

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

SAYISAL İŞARET İŞLEYİCİ İLE MOTOR DENETİMİ

- 139 813 -

Elektronik ve Haberleşme Müh. Fatih ÖZTÜRK

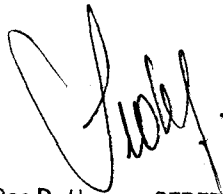
**F.B.E Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı
Haberleşme Mühendisliği Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Tuncay UZUN


Doç.Dr. M. Hacı SARIL

İSTANBUL, 2003


Doç.Dr. Herman SEDEF

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER	ii
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Donanımın Gözden Geçirilmesi	2
1.2 ADSP-2100 Ailesi ile Sayısal Kontrol Sistemi	3
2. MOTORLAR	6
2.1 Doğru Akım Motorları	6
2.2 İndüksiyon Motoru	12
3. SAYISAL İŞARET İŞLEYİCİLER (DSP)	17
3.1 Motorola DSP56F803 16-Bit DSP	18
3.2 TMS 320C24x Serisi DSP	21
3.3 ADMCF 326 DSP MOTOR KONTROLÖR	35
4. MOTOR SÜRÜCÜLERİ	44
4.1 DC Motor Sürücüler	44
4.2 AC Motor Sürücüler	45
5. SIEMENS MOTOR KONTROL SİSTEMLERİ	58
5.1 AFE	58
5.2 Motor Sürücüler (İnverter)	65
6. KALDIRMA VE VİNÇ UYGULAMARI	75
SONUÇ	82

KAYNAKLAR	83
EKLER	84
Ek 1 TMS320C240 Blok Diyagramı	85
Ek 2 TMS320C240 Uç Görünüşü	86
Ek 3 ADMCF 326 Kataloğu	87
Ek 4 ADMCF 326 ile Tasarlanmış Motor Kontrol Kartı	88
Ek 5 Siemens İnverter Bağlantı Şeması	89
Ek 6 Tek Eksenli Sürücü Sistemi Örneği	90
Ek 7 Üç Eksen Sürücü Sistemi Örneği	91
Ek 8 Doğrultuculu İki Eksenli Sürücü Sistemi Örneği	92
ÖZGEÇMİŞ	93

SİMGE LİSTESİ

<i>s</i>	<i>Stator</i>
<i>r</i>	<i>Rotor</i>
<i>d</i>	<i>Direkt eksen</i>
<i>q</i>	Kuadratik eksen
<i>l</i>	Kaçak Akım
<i>p</i>	Kutup Sayısı
<i>T</i>	Tork
<i>V</i>	Gerilim
<i>f</i>	Frekans
<i>mf</i>	Modülasyon Oranı
<i>u</i>	Birim vektör
<i>T_{pwm}</i>	PWM peryodu
<i>I</i>	Akım
<i>R</i>	Direnç



KISALTMA LİSTESİ

DSP	Digital Signal Processor
FDAM	Fırçasız Doğru Akım Motorları
EMF	Electromotor Force
BEMF	Back Electromotor Force
PWM	Pulse Width Modulation
PAL	Programmable Logic Gate
SM	Senkron Motor
AC	Alternative Current
DC	Direct Current
ADC	Analog to Digital Converter
MAC	Multiplier Accumulator
DAG	Data Address Generator
CPU	Central Processing Unit
G/Ç	Giriş/Çıkış
AFE	Active Front End.
PMU	Parameterization Unit
OP	Operator Panel
VSB	Voltage Sensing Board
AFE	Active Front End



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Genel Sayısal Kontrol Sistemi	3
Şekil 1.2 Sayısal Kontrol Sistemi Modeli	5
Şekil 2.1 İndüksiyon Motoru	13
Şekil 2.2 Eşdeğer Devre	15
Şekil 3.12 Motorola DSP56803 Blok Diyagramı	18
Şekil 3.2 TMS320F/C240 Cihaz Yapısı	25
Şekil 3.3 PWM Stratejisi ve İşlem Sistemi.	29
Şekil 3.41 Fazlardaki Dengesizliği Düzeltme Modülü.	33
Şekil 3.5 ADMCF326 Fonksiyonel Blok Diyagramı	37
Şekil 3.6 Uç Konfigürasyonu.	38
Şekil 3.7 ADMCF326 Yol Yapısı.....	41
Şekil 4.1 Temel üç fazlı gerilim kaynağı inverteri.	46
Şekil 4.2 Tek Fazlı Üçgen Sinüs Modülasyonu.....	47
Şekil 4.3 Anahtarlama için Kullanılan Uzay Vektör Gerilimleri	49
Şekil 4.4 Anahtarlama Şeklinde Vref Haritası.	50
Şekil 4.5 1. bölge Vref üretilmesi.	51
Şekil 4.6 Farklı PWM Tekniklerinin Karşılaştırılması.	52
Şekil 5.1 Temel Devre.....	59
Şekil 5.2 AFE'nin Tek Faz Eşdeğer Devre Diyagramı.....	60
Şekil 5.4 AFE Dönüştürücü Blok Diyagramı.....	61
Şekil 5.5 VSB Kontrol Kartı	63
Şekil 5.6 İnverter Temel Devresi.	65
Şekil 5.71 Drive Monitor Parametre Sayfası.....	69
Şekil 5.82 Haberleşme Şeması	70
Şekil 5.93 CBP2 Haberleşme Kartı	71
Şekil 6.1 Güç Düşümü Eğrisi. (4-22kW)	75
Şekil 6.2 Güç Düşümü Eğrisi. (75-90kW)	76
Şekil 6.3 Yük Çevrimi.....	77

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Fırçalı ve Fırçasız Doğru Akım Motorlarının Karşılaştırılması..... 7

Çizelge 2.2 Saat Yönü Dönüşte Hall Çıkışları ve Faz İletim Durumları. 9

Çizelge 2.3 Algoritmaların Karşılaştırılması..... 11

Çizelge 3.1 ADMCF326 Uç Tanımları..... 39

Çizelge 4.1 Uzay Vektör Anahtarlama Tablosu 48

Çizelge 4.2 Kontrol Yöntemleri Karşılaştırma Tablosu 56



ÖNSÖZ

Son yirmi yıldır; güç elektroniğindeki teknolojik gelişmeler ve yüksek performanslı endüstriyel makinalara artan talep, sayısal motor kontrolündeki hızlı gelişmelere katkıda bulunmuştur. Bu çalışma sahasının üretim, madencilik ve ulaştırma alanında bir çok uygulaması vardır.

Sayısal İşaret İşleyiciler (DSP) günümüzde yoğun işaret işleme ve hesap gerektiren birçok uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu uygulamalar arasında mikrodalga, haberleşme, güç elektroniği ve endüstriyel kontrol sayılabilir. Ayrıca DSP'lere kullanım alanına göre bazı ilave fonksiyonlarda eklenmiştir. Bu tür sistemlerin gerçekleştirilmesinde kullanılan devrelerin uzun süreli deney ve saha tecrübesi sonucunda teknoloji gerektiren üretim süreci nedeniyle endüstride uygulamaya özel modül kullanarak otomasyon sistemleri gerçekleştirilir. Bu modüllerin seçiminin ve uygulamasının bilinçli bir şekilde sağlanması için donanım ve yazılım özelliklerinin iyi bilinmesi gerekir.

İndüksiyon motor kontrolünün pratik bakış açılarına yabancı olan okuyucular için, elektrik makinaları, güç elektroniği ve Darbe Genişlik Modülasyon stratejileri yeniden gözden geçirilmiştir. Bu tezle ilişkili bazı matematiksel teknikler de hatırlatılmıştır. Volt/Hertz kontrolü , Alana bağımlı kontrol (Field Oriented Control) ve Direkt Tork Kontrolü ardındaki teoriler, her bir algoritmanın bir DSP sistemindeki pratik uygulamaları vurgulanarak sunulmuştur. Bu kontrol stratejilerinin, mevcut donanımda kullanılabilir olmalarına bakılmaksızın hesap karmaşası, durgun durum ve dinamik performansları ve parametre değişikliğine karşı gösterdikleri direnç göz önüne alınarak bir değerlendirmesi de yapılmıştır.

Bu araştırmalar sonucunda, DSP kullanılan bir donanım ile bir motorun hız kontrol donanımı ve yazılımı geliştirmek istenmiştir. Fakat bunun için zaman yetmemiştir. Ancak bu konuda yapılacak daha sonraki çalışmalara ışık tutacağını düşünüyorum.

Tez çalışmam sırasında yardımlarını esirgemeyen tez danışman hocam Yrd.Doç. Dr. Tuncay UZUN, kuzenim Oğuzhan ÖZTÜRK'e, ailem ve arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

ÖZET

Motor hız kontrol cihazlarındaki karışık algoritmaların hızlı bir şekilde çalıştırılması için yüksek işlem hızına sahip olan Sayısal İşaret İşleyiciler (DSP) kullanılmaktadır. DSP'in incelenmesinden önce, motor hız kontrolü yapılan DC motorlar ve AC indüksiyon motorları hakkında kısaca bilgi verilmiştir. Böylece hız kontrol cihazlarında uygulanan algoritmalara bu motorların verdiği cevabın daha iyi anlaşılması sağlanmıştır.

