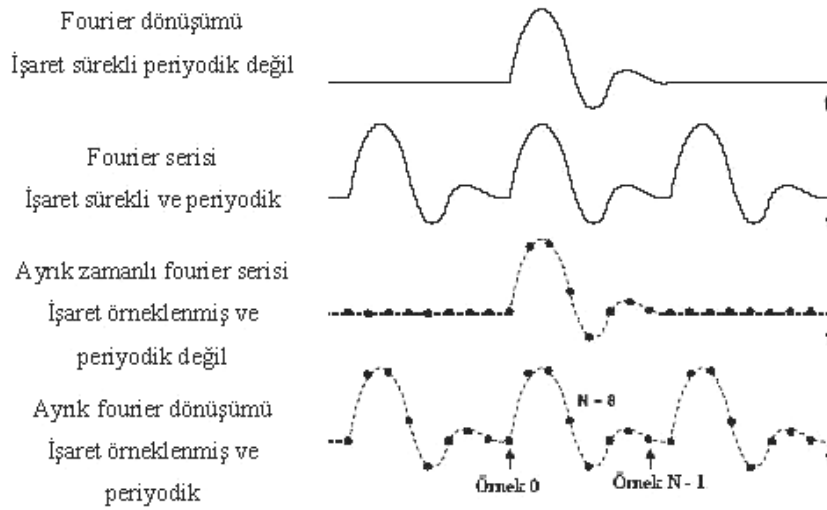
Fourier analizi kullanılarak, sinyalin frekans spektrumu oluşturulur. Ancak bu yöntem frekans değerlerinin hangi zaman dilimlerine karşılık geldiği hakkında bilgi vermez. Bunun sebebi standart Fourier analizinde kullanılan taban fonksiyonlarının sınırsız olmasıdır. Bu nedenle sinyalin zamanla değişimi için bir şey söylenemez. Bu sebeplerden dolayı FD durağan olmayan sinyallerin analizinde yetersiz kalır.

Doğadaki sinyallerin büyük çoğunluğu durağan olmayan sinyallerdir. Durağan olmayan sinyallere en iyi örnek olarak insan sesi verilebilir. Sinyaller belirli zaman aralıklarında incelendiğinde, frekans spektrumları daha iyi gözlemlenebilir. Hem zamanda hem de frekansta sınırlı fonksiyonlar kullanılarak sinyalin analizi yapılırsa zaman ve frekans düzlemlerinde sinyal daha iyi incelenebilir.

Bu amaçla sinyaller bir pencere fonksiyonu ile çarpılıp, sinyalin bu pencere fonksiyonu içerisinde kalan kısmının FD göz önünde bulundurularak frekans spektrumu incelenir. Bu işlemler, pencere fonksiyonu zaman ekseninde ötelenerek tekrar edilir. Böylece sinyal bütün zaman ekseninde incelenmiş olur. Sinyal durağan olmasa bile bu pencere fonksiyonu içerisinde kalan kısım durağan olur veya durağan kabul edilir. Böylelikle pencere fonksiyonunun öteleme miktarına ve frekans değerine bağlı olarak sinyal incelenebilir. Bu inceleme sonunda sinyalin zaman-frekans gösterimi elde edilir. Bu yöntem kısa süreli FD olarak adlandırılır ve Gabor

tarafından önerilmiştir. Gabor, pencere fonksiyonu olarak Gauss fonksiyonunu seçmiştir.

Periyodik bir sinyal, çeşitli genlik ve frekanstaki birçok sinüs sinyalinin toplamı şeklinde ifade edilebilir. Bu işlem Fourier analizi olarak bilinmektedir. En düşük frekanslı sinüs sinyali birinci harmonik (temel dalga), diğerleri ise harmonik bileşenler adını almaktadır. Analiz sonunda A_0 katsayısı ve A_n , B_n seri katsayıları hesaplanarak harmonik genlikleri bulunmuş olur. n indisi harmonik mertebesini göstermekte olup, A_n ve B_n n . harmoniğin bileşenleridir. Fourier analizinde integral alma işleminin kullanılması, analiz süresini oldukça uzatmaktadır (Ertürk, 2005).



Şekil 3.1. Fourier dönüşümünün türleri

Periyodik olmayan sinyallerin de harmonik analizinin yapılabilmesi amacıyla, sayısal işlemci tabanlı Ayırık Fourier Dönüşüm (AFD) yöntemi tanımlanmıştır. Algoritması gereği, AFD yöntemi de Fourier analizi gibi uzun bir zaman almaktadır. Daha sonraki yıllarda dönüşüm süresini kısaltmak için AFD'nin özel bir durumu olan Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD) yöntemi geliştirilmiştir. HFD algoritmasının hızlı olması, uygun veri sayısının (2^n , n pozitif tamsayı) işlenmesi ile sağlanmıştır.

Fourier analizi periyodik olan sinyalin fonksiyonunu kullanırken, AFD ve HFD yöntemleri periyodik olan veya olmayan sinyalin örneklenmiş verilerini kullanmaktadır. Sürekli zaman işaretleri devamlı değer almakta, ayırık zaman

işaretleri ise sadece belirli anlar için değer almaktadır. Sürekli zaman işaretleri ile ayrık zaman işaretlerinin gösterim aşamasında ayırt edilebilmesi için yaygın olarak sürekli zaman işaretleri için t değişkeni kullanılırken ayrık zaman işaret değişkeni olarak n kullanılmaktadır. Sürekli zaman işaretlerinde bağımsız değişken parantez içerisinde gösterilirken ayrık zaman işaretlerinin bağımsız değişkeni köşeli parantez içerisinde gösterilmektedir. Bu bağlamda $x(t)$ şeklindeki gösterim bir sürekli zaman işaretini, $x[n]$ şeklindeki gösterim ise ayrık zaman işaretini göstermektedir. Ayrık zamanlı işaretlerin gösterilmesinde değişkenler bir niteliği temsil etmeyip sadece dizin olarak kullanılırlar. Bu nedenle ayrık zaman işaret değişkenleri tam sayılarla sınırlandırılmıştır.

Bir sürekli zaman işaretinin alabileceği değerler sınırlandırılmamış ise bu işaret analog işaret olarak adlandırılır. Analog işaretler hem zaman ekseninde, hem de değer bakımından süreklidir. Bir ayrık zaman işaretinin alabileceği değer sayısı sınırlı ise bu işaret sayısal işaret olarak adlandırılır. Örneğin bilgisayar işaretleri tipik olarak sayısalıdır.

Analog işaretlerin sayısal sekile, sayısal işaretlerin analog şekle çevrilmesi mümkündür. Analog/sayısal çeviriciler önce sürekli zamanda tanımlı analog işareti bir ayrık zamanlı işarete çevirmekte (örnekleme) daha sonra ise ayrık zaman işaretin alabileceği değerleri sınırlandırarak sayısal bir işaret elde etmektedir. Bir işaretin alabileceği değerlerin sınırlı olması işaretin bilgisayarla islenmesi için şarttır. Fakat teorik olarak analiz ve sentez aşamalarında çoğunlukla sayısal sistemin özelliklerini, yapısını ve çalışmasını belirleyen faktör işaret değerlerinin sınırlı olması değil, işaretin ayrık zamanlı olarak tanımlı olmasıdır. Bu bağlamda, sayısal işaret işleme prensipleri ayrık zamanlı işaretlere genişletilebilmektedir. Bu nedenle, sayısal yöntemlerle işaret ve sistemlerin incelenmesinde ayrık zamanlı işaret ve ayrık zamanlı sistemler temel alınmaktadır (Ertürk, 2005).

3.1.1. Ayrık Zamanlı Fourier Dönüşümü

Bir ayrık zaman işaretinin ayrık zamanlı Fourier dönüşümü,

$$X(e^{j,\omega}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]e^{-j,\omega,n} \quad (3.1)$$

olarak tanımlanır. Ayırık zamanlı Fourier dönüşümü, bir ayırık zaman işaretinin farklı frekanslardaki karmaşık üstel işaret bileşenlerini vermektedir. Ayırık zamanlı Fourier dönüşümü bir ayırık zaman işaretini, sürekli frekans bileşenlerine ayırmaktadır. Bu nedenle bir ayırık zamanlı işaretin ayırık zamanlı Fourier dönüşümü frekansa bağlı sürekli bir fonksiyondur. Ayırık zamanlı Fourier dönüşümü 2π periyodu ile periyodiktir, bu nedenle sadece 2π temel aralıkta incelenmesi yeterli olmaktadır.

Ters ayırık zamanlı Fourier dönüşümü,

$$x[n] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X(e^{j,\omega}) e^{j,\omega,n} d\omega \quad (3.2)$$

olarak tanımlanmaktadır.

Ters ayırık zamanlı Fourier dönüşümü bir ayırık zaman işaretini farklı frekanslardaki karmaşık üstel işaret bileşenlerinin toplamı olarak oluşturulmaktadır. Bir işaretin Fourier dönüşümünün genlik spektrumu ve faz spektrumu,

$$\left| X(e^{j,\omega}) \right| \quad \angle X(e^{j,\omega}) \quad (3.3)$$

şeklindedir.

3.1.2. Ayırık Fourier Dönüşümü

Bir işaretin frekans spektrumu hesaplanırken 2π ile periyodik olan ayırık zamanlı frekansın bir periyodunun dikkate alınması yeterlidir. Frekans spektrumu hesabı sırasında N adet frekans değeri için hesaplama yapılacaksa eğer bu frekans değerlerinin 2π 'lik temel frekans bölgesinde N adet eşit aralıklı frekans değeri,

$$\omega = \frac{2\pi}{N}k \quad k = 0,1,\dots,N-1 \quad (3.4)$$

olarak bulunmaktadır. Ayırık frekans dönüşümünün N adet ayırık frekans değeri için hesaplanması,

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{-j\omega n} \quad k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (3.5)$$

şeklindedir. Ters ayırık Fourier dönüşümü,

$$x[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X[k] e^{j\omega n} \quad n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (3.6)$$

olarak tanımlanmaktadır.