Motor hız kontrolü amacıyla özel olarak üretilmiş, endüstride kullanılan cihazlarda bulunan DSP'ler incelenmiş bunlar ile ilgili donanım ve yazılım uygulamaları araştırılmıştır.

Bu amaçla üretilmiş Analog Devices, Texas Instrument ve Motorola 'nın DSP'leri kısaca tanıtılmış ve bunlar içerinden Analog Device' in ADMCF-326 özel motor kontrol DSP'si detaylı şekilde anlatılmıştır.

Motor tiplerine göre hız kontrol cihazları hakkında bilgi verilerek, endüstride yaygın olarak kullanılan Siemens firmasının üretmiş olduğu, sayısal işaret işleyici ile tasarlanmış vektör kontrol motor sürücüsünün yapısı hakkında bilgi verilmiş ve bu hız kontrol cihazı ile vinç uygulaması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Motor Kontrol, Motor Kontrol DSP, DC Motor, AC Motor



ABSTRACT

In order to process the complex algorithms in motor speed control devices in a fast manner, high speed Digital Signal Processors are used. Before looking in to DSP, a brief information was presented about DC Motors and AC Induction Motors where motor speed control was performed. As a result, a better understanding was tried to be provided on the motor responses to those algorithms in motor speed control devices.

A further investigation was carried out on the DSPs which were manufactured particularly for the intention of motor speed control in industrial devices and the relevant hardware & software applications were examined as well.

The DSPs of Analog Devices, Texas Instruments and Motorola which were produced for the same purpose were introduced shortly and among those ADMCF-326, the special motor control DSP of Analog Devices, were investigated in detail.

After providing information on the speed control devices according to different motor types; detailed information on the structure of a DSP oriented vector control motor drive of Siemens that is widely used in the industry was presented and a hoisting application with this speed control device was performed as well.

Keywords: Motor Control, Motion Control DSP, DC Motor, AC Motor

1. GİRİŞ

Son 50 yılda modern endüstriyel süreçlerdeki önemli gelişmeler değişken hızlı motor sürücülerindeki ilerlemelere bağlanabilir. 1950'lerden önce 3 fazlı motorlar sadece tek bir frekansta çalıştırılabildiği için bir çok fabrikalar DC motor kullanıyordu. Güç elektroniğindeki ilerlemelere ve DSP teknolojisinin keşfine teşekkür borçluyuz ki, şimdi hızlı, güvenilir, ve ekonomik indüksiyon motor kontrolü yaygın biçimde kullanılıyor.

1997 yılında İngiltere'deki elektrik enerjisinin % 67'sinin mekanik enerjiye çevrilerek tüketildiği tahmin edilmektedir. Aynı zamanda, Avrupa Motor Sürücüler Pazarı 1 milyar sterlini geçmekteydi. İndüksiyon motoru kullanımındaki artış büyük oranda, önemli petrol ve madencilik şirketlerinin mevcut dizel ve gaz makinaları elektrikli hale çevirmeleriyle söz konusu olmuştur. Son 5 yılda ise, indüksiyon motorları Elektrik ve Karma Elektrik Taşıtlarında kullanılmak için mükemmel aday oldukları için AC motor kontrolü alanı genişlemeye devam etmiştir.

Bu uygulamada yüksek performanslı kontrol tipleri zorunludur. Son yirmi yıldır Alana Bağımlı Kontrol (Field Oriented Control) veya diğer adıyla vektör kontrol, Doğrudan Tork Kontrol (Direct Torque Control) ve Uzay Vektör Darbe Genişlik Modülasyonu (Space Vector Pulse Width Modulation) konularında çalışma yapılmıştır. Gelişmekte olan diğer bir araştırma konusu ise algılayıcısız (sensörsüz) kontrol uygulamasıdır. Mekanik hız ve konum algılayıcılarını gerektirmediği için bu metot geleneksel metotlardan ayrılır. Bu algılayıcıları kaldırmak düşük üretim maliyeti, azaltılmış hacim ve fazla kablolamayı elimine etmek gibi bir takım avantajlar sağlamaktadır. Algılayıcısız sürücüler daha az bakım gerektirdikleri için, zor ve erişilmez ortamlar için daha uygundurlar. Bu tezde daha önce bahsedilen teknikler bütünüyle incelenmiş ve indüksiyon motorunda kullanılmak üzere alana bağımlı motor kontrol üzerinde uygulama yapılmıştır.

Bu tezin bir parçası olarak;

1. Motor kontrol donanımındaki ve Pulse Width Modulation tekniklerindeki güncel ilerlemeler incelenmiştir.
2. Bir takım yüksek performanslı kontrol metodları değerlendirilmiştir.
3. Motor kontrol amaçlı üretilen DSP'ler ile ilgili araştırma yapılmıştır.
4. Endüstride kullanılan hız kontrol cihazları hakkında detaylı bilgi toplanmıştır.

5. Yapılan örnek vinç uygulamasıyla, bu konuda yapılacak donanım ve yazılım çalışmalarına ışık tutması için, cihazların parametrelenmesi ve izlenmesi amaçlı yazılım ve uygulamalar gösterilmiştir.

1.1 Donanımın Gözden Geçirilmesi

Değişken hız kontrolü sürücülerle AC motor sürüşü endüstride yaygın şekilde kullanılmaya başlandıktan sonra, bu sürücü sistemlerden birçok yeni özelliklerde istenmeye başlanmıştır. Bunların başında daha iyi dinamik performans, sıfır hızda yüksek tork, kararlı hız kontrolü ve ani yük değişimlerine çabuk cevap verme özellikleridir. Geleneksel olarak bu karakteristikler DC sürüş sistemlerinde bulunmaktadır. Uygulamalarda kontrol açısından tüm elektrik motorları içerisinde en uygun makine doğru akım makinesidir. Doğru akım makineleri sahip oldukları moment öz eğrileri kontrol açısından diğer elektrik motorlarına göre daha üstündür. Ancak fırçalı DC motorların sürekli bakım istemeleri, motorların pahalı olmaları, patlama ve korozyona maruz kalan ortamlarda kullanılmayışları, yüksek hız ve yüksek gerilimli çalışma koşulları altında sınırlı anahtarlama kapasitesine sahip oluşu gibi dezavantajlarından dolayı DC motorların kullanım alanları azalmıştır. DC motorların tüm avantajlarını kapsayan yüksek performansla birleştirilmiş basit ve ucuz AC indüksiyon motorlar ile elde edilmeye çalışılmıştır. Çünkü AC indüksiyon motorları DC motora göre ucuz, hafif daha az bakım isteyen ve ileri kontrol yöntemleriyle de yüksek performans elde edilmektedir.

AC motorlar mekanik yapılarının basitliğine karşılık karmaşık bir matematiksel yapıya sahiptirler. Matematiksel olarak ortaya çıkan sistem lineer olmayan yapıdadır. Asenkron makinenin genel dinamik modeli, giriş stator gerilimi ve frekansı, çıkışı rotor hızı, rotor pozisyonu, EMK mıknatıslanma akısı ve bunların bir kombinasyonu olabilen altıncı dereceden bir durum uzayı modeli denklemleri ile ifade edilebilir. Bu nedenle de asenkron motorun hız ve konum kontrolü, oldukça karmaşık kontrol düzenekleri gerektirir.

Enerji çalışma ortamına motor shaftında temin edilir. Bu boşluğun durumunu iki değer belirler. Moment ve hız. Bu yüzden enerji akısını kontrol edebilmek için bu değerlerde belirleyici olmamız gerekmektedir.

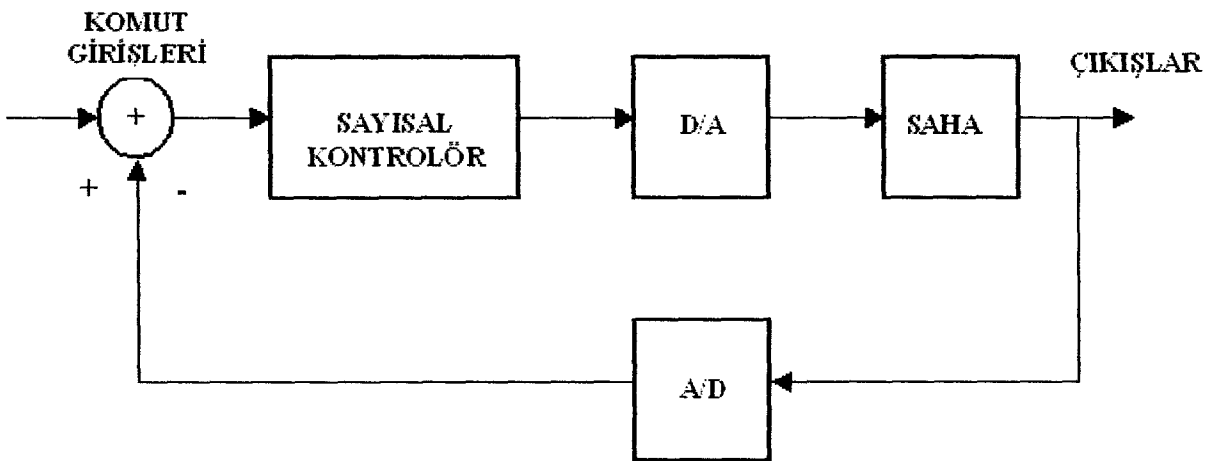
Uygulamada, her ikisi de kontrol edilebilir ve moment kontrolü veya hız kontrolü olarak geçer. Değişken hız sürücüsünde moment kontrolü için hız yüküne göre belirlenir.

1.2 ADSP-2100 Ailesi ile Sayısal Kontrol Sistemi

ADSP-2100 ailesine ait sayısal işaret işleyici karışık ölçümler ve ileri kontrol sistemlerine ait algoritmalar ile yüksek örnekleme için uygundur. Diğer mikroişlemci ve mikro kontrolörlere göre yüksek hesaplama hızına sahiptir. Tipik uygulama alanları servo motor kontrolü, proses kontrol, robot kolu kontrolü, disk sürücü kafası kontrolü, uçuş kontrolü ve servo mekanizmaların kontrolü sayılabilir.

Sayısal Kontrol Sistemleri

Kontrolörün kullanıldığı sistemlerde kapalı çevrim geri beslemeler kullanılır. Bu da filtre ve dengeleyici olarak kontrol sistemlerinin davranışlarını düzenler, doğrultur veya değiştirir. Kontrolörler sayısal veya analog devrelerden meydana gelirler. Bir sayısal kontrol sistemi ; sayısal kontrolör, kontrol sahası, ve ihtiyaç duyulan giriş/çıkışları kapsar. Genel bir sayısal kontrol sistemi aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Analogdan sayısala (A/D), ve sayısaldan analoga (D/A) dönüştürücüler sahadan gelen veya sahaya gidecek olan işaretler ile kontrolör arasındaki arabirim işlevini görür. Sayısal kontrolör kullanılması analoglara göre bir çok avantajlar sağlar. Sayısal kontrolörler kullanıldığında karışık kontrol algoritmaları donanım yerine yazılımla gerçekleştirilebilir. Sayısal kontrol sisteminin veya parametrelerinin değişmesi donanımı değiştirmez. Sayısal kontrol sistemleri gürültüye karşı daha dayanıklılığı garanti edilmiş ve parametrelerin kayması önlenmiştir. Böylece sistem daha güvenilir, tamir edilebilir ve test edilebilir özelliktedir. Son olarak ta sayısal kontrol sistemleri boyutu, gücü, ağırlığı ve maliyeti azaltır.



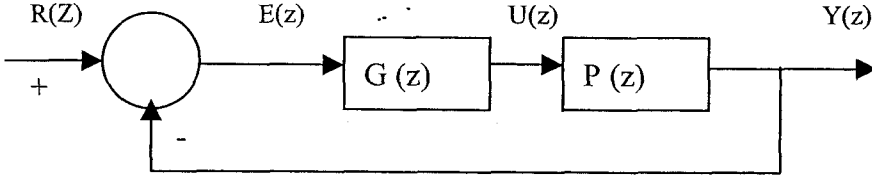
Şekil 1.1 Genel Sayısal Kontrol Sistemi

Analog Devices'ın ADSP-2100 sayısal işaret işleyici ailesi sayısal kontrol için bir çok yararlı özelliklere sahiptir. Bunlar şöyle sıralanabilir:

- Tek çevrimde komut işleme
- Üç aritmetik fonksiyon birimi paralel olarak düzenlenmiştir.
- Çek çevrimde 16x16 bit çarpma işlemi
- Tek çevrimde [(16x16)+40 bit] çarpma –depolama işlemi ve 40 bit sonuç
- Tek çevrimde 16 bit toplama, çıkarma ve sayısal işlemler
- Verimli 32 bit veya daha üzeri aritmetik işlemler
- Verimli veri için modül adresleme ve bellekte katsayı dizisi oluşturma
- Çevrim kodu işlemede çevrim hatası yoktur.
- Tek çevrimde dahili ve harici belleğe ulaşabilme
- Tek veya çok çevrimde paralel olarak harici çevrebirimlere (A/D, D/A) erişim
- Dört seviye harici kesme
- Yonga üzerinde zamanlayıcı ve seri port
- Düşük güç tüketimi (CMOS) ve güç kesimi durumu (“idle” durumu)
- Kolay okunabilen makine kodu yazılım şekli
- Komple donanım ve yazılım geliştirme seti

Sayısal Kontrol Sistemi Modeli

Çok kullanılan geri beslemeli kapalı çevrim sayısal kontrol sistemi Şekil-1.2 de gösterilmektedir. $R(z)$, $E(z)$, $U(z)$, ve $Y(z)$ sırasıyla referans giriş, hata işareti, kontrol işareti ve sahadan gelen işaretlerin Z dönüşümleridir. $G(z)$ sayısal kontrolörün yanıtı olan transfer fonksiyonu, $P(z)$ ise kontrol edilen objenin giriş / çıkış davranışının tarifidir. (Analog Devices, 1996)



Şekil 1.2 Sayısal Kontrol Sistemi Modeli

2. MOTORLAR

2.1 Doğru Akım Motorları

Fırçasız Doğru Akım Motorlarının Yapısal Açıdan İncelenmesi

Fırçasız doğru akım motorları yapısal olarak mıknatısları taşıyan rotorun stator içinde ve dışında olmasına göre iki yapı biçiminde tasarlanır. Bu yapıların seçilme kriteri temelde uygulamadır. Motorun hızlı ivmelenme ve yavaşlama yada çok sık kalkış yapması gereken servo (takım tezgahları, robotlar) uygulamalarında, rotor eylemsizliğin düşük olması istenir. Dolayısıyla bu uygulamalarda rotor yarıçapı dış rotorluya göre daha düşük olan iç rotorlu yapının seçilmesi daha anlamlı olur. Eylemsizliğin minimum olması için mıknatıs boyutlarının da minimum olması gerekir. Bu amaçla yüksek enerji yoğunluklu mıknatıslar tercih edilir. Yüksek enerji yoğunluklu mıknatıs seçimi maliyetleri arttırır. Dolayısıyla performans / maliyet incelenmesinin iyi yapılması gerekir. Hız kararlılığının yüksek olması gereken uygulamalarda (çamaşır makinesi, fan motoru gibi) iç rotorluya göre daha yüksek eylemsizliğe sahip dış rotorlu motorların seçilmesi daha uygun olacaktır. Bu sayede anlık moment bozucu etkilerden en az düzeyde etkilenilmiş olur.

İç Rotorlu Fırçasız Doğru Akım Motorları

Yapısal olarak asenkron ve senkron motorlar ile benzerlik gösterirler. Dışta bulunan stator sabit endüvi sargılarını taşır. Rotorda ise mıknatıs bulunur. Bu yapının en önemli özelliği eylemsizliğinin düşük olmasıdır. İç rotorlu yapının dış rotorlu yapıya göre bir olumsuz yanı özellikle yüksek hızlarda mıknatısların rotordaki yerlerinden çıkmasıdır. Bu amaçla rotorlar yüksek elektriksel dirençli metal şeritler tarafından sarılırlar. Bir diğer olumsuz yanı ise her ne kadar iç rotorlu yapıda statorun soğuması daha kolay olsa da dış rotorlu yapıda statorun seri üretimde sarılması, işlenmesi ve maliyeti daha kolaydır. İç rotorlu Fırçasız doğru akım motorları (FDAM) endüstride genellikle servo motorlar ve kompresör uygulamalarında kullanılır. Özellikle CNC tezgahlarında yüksek performanslı konum ve hız kontrolü gerektiren yüksek performanslı ana motorda kullanılır.

Dış Rotorlu FDAM

Dış rotorlu yapı biçimi FDAM uygulamalarında en çok kullanılan yapı biçimidir. Endüvi sargılarını taşıyan stator içte, mıknatısları taşıyan rotor ise dışta serbest olarak döner. Bu motorların kullanıldığı uygulamalarda iç rotorluya göre nispeten yüksek akı yoğunlukları gerektirmeyen demir mıknatıslar daha fazla kullanım alanı bulmuştur. Stator ve rotor yapısı

olarak fırçalı doğru akım motorlarının yapısına benzerdir. Stator sargılarının dış yüzeyde olması seri üretimde sarım işlemini önemli ölçüde kolaylaştırır. Bu yapıda yüksek hızlarda iç rotorlu yapıda karşılaşılan mıknatısların yerlerinden çıkma problemi mıknatısların kırılma problemi haricinde önemli ölçüde giderilmiştir.