3.1.3. Hızlı Fourier Dönüşümü

Ayrık Fourier dönüşümünün hızlı bir biçimde hesaplanmasına olanak tanıyan yöntemler hızlı Fourier dönüşümü olarak adlandırılmaktadır. Hızlı Fourier dönüşümü, ayırık Fourier dönüşümünün işaret işleme uygulamalarında yaygın olarak kullanılabilmesini sağlamaktadır. Bir işaretin ayırık Fourier dönüşümü Eşitlik (3.7)'deki gibi doğrudan,

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{-j\omega n} \quad k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (3.7)$$

eşitliği ile hesaplanabilmektedir. Bu durumda, dönüşümün her k değeri için N adet karmaşık çarpma ve $N-1$ adet karmaşık toplama işlemi yapılması gerekmektedir. N noktalı bir ayırık Fourier dönüşümü için N^2 ile orantılı bir hesap yükü anlamına gelmektedir. Ayırık Fourier dönüşümündeki faz faktörü,

$$W_N = e^{-j(2\pi/N)} \quad (3.8)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Faz faktörünün simetri ve periyodiklik özellikleri kullanılarak, ayırık Fourier dönüşümünün daha verimli hesaplanabilmesi mümkündür.

Faz faktörünün simetri özelliği,

$$W_N^{k+N/2} = -W_N^k \quad (3.9)$$

Faz faktörünün periyodiklik özelliği de,

$$W_N^{k+N} = W_N^k \quad (3.10)$$

ilişkisini vermektedir.

Hızlı Fourier dönüşümü, ayrık Fourier hesabı için faz faktörünün simetri ve periyodiklik özelliğinden faydalanılarak hızlı bir hesaplama sağlamaktadır.

3.2. TMS320F2812'nin Yapısı

TMS320F2812 DSP, sabit noktalı işlem yapan 32-bit 150Mhz bir işlemci olup, 16-kanal 6.67 ns çözünürlüklü, ölü zaman ayarlı programlanabilir PWM çıkışı, 16 kanal 12-bit 80 ns dönüşüm zamanlı A/D çevirici, 4 adet sayısal yakalama girişi ve 4 adet kare dalga kodlayıcı girişi, 16-bit 7 port programlanabilir sayısal giriş-çıkış, 18K word RAM ve 128K word Flash EEROM ve C/C++ programlama desteğine sahiptir. İşlemci sabit noktalı aritmetik işlem yapmasına rağmen IQmath kütüphane desteği ile kayan noktalı aritmetik işlem kolaylığında ve ona yakın doğrulukta işlem yapabilmektedir. İşlemciye ilişkin ilkesel bir model Şekil 3.2'de verilmiştir (Kesler, 2008).

3.3. F2812 İşlemcisinin Seçilme Nedeni

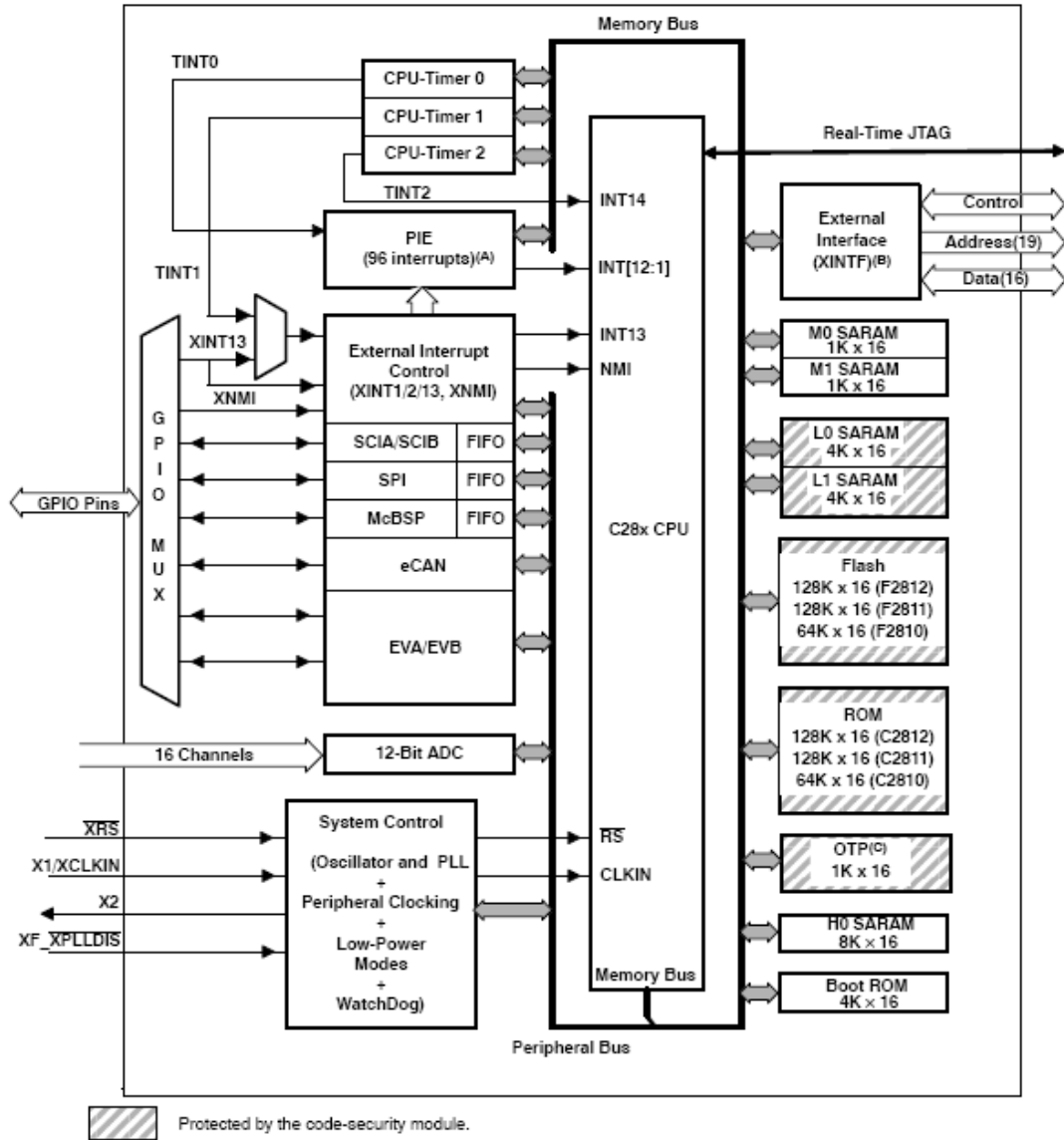
F2812 işlemcisinin tez çalışmasında kullanılması aşağıdaki nedenlerden dolayı düşünülmüştür:

- Son yıllarda motor kontrol sistemlerine uygun Texas Ins. Tarafından geliştirilmiş özel bir işlemcidir.

Ayrıca;

- 150MIPS işlem başarımı
- 18K Word RAM, 128K Word Flash EEPROM
- 30MHz Clock

- 6 çift tümleyenli, 4'ü bağımsız toplam 16 PWM
- Programlanabilir ölü zaman mantığı
- 12-bit 16 kanal ADC
- 56-pin Sayısal Giriş/Çıkış
- Gerçek zamanlı analiz, grafik arayüz, değişken ve kayıtçı gözlemi
- CCS, C/C++ , Matlab, VISSIM desteği bulunmaktadır.



Şekil 3.2. TMS320F2812 DSP blok şeması

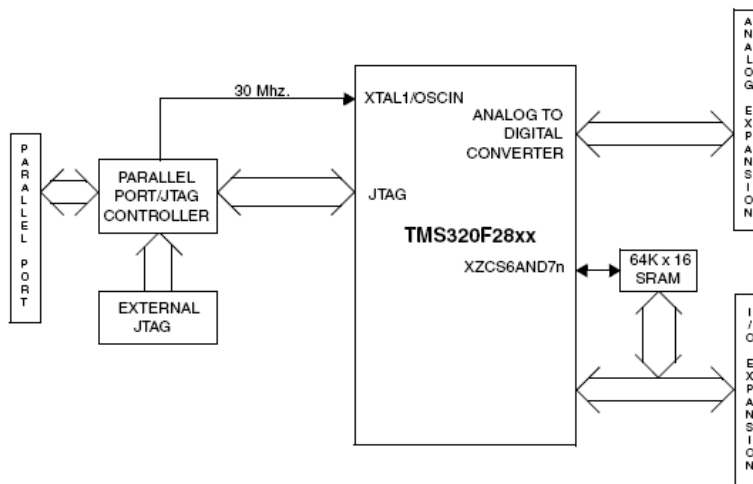
3.4. eZdsp F2812 Board

eZdsp F2812, DSP mikrodenetleyicisinin çalıştırılmasını ve geliştirilen programların devre üzerinde emülasyonunu gerçekleştirmeyi sağlar. Code Composer Studio IDE adlı programla birlikte çalışmaktadır. Bilgisayara paralel port (LPT) üzerinden bağlanır.

Kartın özellikleri aşağıdaki gibidir:

- TMS320F2812 Sayısal İşaret İşlemcisi
- 150 MIPS çalışma hızı
- 18K word yonga üzeri RAM
- 128K word yonga üzeri Flash bellek
- 64K word yonga dışı SRAM bellek
- 30 MHz.saat hızı
- 2 adet genişletme (expansion) bağlantı yuvası (analog, I/O)
- Bord üzerinde IEEE 1149.1 JTAG Denetleyici
- AC adaptörle 5 V'luk çalışma gerilimi
- TI F28xx Code Composer Studio sürücülere

Kartın blok şeması, Şekil 3.3'te görüldüğü gibidir.



Şekil 3.3. eZdsp F2812 blok şeması

Kartın üstten görünümü ise Şekil 3.4’te gösterildiği gibidir.



Şekil 3.4. eZdsp F2812 kartının üstten görünümü

3.5. CCS Programlama Arayüzü

Texas Instruments firmasının ürettiği TMS320F2812 sayısal işaret işlemcisi, Code Composer Studio (CCS) ile birlikte gelmektedir. İşlemcinin programlanması C++ ve ASM ile yapılabildiği gibi MATLAB Simulink, VISSIM gibi özel paket programlar da kullanılabilir. Ancak oluşturulan program kodları yine CCS aracılığıyla işlemciye yüklenmektedir. Bu işlem için CCS kullanılan program tarafından çağrılmaktadır. Paket içeriği olarak gelen CD ile sistem kurulumu standart PC donanım kurulumu gibidir. CCS ‘in yeni sürümlerinde kart bağlantısı çalışma anında kesilebilmekte ve tekrar bağlanabilmektedir. Ancak önceki sürümlerinde DSP program yüklemesi ve koşturulması bitene kadar kart ile bağlantının kesilmesine izin vermemektedir.