Dış rotorlu yapıda karşılaşılan bir diğer problem rotordaki dengesizliğin etkisidir. Rotordaki küçük çapsal dengesizlikler, anma hızlarında bile iç rotorlu yapıya göre nispeten büyük olan eylemsizliğin etkisi ile titreşimlere neden olur. Bu yapıdaki motorlar özellikle fan ve çamaşır makinesi uygulamalarında yüksek eylemsizlik nedeniyle ani yük değişimlerinde hız sabitliğini koruma özellikleri nedeni ile geniş kullanım alanı bulmuştur.

Fırçalı Ve Fırçasız Doğru Akım Motorlarının Karşılaştırılması

Çizelge 2.1 Fırçalı ve Fırçasız Doğru Akım Motorlarının Karşılaştırılması

	FIRÇALI DAM	FIRÇASIZ DAM
Mekanik yapı	Sabit mıknatıslar statorda	Sabit mıknatıslar rotorda
Ayırt edici özelliği	Hızlı cevap verebilme ve kolay denetim imkanı.	Daha yavaş cevap Kontrol karmaşık ve pahalı.
Sargı bağlantıları	Ring bağlantı	1. üçgen ya da yıldız üç faz bağlama. 2. yıldız bağlı, nötrü topraklı 3 faz bağlantı. 3. iki faz bağlantı.
Enerji aktarımı	Fırça ve kolektör düzeni	Güç elektroniği anahtarları.
Rotor konumu algılama	Fırça ve kolektör, rotorla senkron.	Hall elemanı, kodlayıcı veya resolver
Yön değişimi	Uç bağlantılarının değişimi.	4. Anahtarlama sırasının değişimi.

Çalışma İlkesi

Fırçasız doğru akım motorları akım taşıyan iletkenlerin oluşturduğu manyetik alan ile rotora yerleştirilen sürekli mıknatısların oluşturduğu uyarma alanı etkileşimi sonucu oluşan endüklenen moment ile enerji dönüşümünü gerçekleştiren dönen makinelerdir. FDAM' de rotordaki mıknatısın her kutup değişiminde statordaki akım taşıyan iletkenlerin akım yönü değiştirme işlemi güç anahtarları ile yapılır. Bu açıdan fırçalı motorların evrilmiş hali gibi düşünülür. FDAM' de faz sargısı akımları, sabit uyarmalı mıknatısın kutup değişimine senkron olan doğru akımlar olduğundan kare dalga uyarmalı motorlar olarak algılanırlar. Bu durumda stator sargıları ve yapısı, mıknatısın endüklediği hareket gerilimleri (EMF) yamuk biçimli dalga şekli oluşturacak biçimde tasarlanır. İndüklenen yamuk biçimli dalga şekli ve makinede en yüksek momenti indüklenmesi için uygulanması gereken akım dalga şekilleri 120° 'lik iletim şekli için aşağıdaki şekilde verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi motor işletme biçiminde indüklenen gerilimin maksimum olduğu 120° 'lik düz bölgelerde makine sargılarına akım uygulanmakta, böylelikle mıknatıs akısından ey iyi şekilde yararlanılmaktadır. Bu noktalar teorik olarak indüklenen gerilimin nötr noktası ile eşit potansiyelde ve akımdan bağımsız olduğu sıfır geçiş noktalarından 30° ilerde olanı iki faza ilişkin gerilimin kesiştiği noktadır. Ancak pratikte bu nokta motora, denetim devresine ve uygulamaya bağlı olarak 30° olmamakta 15° ... 20° arasında değişen değerler almaktadır. 120° 'lik iletim yöntemi gereği makine 60° 'lik aralıklarla anahtarlanır.

Fdam Ve Güç Elektroniği Besleme Modeli

Güç elektroniği besleme ve denetim devresi açısından geleneksel asenkron makine açık çevrim denetim devresi ile benzerlik taşır. Temel fark rotor konum algılayıcısıdır. Rotor bir kutup çiftine sahip olduğundan elektriksel ve mekanik açısal konum değerleri birbirine eşit olarak verilmiştir. Pratikte motorun özel bir uygulama için yapıldığı durumlarda "Hall" etkili algılayıcılar gerek güvenilirlik ve gerekse performans açısından optik etkili algılayıcılara göre tercih sebebidir.

Besleme ilkesi gereği motor 120° 'lik iletimlerle her 60° de motorda en az bir faz akım yönü değiştirir. Diğer bir deyimle anahtarlama uğrar. Motorun 60° aralıklarla doğru akımla beslenmesi ise, motor çift kutup sayısı göz önüne alınarak 120° 'lik elektriksel açılarda uygun faza uygun açılarla enerji vermek üzere yerleştirilmiş Hall elemanlarının her çıkış verişinde motor iletim ve anahtarlama haritası durum değiştirir. Çizelge 3.2'de anahtar ve Hall çıkışların durumları verilmiştir. Sistemde yıldız bağlı stator sargıların ortak noktası yalıtılmış

ve anahtarlama tablosundan görüldüğü gibi her t anında 120° 'lik iletim için fazlardan sadece ikisi iletimde olmaktadır. Bir sonraki t anında hangi fazların iletime hangi fazın kesime geçeceği rotordaki mıknatıs konumuna bağlı olarak optik algılayıcılar (veya Hall algılayıcıları) tarafından belirlenir.

Çizelge 2.2 Saat Yönü Dönüşte Hall Çıkışları ve Faz İletim Durumları.

Saat Yönü Dönme Açısı	Algılayıcı 1	Algılayıcı 2	Algılayıcı 3	Faz A	Faz B	Faz C
0&180	1	0	0	-V	+V	-
-30&-210	1	0	1	-	+V	-V
-60&-240	0	0	1	+V	-	-V
-90&-270	0	1	1	+V	-V	-
-120&-300	0	1	0	-	-V	+V
-150&-330	1	1	0	-V	-	+V

Doğru gerilim kaynağı alternatif gerilimin diyot köprüsü ve kondansatörler yardımıyla doğrultularak bağımsız bir gerilim kaynağı haline getirilmesi ile kolayca gerçekleştirilir. Motorun enerjili olması ise, denetim devresinden alınan anahtarlama ve Darbe Genişlik Modülasyon (PWM) bilgisinin sürücü devreleri ile güç anahtarlarına (IGBT MOSFET vb.) iletilmesi ve doğru akım bara geriliminin kısılarak motor fazlarının anahtarlama ile gerçekleştirilir. Rotor konumundan alınan konum bilgisi temelde iki işleme geri besleme sağlar. Birincil olarak konum bilgisi, konum ve anahtarlama üretici bloğuna girer. Bu blok bir sonraki anahtarlama durumunu belirler ve denetleyiciye rotor konum işareti gönderir. Bu devre pratikte kapı devreleri ile ya da programlanabilir kapı devreleri (PAL) ile çizelge 2.2'de verilen Hall etkili algılayıcıların belirli bir konumu için güç anahtarlarının iletim ve kesim durumlarını belirleyen giriş ve çıkış tabloları biçiminde yerleştirilmesi ile gerçekleştirilebilir. Bu işlem bloğundan alınan konum bilgisi ile kolayca hesaplanarak hız

denetim çevriminde akım referansı vermek üzere işlenir.

Akım denetleyici ise doğru akım bara geriliminden yada fazlarından aldığı gerçek akım geri beslemesi ile referans değeri karşılaştırarak darbe genişlik modülasyon darbeleri (PWM) üretir. Denetim işaret ile anahtarlama işaretinin birlikte işlenerek kapı sürücü devresi üzerinden güç anahtarlarına iletir.

Fırçasız Doğru Akım Motorlarında Algılayıcısız Hız Denetim Yöntemleri

Bir önceki bölümde FDAM sürekli enerji dönüşümü ve istenen moment değerinin elde edilmesi için motor faz sargılarına istenen akım dalga şekillerinin uygulanabilmesi ve uyarma ile rotor mıknatıs alanları arasında sürekli bir etkileşim olabilmesi için statorun belirli noktalarına yerleştirilmiş algılayıcıların gerekliliği ve tüm sistemin düzgün çalışabilmesi için konum algılayıcılarının ne kadar önemli olduğunu ve ilkesel diyagram üzerinde belirtildi.

Ancak pratikte karşılaşılan bazı sorunlar nedeniyle bu algılayıcıların kullanımı hem performans hem de maliyet açısından sorunlar çıkarabilmektedir. Bu sorunları kısaca şöyle özetleyebiliriz.

- **Mekanik Toleranslar ve Sorunlar** : Optik veya Hall algılayıcıların motor miline yerleştirilmesi sırasında az da olsa bazı kaymalar olmaktadır. (2° .. 5° gibi) Bu da motorun verimini etkilemektedir.
- **Çevresel Koşullar** : Algılayıcılar çalışma koşullarındaki sınırlamalar nedeniyle özel koşullar için daha pahalı çözümlerin oluşturulması gerektirmektedir.
- **Sistem Güvenirliliği** : Genel olarak bakıldığında sistem içinde hareketli ortamda bulunduğundan en az güvenilir elemanlardan birisidir. Motor ve denetim sistemi arasındaki bağlantı sayısında artışa neden olur. Bu da sistemin bağlantı ve gürültü problemlerine olan hassasiyetini artırır.

Yukarıda kısaca bahsedilen sakıncalardan dolayı motorların algılayıcısız kontrolü gündeme gelmiştir. Bu konuyla ilgili birçok kontrol algoritmalar geliştirilmiştir. Burada bu yöntemlerden birisini inceleyeceğiz.

Endüklenen Hareket Gerilimi Ölçümüne Dayanan Algılayıcısız Denetim Yöntemleri

Herhangi bir t anında üç fazlı yıldız biçiminde bağlanmış iki motor faz sargısına enerji verilmekte diğer faz sargısı ise bir önceki iletim durumunda sargılar üzerindeki akımı serbest geçiş diyotu üzerinde doğru akım çubuğuna boşaltılmakta yada frekansa ve motor elektriksel zaman sabitine bağlı olarak idealde kare dalga pratikte yamuk biçimde sıfıra götürülmektedir. İdeal dalga şekillerinde a fazına ilişkin dalga şeklini referans alırsak sargı ve ilgili güç anahtarları 30° .. 150° ve 210° .. 330° aralıklarında 120° 'lik iletimde bulunmakta, 360° .. 30° ve 150° .. 210° 'lik 60° 'lik elektriksel açılarda kesimde bulunmaktadır.

Endüklenen gerilimin algılanmasına dayanan yöntemlerin temel ilkesi de 60° 'lik kesim aralıklarında kesimde yada enerjili olmayan fazın indüklenen gerilimin ölçülüp işlenmesine ve bu gerilimden rotor konum ve bir sonraki anahtarlama bilgisinin çıkarılmasına dayanır.

Sıfır Geçiş Noktasının Algılanması Ve Sayısal Olarak Ötelenmesi

Bu yöntemde rotor hareketi ile sargılarda endüklenen hareket gerilimlerinden algılanan sıfır geçiş noktaları, ideal durumda sıfır geçiş noktasından elektriksel olarak 30° ilerde olan bir sonraki anahtarlama noktasının belirlenmesi için rotor hızına bağlı ve sayısal olarak ötelenir.

Denetim devresi analog karşılaştırıcılar ile motor uç gerilimlerinde sıfır geçiş noktasını algılamakta ve bu noktaları denetim algoritmasının belirlediği α açısı kadar ötelemektedir. Bu yöntemin kalkış anında ve düşük hızlarda indüklenen gerilim düşük olması dolayısıyla doğru algılanamamasından kaynaklanan kalkış sorunudur. Dolayısıyla bu yöntem ek bir kalkış yöntemine ihtiyaç duyar.

Aşağıdaki çizelgede diğer algoritmalar ve bunların birbiriyle karşılaştırmasını bulacaksınız.

Çizelge 2.3 Algoritmaların Karşılaştırılması.

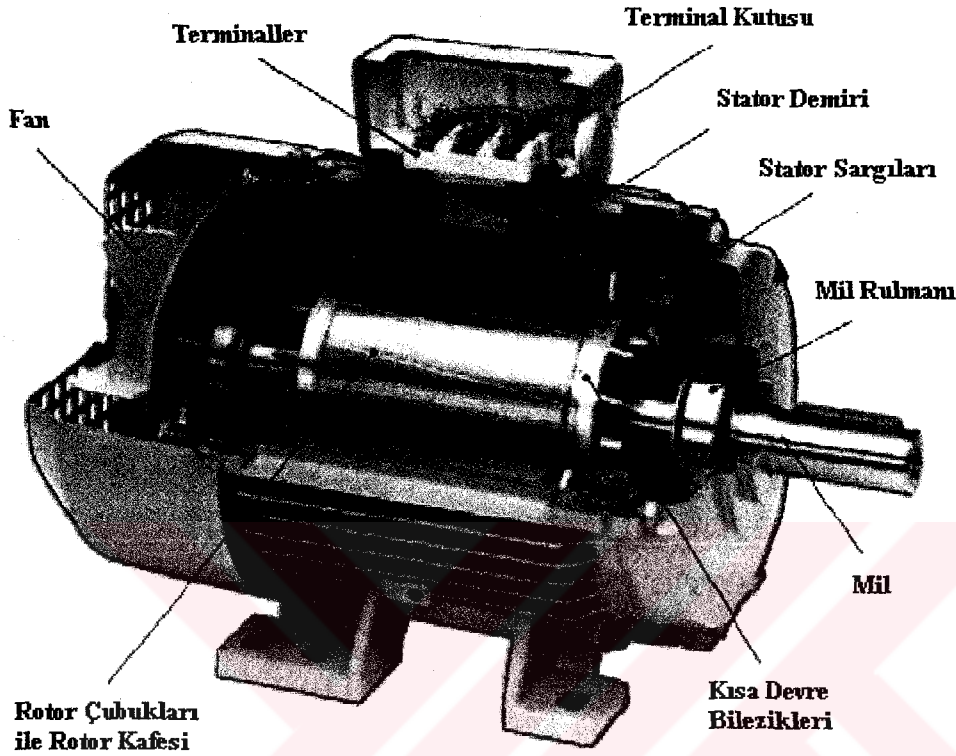
YÖNTEMLER	UYGULAMA ALANI	SINIRLAMALAR
Doğrudan EMK algılama Sıfır geçiş temelli EMK entegrasyonu	Kesintili akım denetimli sürücüler FDAM yada senkron motorlar	EMK algılamasında anahtarlama sıkıntısı Kalkış sorunu ve düşük hızlarda denetim güçlüğü
EMK kestirimi 3.harmonik algılaması	Yıldız bağlı FDAM	Motor direnç, endüktans değişimlerine bağımlılık Düşük hızda harmonik seviyesi algılama güçlüğü
Akımın gerçek zamanda izlenerek endüktansın hesaplanması	FDAM yada SM	Ek kalkış yöntemi ihtiyacı Yüksek akım ve hızlarda hesaplama sorunu motorda endüktansın değişken olması (çıkık kutuplu)

Stator sargılarına yüksek frekanslı düşük enerjili işaret basılması	FDAM	Ek kalkış yöntemi ihtiyacı değişken endüktanslı motor
Eviricide anahtar konumlarının izlenmesi	FDAM	Ek kalkış yöntemi ihtiyacı
Motorda ek sargı yerleşimi	FDAM ve SM	Motorda sargı değişimi Ek motor ve denetleyici bağlantısı
Gözleyici yöntemler	FDAM ve SM	Ek kalkış yöntemi ihtiyacı d-q eksen takımı dönüşümleri karmaşık kestirim yöntemleri

Kısacası konum algılayıcısız hız denetim sistemlerinin temel sakıncası, ilgili yerlerde de belirtildiği gibi endüklenen gerilimin kalkışta sıfır değerinde, düşük hızlarda daha küçük değerlerde olması nedeni ile normal çalışma şeklinde kullanılan yöntemlerle konum bilgisinin elde edilmemesidir. Bu nedenle kalkış sorunu hız kontrolünde öne çıkmaktadır. Pratikte hızın kontrol edilebildiği rotor hızları 500 d/dak'dır. Dolayısıyla FDAM asenkron makinenin düşük hızda algılayıcısız denetimine alternatif olamamaktadır. (Çiprut İ, 1994)

2.2 İndüksiyon Motoru

3 Fazlı İndüksiyon motorları sağlam, düşük maliyetli ve bakımı kolay motorlardır. Sıfırdan tam yüke kadar neredeyse sabit bir hızda sürülebilir. Basit bir tasarıma sahiptirler ve temelde iki parçadan oluşurlar; sabit bir stator ve dönen bir rotor. Rotor sargı tipine göre iki farklı indüksiyon motor sınıfı vardır. Konvensiyonel sarımlı rotorlarda rotor sarımı stator sarımına benzer ve sarımlar düzgün dağıtılmış Wye biçimindedir. Sincap kafesli bir motorun yapısı ise çok farklıdır. Bir kafes rotor, alüminyum sonlandırılmış bilezik kısa devre edilmiş ve kaynaklanmış çıplak alüminyum çubuklar içerir. Bu tezde 3 fazlı bir sincap kafesli motor kullanılmıştır.



Şekil 2.1 İndüksiyon Motoru

Avantajlarına rağmen, indüksiyon motorlarının temel bir dezavantajı vardır; o da hızlarının güç kaynağının frekansına bağlı oluşudur. Bunun sebebi, motorun çalışma prensibi ile daha iyi anlaşılır. DC motorların aksine stator akımının bileşenleri olan tork ve akıyı birbirinden bağımsız olarak kontrol etmek güçtür. Rotor nicelikleri olan akıya ve hıza direkt erişim olmaması işi daha da karmaşık bir hale getirmektedir. Bir indüksiyon makinesinde 3 fazlı kaynaktan gelen alternatif akımlar stator sargılarından geçerek dönen bir stator akısı oluştururlar. Bu alanın dönüş hızı motordaki kutup sayısına ve kaynağın frekansına bağlıdır. Bu alan, rotor çubuklarda bir gerilim endükler ve bunun sonucunda dönen büyük bir akım oluşur. Oluşan rotor akımı dönen bir manyetik alanın varlığında Lorentz kuvvetine maruz kalır. Rotor çubuklarındaki Lorentz kuvvetlerinin toplamı rotoru dönen alan yönünde süren bir tork meydana getirir.