CCS arayüzünde standart C/C++ proje oluşturma işlemleriyle, CSS örnek dosyalarından her hangi birinde ana program çatısı oluşturulabilir. CCS’de açılan her yeni proje için kullanılan işlemciye ilişkin “f2812.gel” dosyası eklenmelidir. F2812 işlemcisinin bütün birimlerinin adresleri ve adları C++ desteği ile nesne yönelimli olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle standart olarak işlemci birimlerine ilişkin başlık

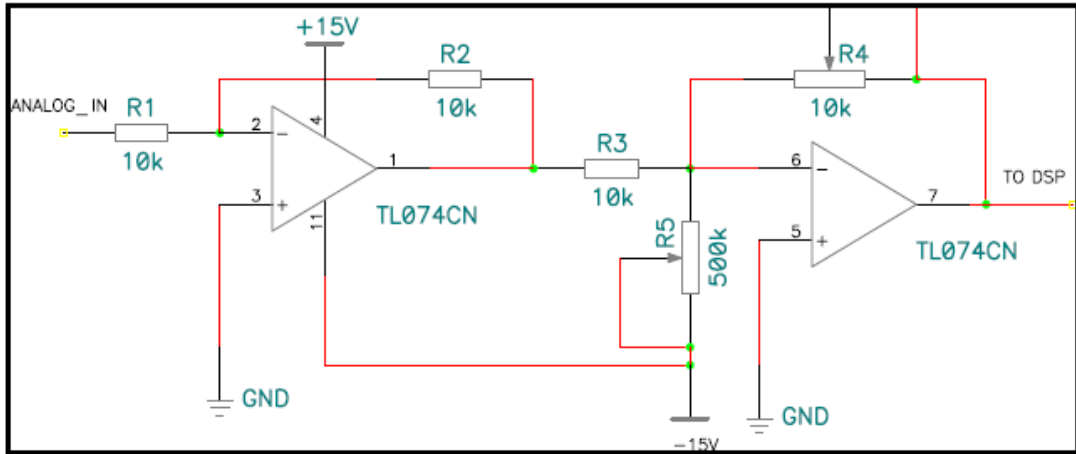
dosyaları, kütüphane dosyaları ve kullanıcı tarafından değiştirilebilen kaynak dosyaları açılan projeye eklenmelidir. Bu dosyalar, kullanıcı tarafından oluşturulacak yeni denetim yazılımları gibi kaynak dosyaları ile bağlanarak çıkış dosyası üretilir ve işlemciye yüklenir.

İşlemcinin kullanılan birimlerine göre giriş/çıkış kapıları, ADC girişleri, PWM çıkışları, sayısal veri çıkışları, işlemci ve kullanılan birimlerin uygun çalışma hızları mevcut kaynak dosyalarında değiştirilir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Analog İşaretlerin Örneklenmesi

F2812 DSP, 25 MHz hızında çalışan ve 0-3V doğru gerilim değerini okuyup 12-bit sayısal dönüşüm yapan bir ADC birimine sahiptir. Bu sayısal değerler 16-bit'lik kayıtçılarda tutulur. Akım, gerilim ve analog hız bilgileri okunurken kayıtçı verileri 4-bit sağa kaydırılarak kullanılır. Ancak alternatif genlikli işaretlerin bu ADC'den okunması için örneklenecek işaretler en fazla 1.5V genlikli olacak şekilde ayarlanmalı ve bir analog işaret bindirme devresinden geçirilmelidir. Böylece örneklenecek işaretin negatif genlikleri de ADC'ye verilebilir. Böyle bir analog işaret bindirme devresi Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Burada kullanılan işlemsel yükselteçler ile bir toplama devresi tasarlanmıştır. Ancak örneklenecek işarete bu devrede bindirilecek gürültüler için çıkış işaretleri filtre edilebilir ya da işlemsel yükselteçlerde uygun ayarlamalar yapılabilir.

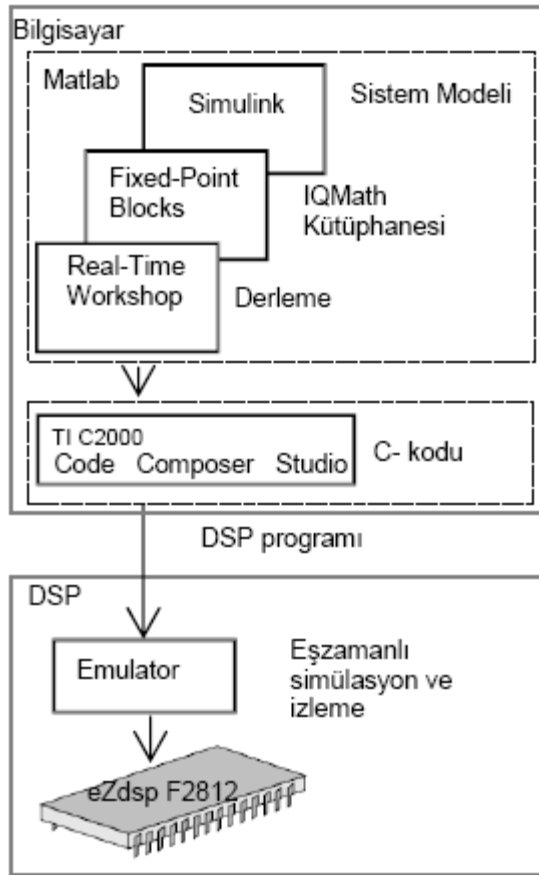


Şekil 4.1. Analog işaret bindirme devresi

Analog işaret bindirilerek örneklenmiş olan işaretlerde +1.5 V'luk ekleme olduğundan ADC sonuç kayıtçılarından okunan değerden 2048 değeri çıkartılarak normalize edilir. Bu durumda ADC için dönüştürülecek en büyük analog genlik 1.5 V olacaktır.

4.2. Model Tabanlı Otomatik Gömülü Kod Üretimi

Matlab/Simulink, denetim algoritmalarının blok diyagramlarla gösterilebilen benzetimi için model tabanlı bir geliştirme ortamıdır. Blok diyagramlarla verilen DSP algoritmaları, Real Time Workshop (RTW), Link for Code Composer Studio Development Tools ve Embedded Target for TIC2000 DSP alt yazılımları ile Şekil 4.2’de görüldüğü gibi hedef DSP işlemcileri için makine diline (assembly) çevirmekte ve gerçek zamanda uygulanması ve tasarım doğrulaması çok hızlı bir şekilde yapılabilmektedir.



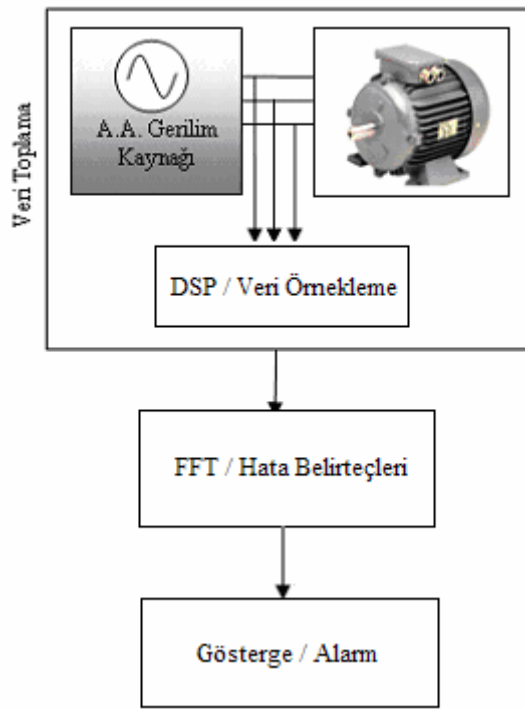
Şekil 4.2. Matlab/Simulink üzerinden otomatik gömülü kod üretimi akış diyagramı

RTW (Real Time Workshop), Simulink ortamında oluşturulan grafiksel blok diyagramından C kodlarını otomatik olarak üretmektedir. Bu kodlar TI CCS2000 (Code Composer Studio 2000) DSP yazılım geliştirme ortamına aktarılarak diğer destek dosyalarıyla birlikte derlenmekte ve bilgisayarın paralel portuna bağlı F2812 DSP’nin üzerindeki emülatör aracılığı ile yüklenmektedir.

Tüm tasarım işlemi tam otomatik, esnek ve oldukça kolay bir şekilde yapılabilmektedir. Ayrıca, herhangi bir programlama dili içine girmeden DSP bloğu ve tasarım parametreleri gerçek zamanda değiştirilebilmektedir. Grafiksel blok diyagramların kullanımı, DSP üzerinden denetlenen sistem tasarımını, prototiplendirilmesini ve modifikasyonunu oldukça kolaylaştırmaktadır.

4.3. Hata Tespit Düzeneği

Asenkron motordaki hata tespit sisteminin blok şeması Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3. Asenkron motor hata tespit sistemi blok şeması

Öncelikle motor akım verilerinin örnekleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Veriler motor çalıştırılıp kararlı hale geçtikten sonra 1000 nokta/saniye hızında örneklenmiştir. Verilerin örneklenmesinden önce motora bağlı 3 fazdan akım probu ile alınan sinyal, analog işaret bindirme devresi tarafından 0-3 V aralığına sınırlandırılır. Bu sınırlandırma sırasında sinyale +1.5 V DC offset gerilimi eklenir. Çıkıştaki sinyal, F2812 DSK kitindeki DSP'nin ADC girişlerine uygulanır. Sinyal, ADC tarafından 1 kHz örnekleme frekansı ile örneklenmektedir. DSP işlemcisinde ise gerek zaman domeninde verilerin RMS değişimi, gerekse frekans düzleminde

şebeke frekansının sağında ve solunda oluşan hata belirteci parametrelerinin genlik değişimi izlenmektedir. Veriler, DSK kitinin paralel port çıkışı üzerinden bilgisayara aktarılarak grafiksel olarak görüntülenmektedir. Oluşturulan deneysel düzenek, Şekil 4.4'te görülmektedir.