Alan ilk oluştuğunda hareketsiz durumda olan rotor, dönen akıya ayak uydurabilmek için

hızlıca ivmelenir. Hızı arttıkça dönen alan rotor çubuklarını daha az kestiği için gerilim düşer. Eğer rotorun hızı akının hızına eşitlenirse alan tarafından kesilmeyeceğinden yavaşlamaya başlayacaktır. İşte bundan dolayı indüksiyon motorları asenkron olarak ifade edilir. Çünkü rotor hızı hiçbir zaman senkron hıza eşit olmaz. Bu iki değer arasındaki fark hız kayması olarak bilinir ve kontrolör tasarımları için çok önemli bir parametredir.

İndüksiyon Motor Modeli

İndüksiyon motor modeli bir süredir kullanımdadır ve şu an hem teorik hem de pratik olarak gayet iyi karakterize edilmiş durumdadır. Ayrıca bir kaç farklı referans çerçeve elde edilmiştir. Kontrol amaçlı olarak kullanılan model genellikle iki dönen eksenli referans bir çerçevedir. Bu, kontrol mühendisi için referans çerçeveyi belirli bir motor parametresine sabitlemeyi ve modeli uygun bir biçimde ayarlamayı kolaylaştırır. Motor parametreleri aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$v_{qs} = R_s i_{qs} + \frac{d}{dt} \lambda_{qs} + \omega_e \lambda_{ds}$$

$$v_{ds} = R_s i_{ds} + \frac{d}{dt} \lambda_{ds} - \omega_e \lambda_{qs}$$

$$v_{qr} = R_r i_{qr} + \frac{d}{dt} \lambda_{qr} + (\omega_e - \omega_r) \lambda_{dr}$$

$$v_{dr} = R_r i_{dr} + \frac{d}{dt} \lambda_{dr} - (\omega_e - \omega_r) \lambda_{qr}$$

$$T_e = \frac{3}{2} P (\lambda_{ds} i_{qs} - \lambda_{qs} i_{ds})$$

$$\lambda_{qs} = L_s i_{qs} + L_m i_{qr}$$

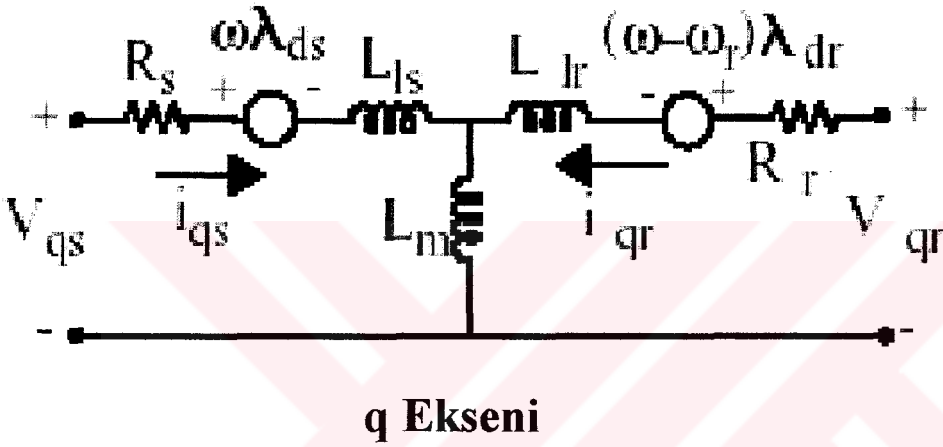
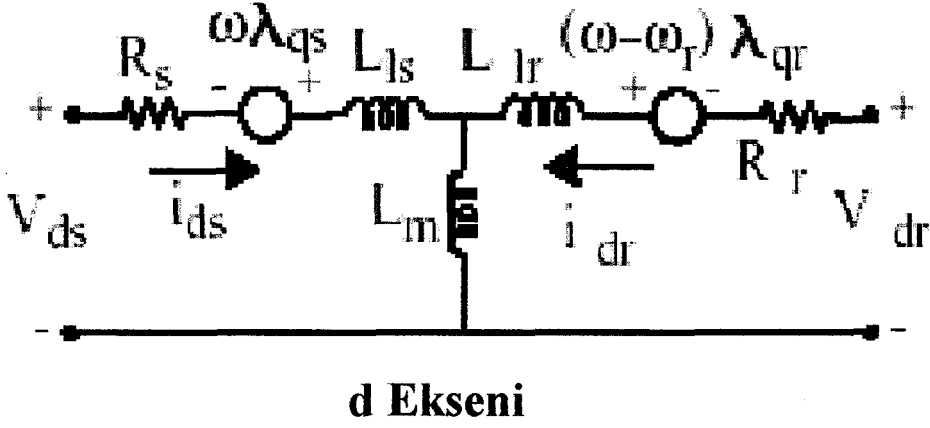
$$\lambda_{ds} = L_s i_{ds} + L_m i_{dr}$$

$$\lambda_{qr} = L_r i_{qr} + L_m i_{qs}$$

$$\lambda_{dr} = L_r i_{dr} + L_m i_{ds}$$

$$L_s = L_{ls} + L_m$$

$$L_r = L_{lr} + L_m$$



Şekil 2.2 Eşdeğer Devre

Yukarıdaki indislerden s stator, r rotor, d direkt eksen, q kuadratik eksen ve l kaçak akım için kullanılmıştır. P kutup sayısını gösterirken T_e torku temsil etmektedir. Eşdeğer devre şekil 2.2’de verilmiştir.

Motor Kontrolünde Kullanılan Matematiksel Dönüşümler

Çeşitli motor kontrol metodlarını tartışmadan önce 3 fazlı dönüşümleri bilmemiz gerekir. İndüksiyon motorlarına en yaygın olarak uygulanan iki dönüşüm Clarke ve Park dönüşümleridir.

$$T_{\alpha\beta 0} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \sqrt{\frac{3}{2}} & -\sqrt{\frac{3}{2}} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \quad T^{-1}_{\alpha\beta 0} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ -\frac{1}{2} & \sqrt{\frac{3}{2}} & 1 \\ -\frac{1}{2} & -\sqrt{\frac{3}{2}} & 1 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Clarke dönüşümü üç fazlı sistemin zamana göre değişen α ve β sabit eksenleri ile iki fazlı sisteme dönüştürür. Sıfır geçişli eleman eklenir ve böylece dönüşüm iki yönlü hale getirilir. Motor kontrolünde α ve β eksenleri statora sabitlenir. Clarke dönüşümüne göre üç fazlı sistemler doğrudan aşağıdaki denklem ile sistemin uzay vektör gösterilişine bağlıdır.

$$u_{\alpha} - ju_{\beta} = 1 + a + a^2 \quad a = e^{j\frac{2\pi}{3}} \quad (2.2)$$

Birçok inverter kontrol strateji çıkış referans gerilimi α ve β eksenleri kullanılarak belirlenir. Denklem 2.2 kullanılarak bu değerler doğrudan SVPWM kullanılarak üretilir. Gerçekte birçok motor kontrol uygulamalarında anahtarlama uzay vektöründeki α ve β eksenleri gerçek ve sanal kısımlar olarak adlandırılır. Ancak anahtarlama vektörü değişmeden kalır.

Üç fazlı indüksiyon motorları analizinde kullanılan Clark dönüşümü, Park dönüşümü olarak bilinen benzer teknik ile birleştirilir. Clark-Park Dönüşüm matrisi aşağıdaki denklem ile gösterilebilir.

$$T_{dq0} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos \theta_d & \cos\left(\theta_d - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta_d + \frac{2\pi}{3}\right) \\ -\sin \theta_d & -\sin\left(\theta_d - \frac{2\pi}{3}\right) & -\sin\left(\theta_d + \frac{2\pi}{3}\right) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \quad T^{-1}_{dq0} = \begin{bmatrix} \cos \theta_d & -\sin \theta_d & 1 \\ \cos\left(\theta_d - \frac{2\pi}{3}\right) & -\sin\left(\theta_d - \frac{2\pi}{3}\right) & 1 \\ \cos\left(\theta_d + \frac{2\pi}{3}\right) & -\sin\left(\theta_d + \frac{2\pi}{3}\right) & 1 \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Bu, üç fazlı sistemi belirli bir referans açısı sabitlenmiş iki koordinatlı zamandan bağımsız bir sisteme dönüştürür. Bir kez daha sıfır geçişli bir bileşen dahil edilir böylece dönüşüm çift taraflı olur. Alana bağımlı kontrolde, referans açısı rotor akı açısına ve pozitif q eksenini pozitif d ekseninin $\pi/2$ ilerisinde olacak şekilde ayarlanır. Böylelikle DC motorlardaki gibi rotor akısı ve torku ayrı ayrı kontrol edilmesine izin verilir. (Filipich M,2002)

3. SAYISAL İŞARET İŞLEYİCİLER (DSP)

Sayısal işaret işleyiciler ses, görüntü ve mikrodalga gibi işaretlerin elektronik işlemlerinden geçirilmesini sağlar. Pratikte DSP'ler grafik işlemleri ve mühendislik simülasyonlarının elde edilmesinde kullanılır. DSP'ler çok hızlı nümerik işlem kapasitesine sahiptir.