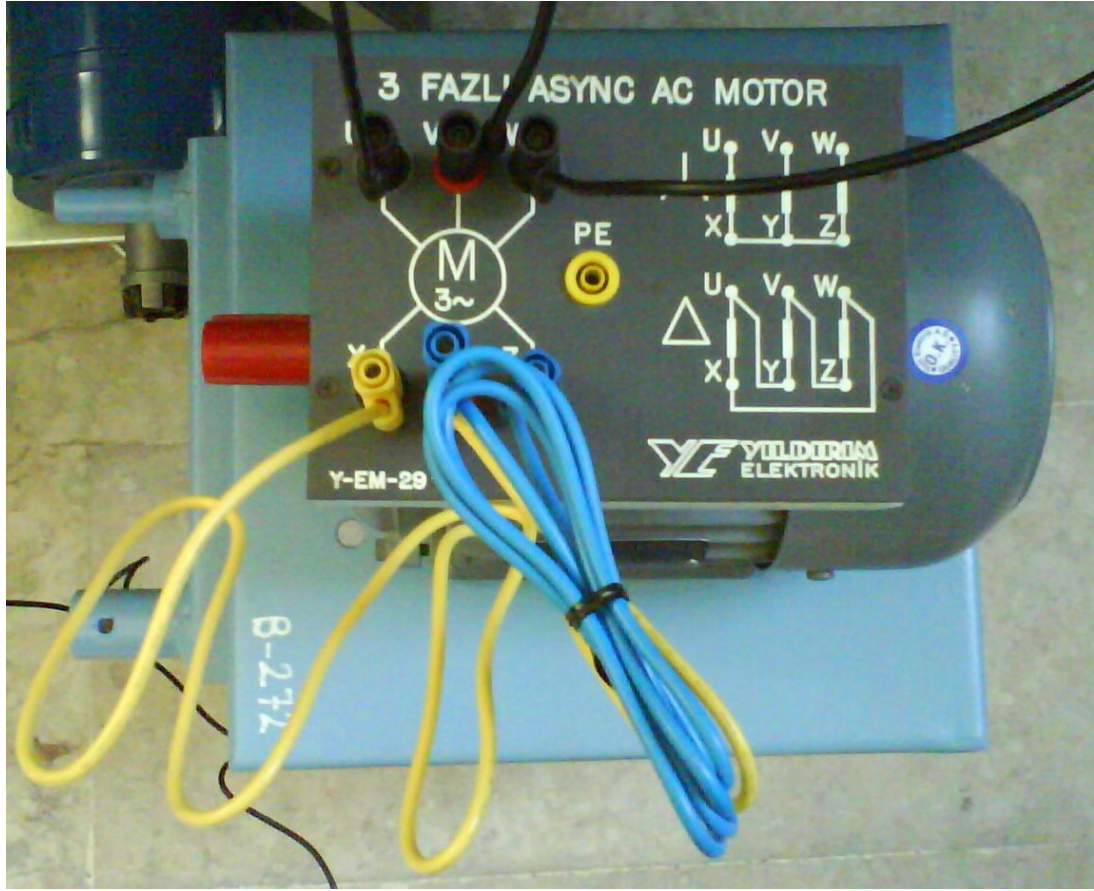
Şekil 4.4. Deneysel düzenek

Deneysel düzende kullanılan 3 fazlı asenkron motor ile ilgili teknik bilgiler, Çizelge 4.1'de görülmektedir.

Çizelge 4.1. Motor teknik bilgileri

Özellik	Değer
Faz	3-faz
Tip	VM 80-4
Gerilim (V)	Δ 220 γ 380
Frekans (Hz)	50 / 60
Akım (A)	3.6
Güç (kW)	0.75
Cos ϕ	0.72
Devir (d/d)	1370

Motor, 3-faz şebeke üzerine yıldız bağlantı şekliyle bağlanmıştır. Motor bağlantısı, Şekil 4.5'te görüldüğü gibidir.



Şekil 4.5. Motor bağlantısı

Motor yüksüz olarak çalışırken elde edilen ölçümler sonucunda, Çizelge 4.2'deki faz akımları ve $\cos \phi$ değeri elde edilmiştir.

Çizelge 4.2. Motor akımı ölçüm değerleri

Ölçüm Noktası	Ölçülen Değer
Faz-L1 (~A)	1.63
Faz-L2 (~A)	1.63
Faz-L3 (~A)	1.58
Cos ϕ	-0.16

Motora bağlı her bir faz akımı, 60 Amperlik akım probu yardımıyla elde edilmiştir. Akım probu, her 1 A başına 100 mV'luk sinyal üretmektedir. Deneyde kullanılan akım probu, Şekil 4.6'da görülmektedir.



Şekil 4.6. Akım probu

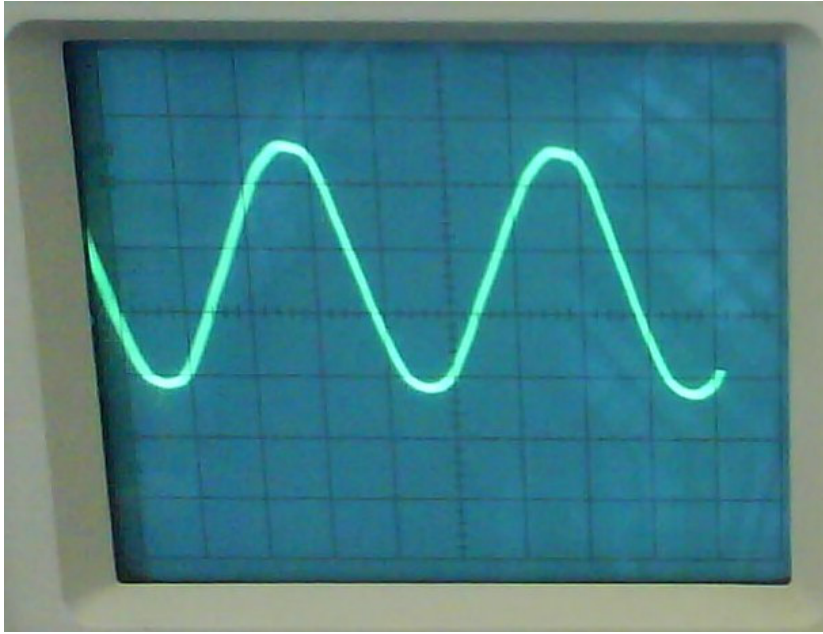
Akım probunun deney düzeneğindeki motor fazlarına bağlantısı ise Şekil 4.7’de görülmektedir.



Şekil 4.7. Akım probunun bağlantısı

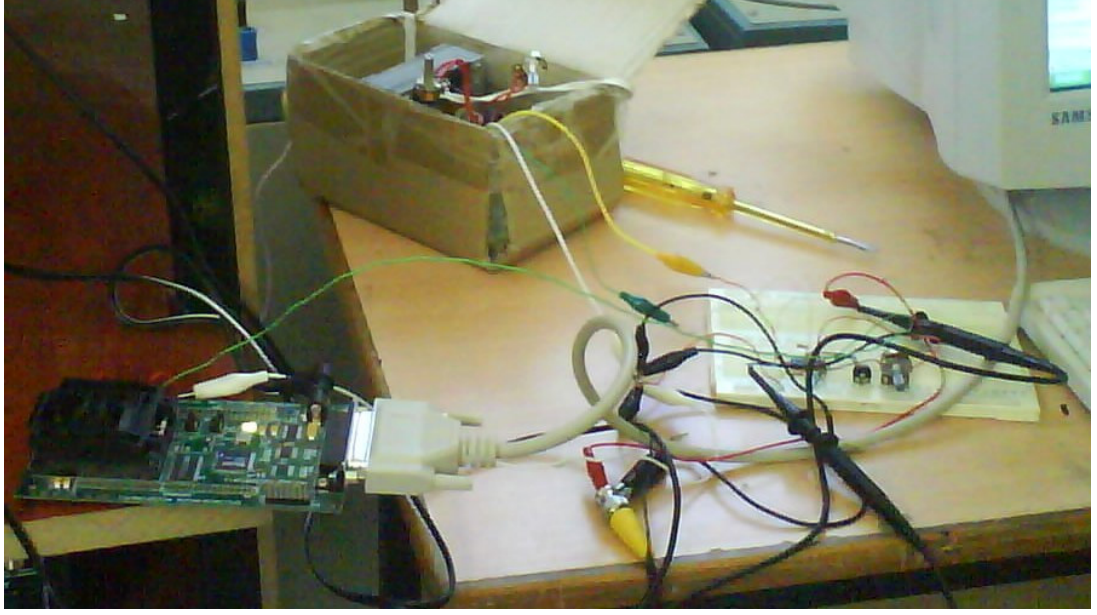
Akım probu boştayken çıkışı osilaskoba bağlandığında, Volt/Div ayarı 50 mV iken yaklaşık 40 mV düzeyinde DC offset gerilimi görülmüştür.

Motor fazlarından akım probu ile elde edilen sinyal osilaskoba bağlandığında ise, yine Volt/Div ayarı 50 mV ve Time/Div ayarı 5 ms iken Şekil 4.8'deki sinyal elde edilmiştir. Sinyal, 125 mV'luk tepe değerine sahip ve yaklaşık 40 mV'luk DC offset değeri bulunan bir sinüzoidaldır. Fazdan ölçülen akım değeri yaklaşık 1.63 A olduğundan, tepeden tepeye değer yaklaşık 170 mV düzeyindedir.