DSP'ler yüksek nümerik ve tekrarlamalı işlemler yapabilmektedir. Her veri parçası için karmaşık formüllere göre çarpma, toplama ve diğer dönüşümlerin yapılması gerekebilir. Bütün bunlara meydan okuyacak hıza ihtiyaç duyar. DSP sistemleri gerçek zamanlı çalışabilmeli, yakalama ve bilgi işlemlerini yerine getirebilmeli. Bir montaj bandında hızlı taşıma yapan bir işçi gibi, analogdan sayısala dönüşüm ve DSP iş akışını devam ettirir. Eğer geri kalırsa bilgi kaybolacak ve işaret bozulmaya uğrayacaktır. Analogdan sayısala dönüşümde işaretin örneklenmesinde yeterli olacak her değişimin yakalanması gerekir. Eğer ADC (analog sayısal dönüştürücü) çok yavaşsa, bazı hareketler kaybolabilir. Stereo ekipmanlarının ses işaretlerinin 20 KHz'e (20.000 çevrim /saniye, insanın duyabildiği) kadar ulaştığı ve DSP'nin saniyede yüzlerce milyon işlem yapması gerektiği anlaşılabılır. Diğer işaretler için, uydu veri iletimlerinde daha hızlı haberleşme giga hertzler mertebesinde gerekmektedir.

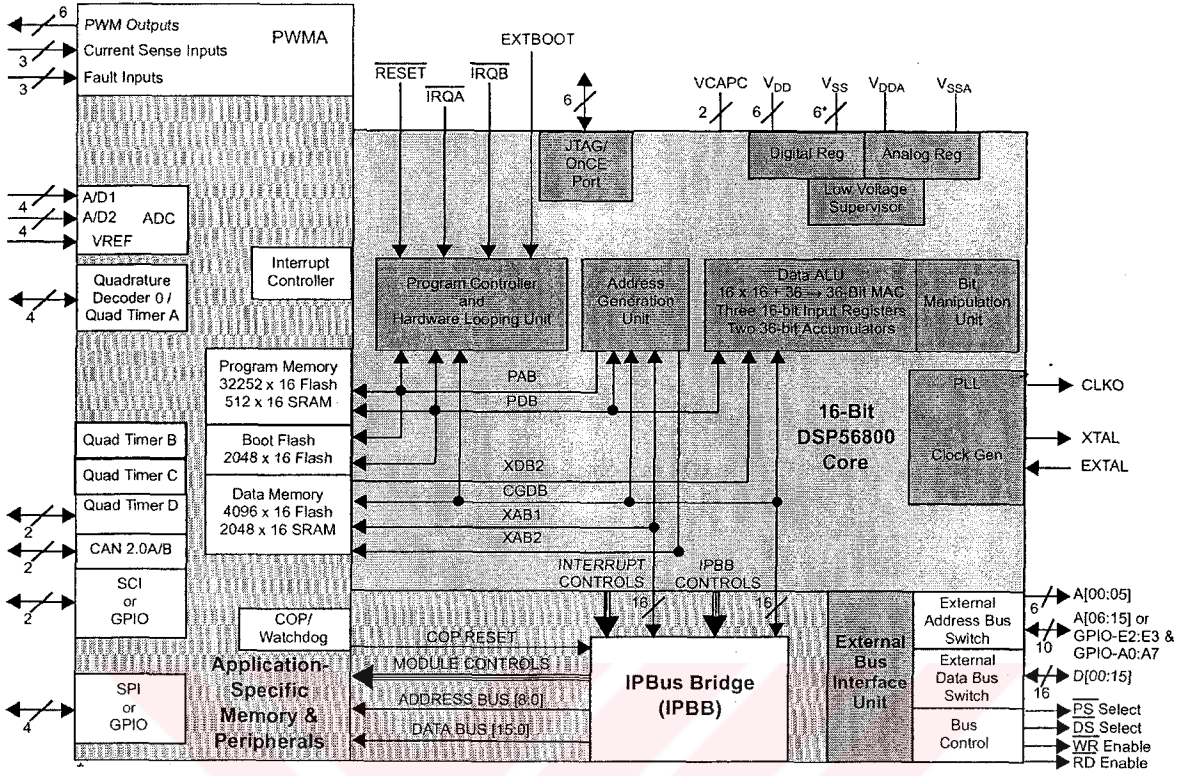
DSP'ler ve Mikroişlemciler ;

DSP'ler mikroişlemcilerden birçok yönden farklıdır. Mikroişlemciler tipik olarak genel amaçlı fonksiyonlar ve normal geniş yazılım bloklarının çalıştırılmasında (UNIX gibi) kullanılırlar. Mikroişlemciler genellikle gerçek zamanlı hesaplamalarda kullanılmazlar. Bir işlemi bitirmeden diğer kullanıcı isteklerine cevap veremezler. Bazı uygulamalarda DSP ve mikroişlemciler birlikte kullanılabilirler. Hız gerektiren işlemler DSP tarafından kontrol gerektiren işlemlerde mikroişlemci tarafından gerçekleştirilebilir.

Farklı görevler için farklı DSP'ler ; DSP'leri ve uygulamaları sınıflandırmanın bir yolu, hareket sahasına göre yapılmasıdır.

DSP cihazları kullanılan sayıları belleğinde tutabilecek kapasitede olmalıdır. Eğer böyle olmazsa taşma meydana gelir ve elde edilen sonuç yanlış olur. İşlemcinin kapasitesi fonksiyonlardaki veri genişliği (işlem yapılabilirdiği bit sayısı), ve aritmetik performansı (sabit veya kayan noktalı) ile belirlenir.

3.1 Motorola DSP56F803 16-Bit DSP



Şekil 3.12 Motorola DSP56803 Blok Diyagramı

- 80 Mhz çekirdek frekansı ile 40 MIPS'e kadar işlem hızı,
- DSP ile MCU fonksiyonlarının birleştirilmiş olması, C verimli kullanan mimari.
- Donanım DO ve REP çevrimleri
- MCU benzeri komut seti ve DSP ve kontrolör fonksiyonlarının (MAC, bit düzenleme birimi, 14 bit adresleme) özelliklerinin desteklenmesi.
- 31.5K x 16-bit kelime program flaş
- 512K x 16-bit kelime program RAM
- 4K x 16-bit kelime veri flaş
- 2K x 16-bit kelime veri RAM
- 2K x 16-bit kelime Boot Flaş
- 64K x 16-bit kelime program ve veri data belleği adresleyebilme
- 6 kanal PWM modülü
- İki 4 kanal 12-bit ADC
- Dörtlü kod çözücü
- CAN 2.0 modülü
- Seri haberleşme arabirimi (SCI)
- İki genel amaçlı dörtlü zamanlayıcı
- 16 paylaşılmış GPIO hattı
- 100-uç LQFP paket

DSP56F803 Özellikleri

Dsp Çekirdeği

- Verimli 16-bit DSP56800 ailesi DSP çekirdeği ve çift Harvard mimarisi
- 80 Mhz çekirdek frekansı ile saniyede 40 milyon komut işleme hızı
- Tek çevrimde 16 x 16-bit paralel çarpıcı-akümülatör (MAC)
- 16-bit çift yönlü kaydırıcı
- Tek DSP adresleme durumunda paralel komut seti
- Donanımsal DO ve REP çevrimi
- Üç dahili adres yol ve bir harici adres yol
- Dört dahili veri yol ve bir harici veri yol
- DSP ve kontroller fonksiyonlarını destekleyen komut seti
- Sıkıştırılmış kod için kontroller tipi adresleme durumları ve komutlar
- Verimli C derleyicisi, ve lokal değişken desteği
- Derinliği sadece bellek ile sınırlı kesme yığını ve yazılım altprogramları
- JTAG/OnCe programlama hata düzeltme arabirimi

Bellek

- Aynı zamanda program ve veri belleğine üç erişime izin veren Harvard mimarisi
- Düşük maliyetli, geniş flaş çözümleri kapsayan yonga üzeri bellekler
 - 31.5K x 16-bit kelime flaş program
 - 512K x 16-bit kelime program RAM
 - 4K x 16-bit kelime veri flaş
 - 2K x 16-bit kelime veri RAM
 - 2K x 16-bit kelime başlama flaş
- Yonga dışında bellek artırma kapasitesi ve 0,4,8 veya 12 bekleme durumu için programlanabilir
 - En fazla 64K x 16-bit veri belleği
 - En fazla 64K x 16-bit program belleği