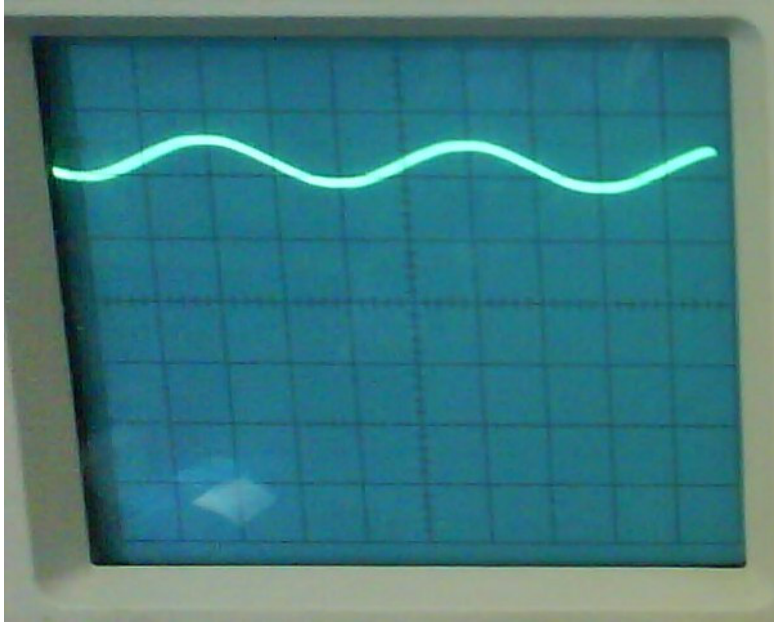
Şekil 4.8. Akım probundan elde edilen sinyalin osilaskop görüntüsü

Akım probundan elde edilen sinyal doğrudan DSP'nin ADC ünitesine uygulanamaz, çünkü ADC giriş aralığı 0 ile 3 V ile sınırlandırılmıştır. Dolayısıyla sinyalin sıfır düzeyinin altında kalan negatif kısımları offset gerilimi eklenerek yükseltilmeli ve 0-3 V aralığında güvenli bir şekilde sınırlandırılarak girişe uygulanmalıdır. Bunu sağlamak için önceki başlıkta Şekil 4.1'de şeması verilen devre kullanılmış ve sinyal 1 V ile 1.5 V arasındaki güvenli bölgede sınırlandırılarak DSP'nin ADC'sine uygulanmıştır. Bu işlem için oluşturulan düzenek Şekil 4.9'da görülmektedir.



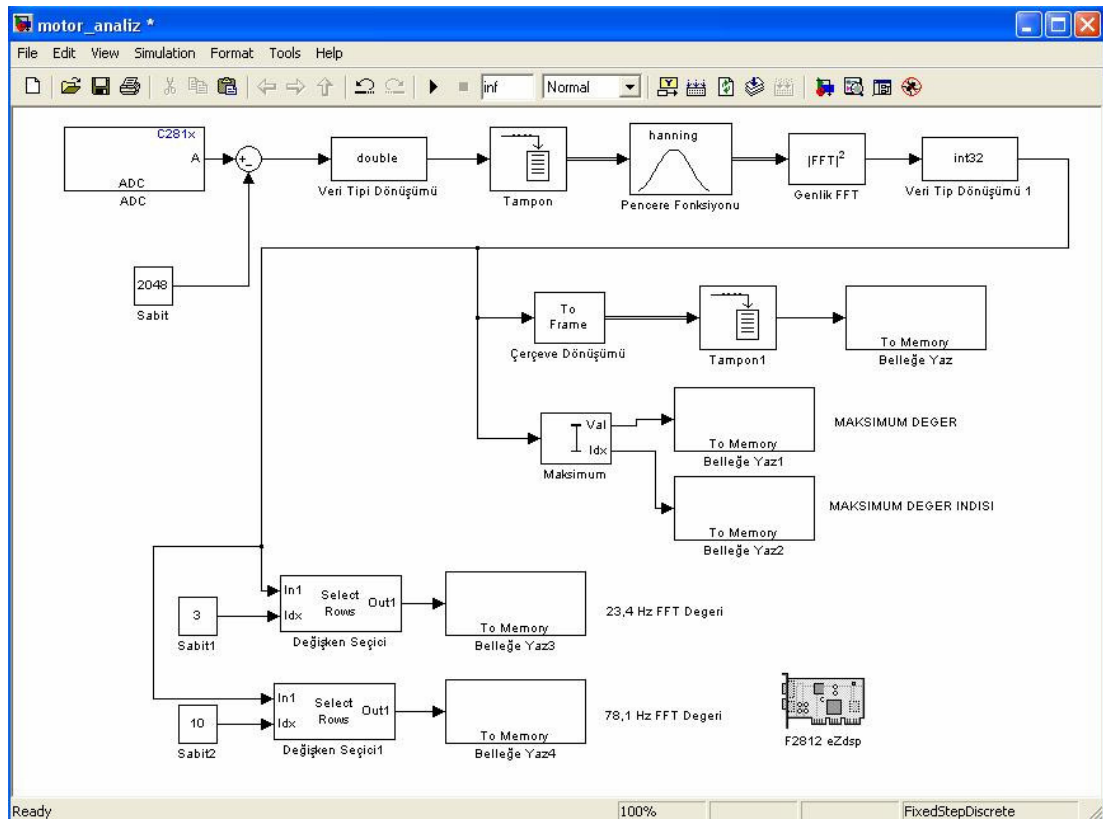
Şekil 4.9. Analog işaret bindirme devresi ve DSP kiti deney düzeneği

Analog işaret bindirme devresinde yer alan op-ampların çalışabilmesi için -15 V ile +15 V DC simetrik gerilim beslemesine ihtiyaç vardır. Bunu sağlamak için 60 Watt'lık ayarlı simetrik gerilim kaynağı kullanılmıştır. Devre çıkışında elde edilen sinyal Şekil 4.10'da görülmektedir. Osilaskobun Volt/Div ayarı 0.5 Volt'tur. Sinyal, 1 V ile 1.5 V arasında sınırlandırılmıştır.



Şekil 4.10. ADC'ye uygulanan sinyalin osilaskop görüntüsü (Volt/Div = 500 mV)

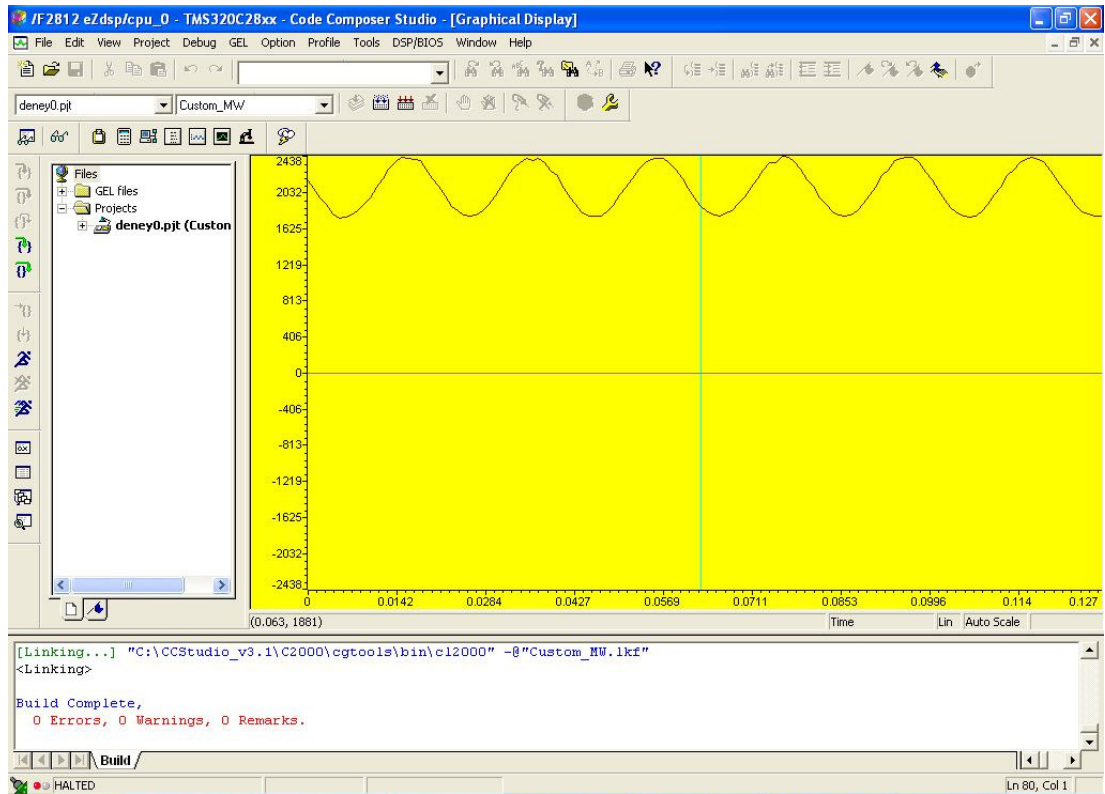
50 Hz çevresindeki 4 kutuplu motor için 25 Hz ve 75 Hz yan bantlardaki değerler de alınarak belleğe kaydedilmiştir. Bu değerler, sistem kontrol elemanı tarafından denetlenerek herhangi bir hata durumunun olup olmadığı görülebilecektir.



Şekil 4.11. Sistem Simulink modeli

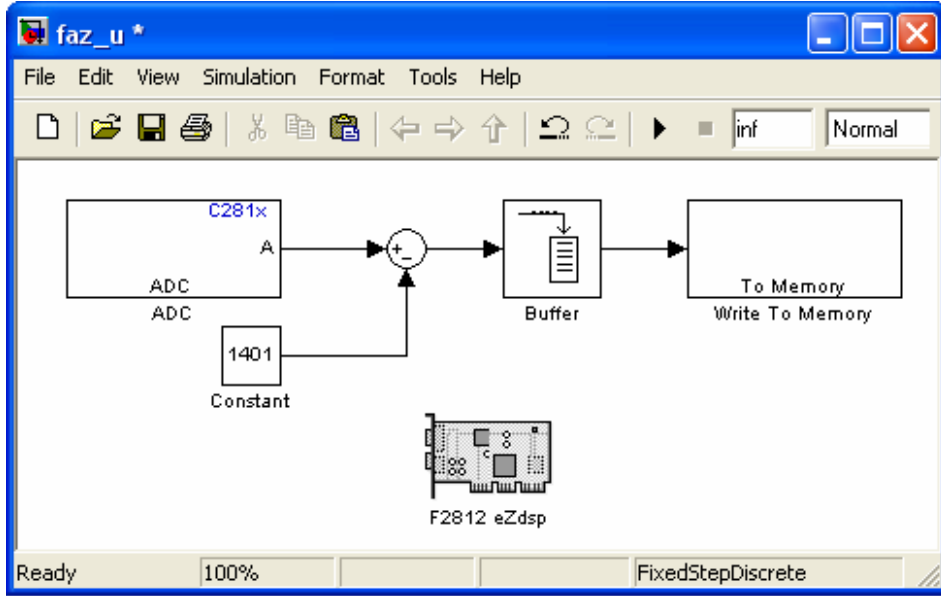
Oluşturulan model derlenerek, Simulink'in otomatik kod oluşturma özelliği ile kodlar oluşturulmuş ve DSP içerisine aktarılmıştır.

Sistem çalışırken örneklenen değerler, CCS programında grafik haline getirildiğinde Şekil 4.12'deki sinyal örnekleme grafiği elde edilmiştir. Sinyal, 1 kHz örnekleme frekansında 128 nokta ile örneklenmiştir.



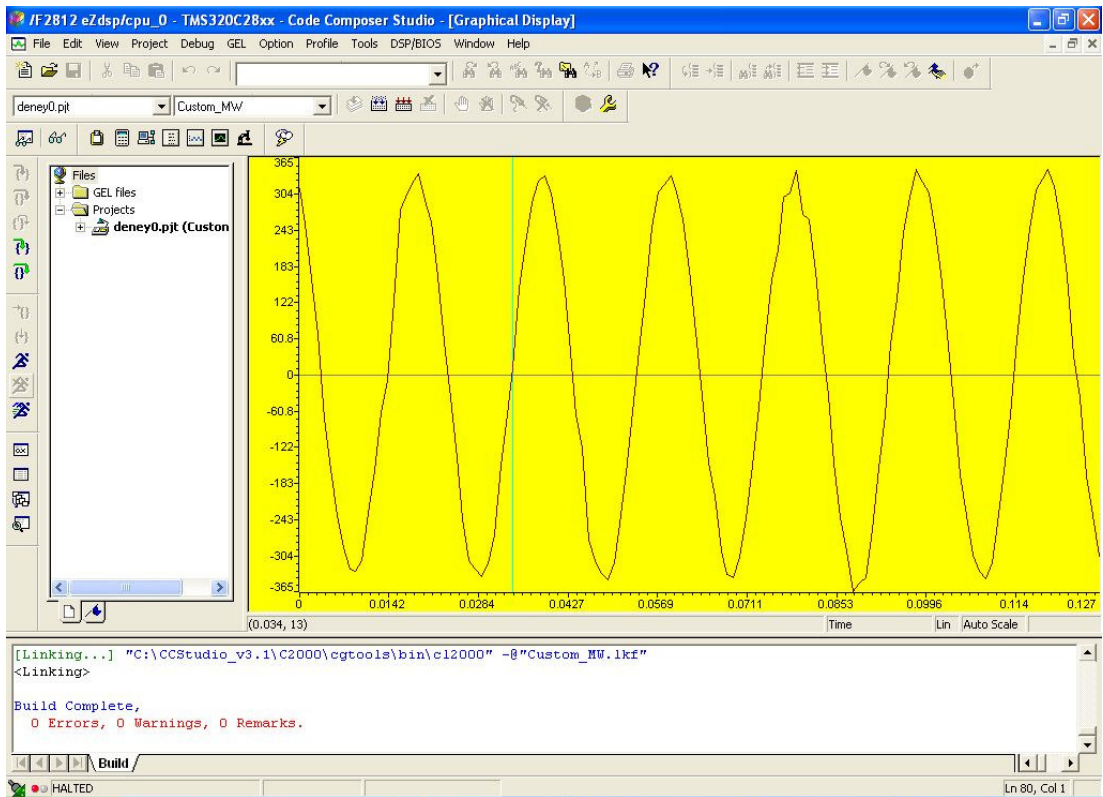
Şekil 4.12. DSP belleğinde kayıtlı örneklenen sinyalin grafiği (CCS ortamında)

Elde edilen veriler, normalize edilerek DSP belleğine örneklenmek istenirse, Şekil 4.13'teki model kullanılabilir. Bu modelde elde edilen örnek değerinden 1401 sayısı çıkarılarak normalize edilmiştir. Bu değer, sinyalin düşeydeki genlik ekseninde 0 düzeyine ortalananmasını sağlamaktadır. Elde edilen değerler bir tampon yardımıyla belleğin 0x400 adresinden itibaren kaydedilmektedir.



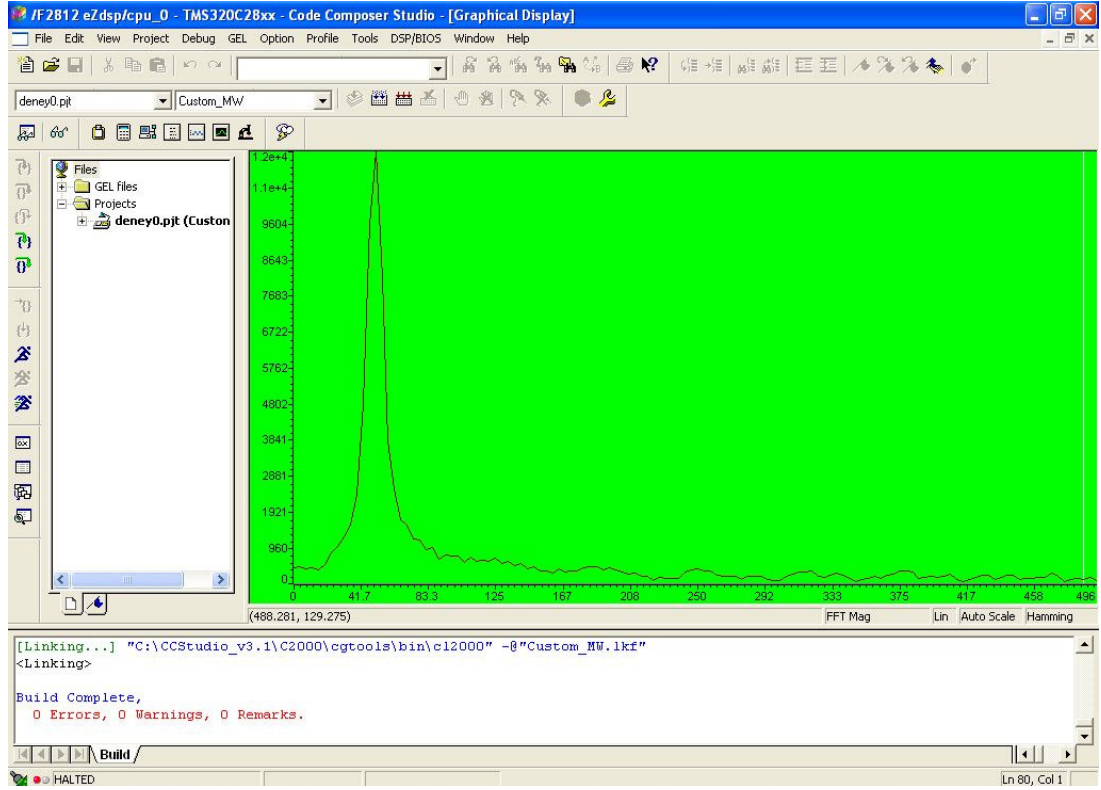
Şekil 4.13. Sinyal örnekleme Simulink modeli

Örneklenen sinyal çalışma zamanında CCS ile grafik haline getirildiğinde Şekil 4.14’teki sinyal şekli elde edilmektedir.



Şekil 4.14. Sıfır noktasına göre normalize edilmiş sinyal grafiği (CCS ortamında)

Çalışma zamanında çevrimiçi olarak veriler üzerinde FFT işlemi gerçekleştirildiğinde ise CCS ortamında Şekil 4.15'teki grafik elde edilmektedir.



Şekil 4.15. FFT grafiği (CCS ortamında)

Grafikte, 50 Hz frekansındaki sinyalin FFT'sinde sinyalin frekansı belirgin olarak görülebilmektedir.

Motorun her bir fazındaki sinyallerden elde edilen örnekler, DSP belleğinden bilgisayara “dat” uzantılı dosya olarak kaydedilmiştir.

Elde edilen verilerin Matlab/Simulink programında simülasyonu için Şekil 4.16'daki model oluşturulmuştur. Simülasyon gerçekleştirildiğinde FFT sinyalindeki maksimum değer 7. indiste bulunmaktadır. Çünkü FFT'deki her bir değer frekans aralığı,

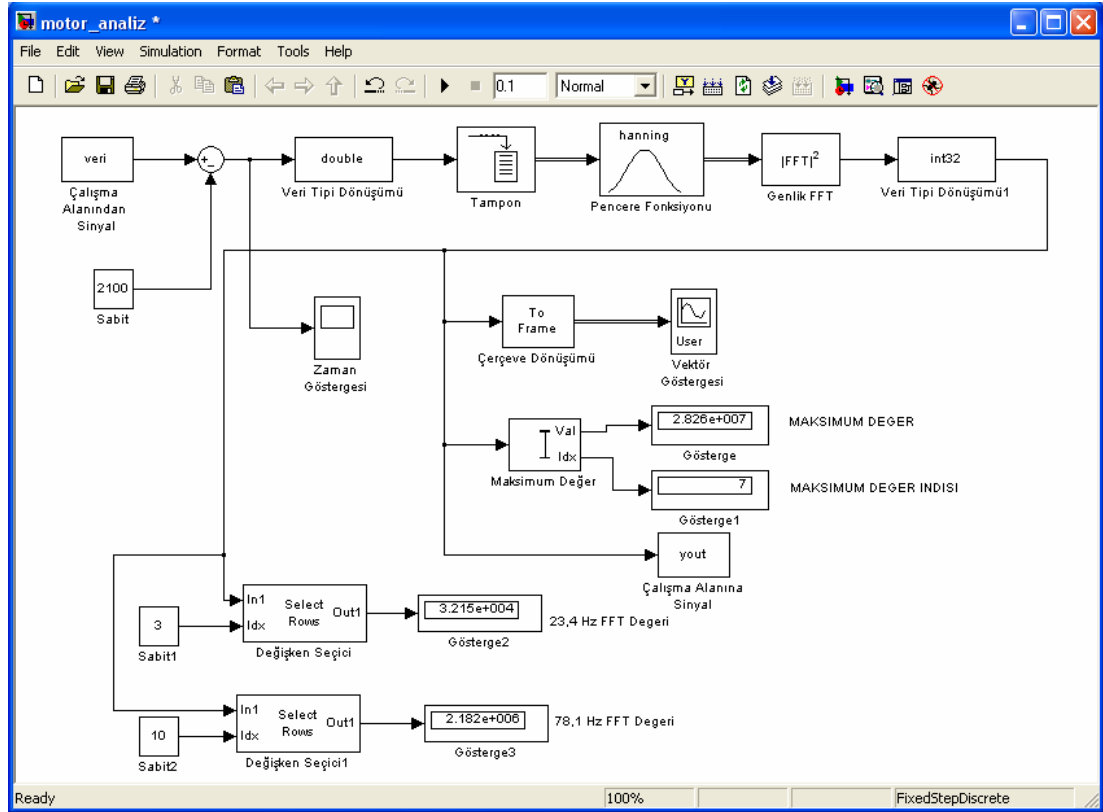
$$f_{\text{adım}} = f_{\text{örnekleme}} / (\text{Nokta Sayısı}) = 1000/128 = 7.81 \text{ Hz} \quad (4.1)$$

olarak bulunur.

Sinyalin frekansının 50 Hz olduğu bilindiğinden, elde edilen indis değeriyle adım değeri ($f_{adım}$) çarpıldığında,

$$f = 7.81 \text{ Hz} \times 7 = 54,69 \text{ Hz} \quad (4.2)$$

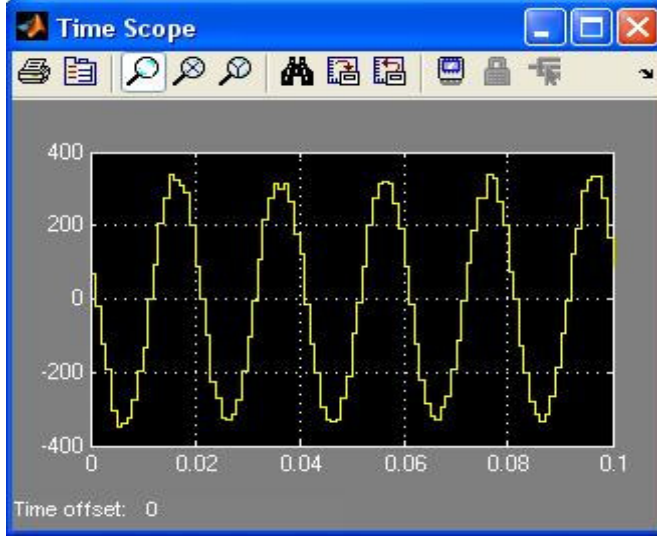
değeri elde edilir. Bu da 50 Hz değerine yaklaşık bir değer olup, sinyalin örnekleme frekansındaki hassasiyetine bağlı olarak sinyalin frekans değerini yakınsar.



Şekil 4.16. Sistemin simülasyon modeli (Simulink ortamında)

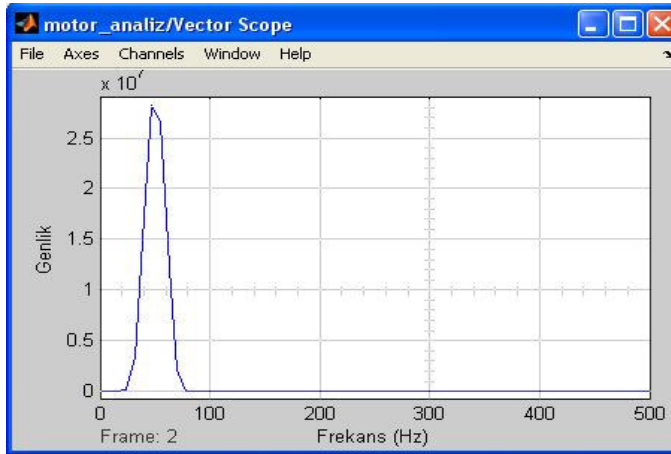
Ayrıca sinyalin FFT’inde 3. ve 10. indislerdeki yan band (25 Hz ve 75 Hz) değerleri 23.4 Hz ve 70.1 Hz’e karşılık gelen değerler şeklinde yaklaşık elde edilmiştir. Bu değerlerdeki değişimler, motorun çalışmasındaki hata ve arızayı işaret etmektedir.

Motorun U fazından elde edilen veriler Matlab ortamına aktarılarak sistem girişine verilmiştir. Sistem girişine verilen bu sinyalin grafiği Şekil 4.17’de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.17. Motor faz akımından örneklenen sinyal (Simulink ortamında)

Örneklenen sinyalden elde edilen FFT çıktısı ise, Şekil 4.18’de verilmektedir. Grafikte görüldüğü üzere, 50 Hz civarında maksimum FFT değeri alınmaktadır.



Şekil 4.18. Motor Faz Akımının FFT Grafiği (Simulink Ortamında)

4.4. Endüstriyel Süreçten Toplanan Verilerin Analizi

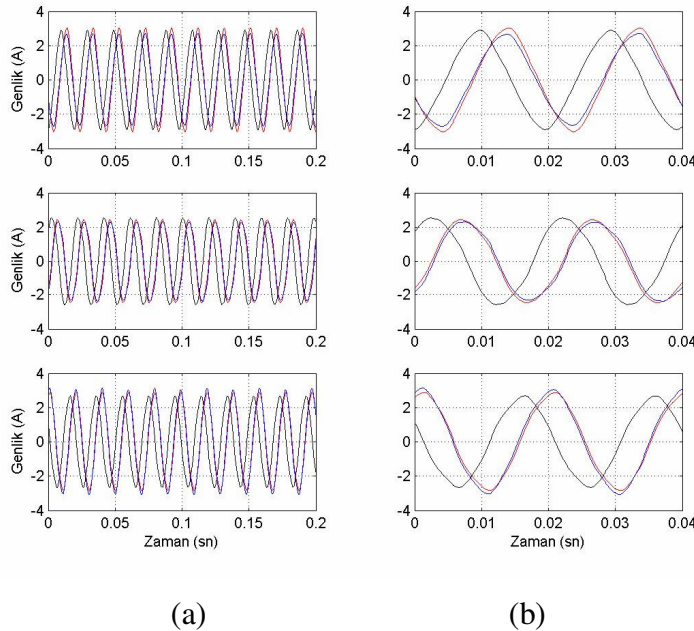
Tezde kullanılan motor akım değerleri sağlam, sargı spirleri arasında kısa devre olan ve mekanik dengesizliği bulunan 3 fazlı sincap kafesli asenkron motordan alınmıştır. İlerleyen kısımlarda sağlam motor verileri için “NORMAL”, sargı spirleri arasındaki kısa devre olan motor verileri için “KISA DEVRE” ve mekanik dengesizlik motor verileri için “MEK. DENGŞZ.” ifadeleri kullanılmıştır.

Asenkron motorların hatalarının belirlenmesi ve sınıflandırılmasında genel olarak stator akımının frekans spektrumu hatasız bir motordan elde edilen frekans spektrumu ile karşılaştırılarak yapılmaktadır.

Bu amaçla ilk önce 3 faz motor akımları kullanılarak kısa devre ve mekanik dengesizlik gibi hatalarının araştırılması için Matlab programında spektrum analizi yapılmıştır.

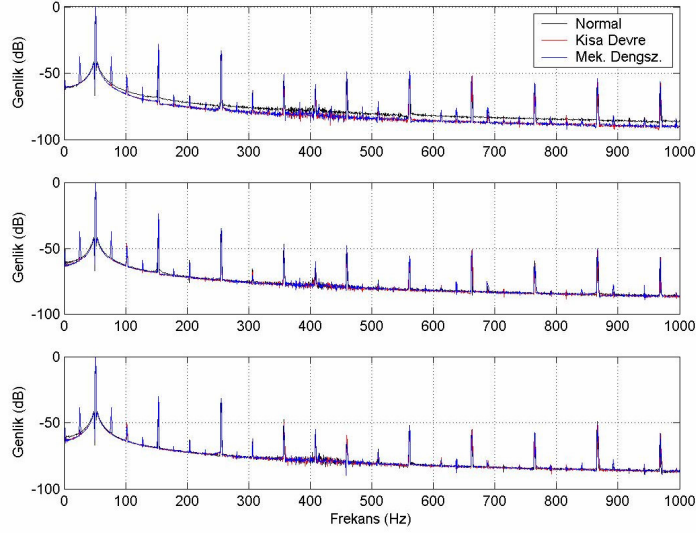
Akım verilerinin daha iyi görülebilmesi için sadece 10 periyotluk ve 2 periyotluk kısımları Şekil 4.19'da gösterilmiştir. Grafiklerdeki siyah renk sağlam motoru, kırmızı renk kısa devre hatası bulunan motoru ve mavi renkte mekanik dengesizlik bulunan motoru göstermektedir. Grafiklerde görülen ilk farklılık, normal motor ile hatalı motor akım verileri arasındaki genlik değişimidir.

Gerçek motor hatalarının laboratuvar şartlarında oluşturulması zor olduğundan deneysel veriler ARTESIS Teknoloji Sistemleri A.Ş. firmasından alınmıştır ve veriler üzerindeki analizler zaman ve frekans düzleminde gerçekleştirilmiştir



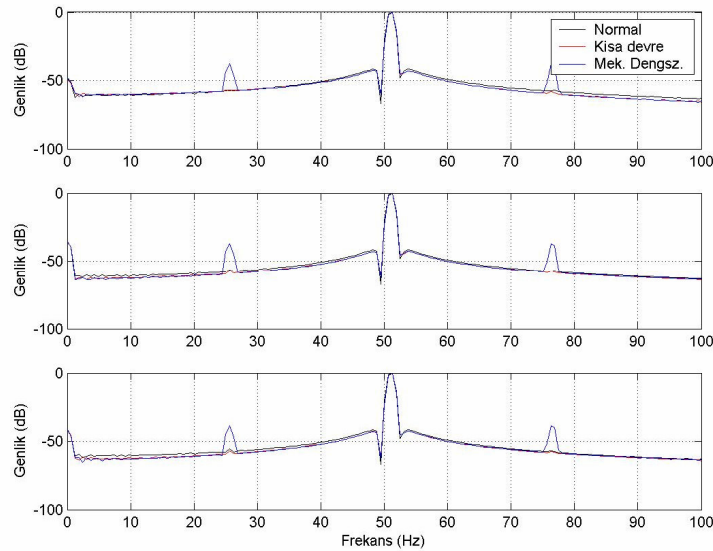
Şekil 4.19. Normal, kısa devre ve mekanik dengesizliği bulunan motorların 1., 2. ve 3. faz akımlarının zaman-genlik grafikleri a) 10 periyot b) 2 periyot

Hata tespiti ve sınıflandırması için geleneksel yöntemle stator akımının frekans spektrumları Şekil 4.20’de her bir faz için ayrı ayrı verilmiştir.



Şekil 4.20. Normal, kısa devre ve mekanik dengesizlik hataları bulunan 3 faz stator akımlarının genlik-frekans spektrumları

Şekil 4.20’te şebeke frekansının sağında ve solunda farklı genlik değerleri görülmektedir. Bunların daha iyi görülmesi için frekans spektrumu 0-100 Hz aralığında Şekil 4.21’de gösterilmiştir.



Şekil 4.21. Normal, kısa devre ve mekanik dengesizlik hataları bulunan 3 faz stator akımlarının frekans-genlik spektrumlarının 0-100 Hz aralığı

Şekil 4.21’de mekanik dengesizlik hatası bulunan motor faz akımlarının genliğinin 70-80 Hz ve 20-30 Hz arasında diğer motor faz akımlarının genliklerinden farklı bir tepe değerine sahip olduğu görülmektedir. Bu durum rotorda oluşan mekanik dengesizliğin rotor dönüş hızında şebeke frekansını modüle etmesi ile oluşan bir etkidir. Bu sebeple şebeke frekansının sağında ve solunda rotor hızı ile orantılı yan bandlar oluşur.

5. SONUÇ

Asenkron motorlar değişik endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu motorlar sağlam yapıda olmalarına rağmen elverişsiz ortamlara maruz kalmalarından dolayı hatalar oluşmaktadır. Başlangıç seviyesindeki hatalar erken bir safhada tespit edilemezse, hem kendisi hem de sistemin çalışması zarar görebilir ve üretim kayıplarına neden olabilir. Son yirmi yılda çalışılan en önemli alan motorun performans karakteristikleri ve asenkron motor hatalarının tespiti ve analizi olmuştur.

Asenkron motorlarda hata tespiti için değişik yöntemler kullanılmaktadır. Parametre tahmini ve diğer model tabanlı teknikler sistemin matematiksel modeline dayandığından, motor belli bir süre sonra aşındığından bu modeller motorun durumunu tam olarak ifade etmeyebilir. Hata tespiti için kullanılan diğer bir yöntem ise makine veya motorun bir eleman tarafından sürekli gözlemlenmesidir. Burada sistemin matematiksel modeli bilinmeden gözlem yoluyla hata tespiti yapılabilir. Fakat böyle bir yöntem hem zaman alıcı hem de pahalıdır.

Bu tez çalışmasında, çevrimiçi hata tespiti için hızlı hesaplama ve işaret işleme kabiliyetine sahip DSP tabanlı bir sistem gerçekleştirilmiştir. Durum izleme amaçlı kullanılacak veri toplama sisteminin tasarımında maliyetin azaltılması, esnekliğin sağlanması hedeflenmiştir. Esneklik, hem yazılım hem de donanım modülerliğiyle sağlanmıştır. Ayrıca çevrimiçi bir sistemin geliştirilmesi, endüstriyel süreçlere ilişkin durum bilgisinin gerçek zamanlı olarak kontrol birimine ulaştırılmasını mümkün kılmıştır. Çalışmanın DSP tabanlı bir yapıda olmasıyla, verilerin yorumlanması, PC ya da uzaktaki bir merkeze ileri analiz için iletimine gerek kalmadan lokal olarak gerçekleştirilebilmektedir.

Tezde, üç fazlı bir asenkron motorun sargı spirleri arasında oluşabilecek kısa devre veya yalıtım bozuklukları ile motor milinde oluşabilecek mekanik dengesizlik hataları, üç faz akım bilgilerinin zaman ve frekans düzlemindeki temel bileşen ve yan bandlardaki genlik değişimleri izlenerek tespit edilmiştir.

Hem sargı spirleri arasında kısa devre hem de mekanik dengesizlik gibi aynı anda motorda birden fazla hata varsa, bu gibi durumlarda farklı parametre izlenmesiyle tespit edilebilir.

Tezde kullanılan DSP tabanlı çevrimiçi hata tespit düzeneğiyle kritik motorların gerçek zamanlı olarak frekans domenindeki bileşenlerin otomatik olarak sınıflandırılması ve ilgili hata belirteçlerinin sürekli izlenmesi mümkün olmuştur.

Çevrimiçi durum izleme sisteminin avantajları, motora ait etiket bilgisi gerektirmemesi ve matematiksel modelleme gibi karmaşık hesaplama gerektiren işlemlere ihtiyaç duyulmamasıdır.

Frekans düzlemindeki genlik değerleri her bir hata için DSP ile izlenerek uyarı veya sistemi durdurma işlemleri gerçekleştirilebilir. Temel bileşendeki RMS değişiminin hatadan mı, yoksa motor yük değişiminden veya diğer sebeplerden mi olduğunu ayırt edebilmek için motor hızı veya şebeke gerilimi gibi ilave sinyaller de kontrol edilmelidir.

Frekans analizindeki çözünürlüğün iyileştirilmesi için DSP'ye ilave harici hafıza elemanlarının eklenmesi gerekir. Verilerin tümü yerine sadece DSP'de izlenen hata belirtecinin uzaktaki merkeze kablolu veya kablosuz yöntemlerle iletilerek uzaktan izleme gerçekleştirilebilir.

6. KAYNAKLAR

- Ayaz, E., 1997. “Dalgacıklar ve Elektrik Mühendisliğindeki Uygulamaları”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 53s, İstanbul.
- Bonnet, A. H. and Soukup, G.C.,1992. Cause and Analysis of Stator and Rotor Failures in Three-Phase Squirrel-Cage Induction Motors, *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 28, No. 4, pp. 921-937.
- Bucci, G., Fiorucci, E., Landi, C., Ocera, G., 2004. Architecture of a Digital Wireless Data Communication Network for Distributed Sensor Applications, *Measurement*, Vol. 35, p.33-45.
- Bucci, G., Ciancetta F., Fiorucci E., 2005. A DSP Based Wireless and Modular Data Acquisition Unit for Real-Time Measurement, <http://www.techonline.com/learning/techpaper/192200247>, Erişim Tarihi: 13/04/2006.
- Bucci, G., Fiorucci E., Landi, C., Ocera G., 2002. Architecture of a digital wireless data communication network for distributed sensor applications. *Measurement*, Journal of International Measurement Confederation, Vol. 35, Issue 1, s. 33-45.
- Çalış, H., 2000. Endüstriyel Tesislerde Kullanılan Durum İzleme Metotlarının Değerlendirilmesi, ELECO 2000, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Müh. Sempozyumu, Bursa, s.160-164.
- Ertürk S., 2005. “Sayısal İşaret İşleme”, Birsen Yayınevi, 181s, İstanbul.
- Hossain ve Fathizadeh, 2004. Wireless Interface to New and Retrofitting of Existing Industrial Systems for Monitoring, Controlling and Data Acquisition in a Noisy Industrial Environment, SICon/04 Sensors for Industry Conference, New Orelans, pp.139-145.
- Kayaalp, K., 2007. Asenkron Motorlarda Veri Madenciliği ile Hata Tespiti, S.Demirel Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 85s, Isparta.
- Kesler, S., 2008. Elektrik Makinaları Denetim Sistemlerinde TMS320F2812 DSP Kullanımı. Akademik Bilişim 2008, Çanakkale, s.1-3, <http://ab.org.tr/ab08/bildiri/120.pdf>, Erişim Tarihi: 15/05/2008.
- Libo, D., Zhank, H.,Haojie, L., Hongji, D.,2002. Design and Implementation of a Small Size Wireless Data Acquisition System, IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, pp.507-510.
- Lu, B.; Wu, L., Habetler, T.G., Harley, R.G., Gutierrez, J.A., 2005. On the application of wireless sensor networks in condition monitoring and energy

usage evaluation for electric machines, Industrial Electronics Society, IECON 2005 31st Annual Conference of IEEE Volume , Issue , 6-10 Nov. 6 p.

Martinsson, D.; Lind, M., 2006. DSP Controller for Power Electronic Converter Applications; Lund University, M.Sc. Thesis, p.43.

Nagel and Walker, 2003. Design and Implementation of a Wireless Data Acquisition System, IEEE Region 5, Annual Technical Conference, IEEE 0-7803-7744, pp.7-10.

Özmen, A.; 2005. TMS320 Kullanılarak Görüntüdeki Kenarların Belirlenmesi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 93s, İstanbul.

Pei, J. S., Kapoor, C., Grawes-Abe, T. L., Sugeng, Y., Lynch, J.P., 2004. Critical Design Parameters and Operating Conditions of Wireless Sensor Units for Structural Health Monitoring”, Proceedings of 42nd Allerton Conference, USA, p.1-8.

Rautiainen, A.L., Tiainen, R., Ahola, J., Lindh, T., 2004. A Low-Cost Measurement and Data Collection System for Electric Motor Condition Monitoring, NORPIE / 2004 Nordic Workshop on Power and Industrial Electronics, Trondheim, Norway, pp.1-6.

Siew, W.H., Wang, Y., Faheem, M., 2006. Wireless Digital Data Acquisition System for EMI Measurement in Power Substations, 17th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility, pp. 288-291.

Spatenka, P. et.al. 2003. Embedded DSP based system for bearing condition monitoring of electric motors; Research Report 7 ISBN 951-764-822-7, ISSN 1459-3122, Lappeenranta University of Technology, 33 p.

Texas Ins, 2006. TMS320C6000 Chip Support Library API Reference Guide (Rev.J). SPRU401, 1108 p.

Texas Ins, 2006. TMS320C6000 Optimizing C Compiler User's Guide, Texas Instruments, SPRU187, 301 p.

Texas Ins, 2006. TMS320C6000 Peripherals Reference Guide (Rev.O), Texas Instruments, SPRU190D, 17 p.

Texas Ins, 2006., TMS320C62x Peripheral Support Library Programmer's Reference, SPRU273, 223 p.

Texas Ins., World Wide Web site, www.ti.com, Erişim Tarihi: 20.04.2008.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Fırat YÜCEL

Doğum Yeri ve Yılı : Kütahya, 1982

Medeni Hali : Bekâr

Yabancı Dili : İngilizce



Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Malatya H.H.Kölük Anadolu Tic.Mes. Lisesi, Bilgişlem, 2000

Lisans : Süleyman Demirel Üniv., Teknik Eğitim Fak., Elektronik-Bilgisayar
Eğitimi Böl., Bilgisayar Sistemleri Öğretmenliği, 2005

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

2005- D.Ediyor Antalya Serik And:Mes.Lis. Teknik Lise ve EML
Bilişim Teknolojileri Öğretmeni

2008-D.Ediyor Antalya Serik And.Mes.Lis. Teknik Lise ve EML
Bilişim Teknolojileri Alan Şefi