DSP56F803 Çevre Birimleri

- 6 PWM çıkışlı Darbe Genişlik Modülatör (PWM) modülü, üç akım algılama girişi ve üç hata girişi, ölü zaman ekleme ile hata telafi etme imkanı, hem merkez ve kenar sıralama, Motorola patentli ölü zaman ile bozulmaların düzeltilmesi
- İki eş zamanlı dönüşüm yapabilen iki 12-bit ADC. ADC ile PWM modülü senkron çalıştırılabilir.
- Dört girişli kod çözücü (uçları zamanlayıcı paylaşımlı kullanmaktadır)
- Dört genel amaçlı zamanlayıcı : Zamanlayıcı A (uçları DEC0 ile paylaşmakta), Zamanlayıcı B ve C harici uca sahip değil, Zamanlayıcı D iki uca sahip.
- Gönderme ve alma için 2-uç porta sahip CAN 2.0 B modülü
- İki uçlu (veya ilave GPIO hattına sahip) seri haberleşme arabirimi (SCI),
- Yapılandırılabilir 4-uç porta sahip seri çevre birim arabirimi (SPI)

- Uygun hesaplama işlemleri için Hata zamanlayıcısı (COP)
- İki algılanabilir harici kesme ucu
- 16 genel amaçlı çoğullanabilir G/Ç (GPIO) uçları
- Donanım sıfırlama için harici sıfırlama giriş ucu
- JTAG/On- Yonga Emulasyonu, işlemci hızından bağımsız olarak hata ayıklama.
- Yazılım programlama, DSP çekirdek saati için faz kilitlemeli çevrim (PLL) tabanlı frekans birleştirici

Besleme Değerleri

- 5V toleranslı yüksek yoğunluklu CMOS'dan üretim, TTL uyumlu sayısal girişler
- Tek 3.3 V güç kaynağı ile besleme
- Sayısal ve analog devreler için düşük maliyetli gürültü azaltıcı yonga üzerinde düzenleyiciler

Bekleme ve durma durumları mevcut

DSP56F803 Tanımlama

DSP56F803 DSP56800 çekirdekli sayısal işaret işleyiciler ailesindendir. Tek yonga üzerinde DSP'nin işlem gücünü ve mikro kontrolörün fonksiyonları ile düşük maliyetli esnek çevre birimler ile çözümler üretilir. Düşük maliyet, esnek yapılandırılma ve kısa program kodları ile birçok uygulama için uygun çözümler sunmaktadır. DSP56803 özellikle hareket kontrolü, akıllı ev cihazları, adımlayıcılar, kodlayıcılar, takometreler, limit anahtarlar, güç kaynakları ve kontrol; otomobil kontrol, makine yönetimi, gürültü bastırma, uzaktan ölçümler, endüstriyel kontrol aydınlatma ve otomasyon alanlarında kullanılan birçok çevre birimlere sahip olması maliyetleri düşürür.

DSP56800 çekirdeği, üç işlemi paralel olarak yerine getirme, kadar her komut çevriminde altı işleme izin veren Harvard tipi mimariye sahiptir. MCU tipi programlama modeli ve optimize edilmiş komut seti, yoğunlaşmış DSP ve kontrol kodları.

DSP56F803 hem dahili hem de harici bellekten program çalıştırmayı destekler. Her komut çevriminde yonga üzerindeki data RAM'den iki veri işlemi için erişilebilir.

DSP56F803 aynı zamanda çevre birimlerin yapılandırılmasına bağlı olarak harici kesme uçları, 16'ya kadar genel amaçlı G/Ç (GPIO) hattı.

DSP56F803 31.5K kelime (16-bit) program flaş ve 4K kelime veri data flaş (her biri JTAG port ile programlanabilir) 512 kelime program RAM ve 2K kelime veri RAM içerir. Harici bellekten program çalıştırmayı da destekler. 2K kelime başlama flaş ana program ve veri flaş belleklerin ve müşterilerin yazılım alanlarının birleştirildiği bellek. Program ve veri ve

bellekten program çalıştırmayı da destekler. 2K kelime başlama flaş ana program ve veri flaş belleklerin ve müşterilerin yazılım alanlarının birleştirildiği bellek. Program ve veri ve başlama flaş bellekleri bağımsız olarak topluca veya 256 kelime sayfa boyutunda silinebilir.

DSP56F803'e uygulamalarda kullanılmak üzere PWM modülü bünyesine dahil etmiştir. Bu modül üç ayrı ayrı programlanabilen PWM işaretlerinden oluşur. (Bu modül toplam altı PWM çıkışları için bağımsız PWM fonksiyonlarını destekler.

Ölü zaman ekleme, akım algılama ile yazılımla bozulma düzeltme ve ayrı ve çıkış polaritesinin kontrol edilmesi gibi özelliklere izin verilir. Yukarı sayıcı değeri ile devamlı PWM frekansı kontrol edilir. Kenar ve merkez sıralanmış senkron PWM (%0 ile %100 modülasyon) kontrolünü destekler. Böylece birçok motorun kontrol edilmesini sağlar ; ACIM (AC indüksiyon motorları), BDC ve FDAM (fırçalı ve fırçasız DC motorlar), SRM ve VRM (anahtarlamalı ve değişken relüktans motorları) ve adım motorları.

PWM hata koruma ve çevrim akım sınırlaması ile standart opto izolatörler ile sürücü çıkışı kontrolünü içermektedir. PWM 1'den 16'ya kadar programlanabilir integral değerinin kesme ile kontrolü ve çift tampon bellek mevcuttur. PWM modülü referans çıkış ile ADC' nin senkronize olmasını sağlar.

DSP bütün bunların yanında standart programlanabilir çevre birimlere sahiptir. Bunlar seri haberleşme arabirimi(SCI), Seri çevre birimi arabirimi(SPI), dört zamanlayıcı, genel amaçlı giriş/çıkışlar(GPIO), ağ arabirimi (CAN 2.0 versiyon A/B uyumlu) ve kesme kontrolörü gibi. (Motorola ,2000)

3.2 TMS 320C24x Serisi DSP

Mevcut DMS sistemlerinin yeniden dizayn edilerek, daha ileri algoritmaların kullanılması ve yüksek performansın elde edilmesi, sistem elemanlarının azaltılmasını sağlar. DSP'nin sağladığı diğer avantajlar;

- Yeni nesil pahalı olmayan AC indüksiyon, DC daimi mıknatıslı ve anahtarlamalı relüktans motorların güçlü kontrolünün yapılması,
- Fırçasız motorlar için tam değişken hız kontrolünün düşük imalat masrafları ve yüksek güvenilirlikle gerçekleştirilmesi,
- Sabit hız kontrolüne göre değişken hız kontrolü ile %25 enerji tasarrufu sağlanır.
- Yakıt ekonomisinde artış, performansın geliştirilmesi, otomobillerdeki elektronik direksiyon güç sisteminde hidrolik sıvısını kontrol eder.
- Otomobil elektronik fren sistemi hidrolik sıvısının seçiminde imalat ve bakım maliyetlerini düşürür.

- Kontrol algoritmasının işlenmesi sırasında güç anahtarlama inverterlerinin kontrol edilmesi,
- Tek işlemci ile birçok motorun kontrolünün sağlanması,

C24x DSP kontrole dayanan uygulamalar için kullanılır. Yüksek performanslı DSP çekirdeği ile tek yonga çözümü, içine yerleştirilen mikro denetleyici çevre birimlerinin birleştirilmesi, C24x serisi geleneksel mikro denetleyici (MCU) ve çok işlemcili sistemlere göre ekonomik açıdan alternatif olabilmektedir. Geleneksel 16-bit mikro denetleyici ve mikroişlemcilere göre 20 milyon komut/saniye işlem hızı ile kayda değer performans artışı göstermektedir.

C24x mimarisi aynı zamanda kontrol işaretlerinin işlenmesi için en uygun yapıdadır. İşlemcide 16-bit kelime ve 32-bit kayıtçı ile sonuçlar saklanır, ve iki donanım kaydırıcısı CPU'dan bağımsız olarak sayıların ölçeklenmesini sağlar.

C24x DSP kontrolör mevcut çevre birim seti ile hızlı yapılandırma veya uygulama iyileştirmesini sağlar. Sayısal ve karışık işlem çevre birimleri:

- Zamanlayıcılar
- Seri haberleşme portları,
- Analog-sayısal dönüştürücü,
- Durum yönetici,
- Sistem koruma, düşük voltaj algılama, hata zamanlayıcısı, gibi...

TMS320F/C240 Kısaca Tanıtımı

TMS320F/C240 24x DSP kontroller serisinin ilk standart ürünüdür. İlk tek yonga sayısal motor kontrol için ilk standart settir. 20 MIPS işlem hızına sahiptir. Çoğu komutlar 50 ns.'lik tek çevrimde gerçekleştirilir. Bu yüksek performans sayesinde uyarlamalı kontrol, kalman filtresi gibi çok karışık algoritmalar gerçek zamanlı olarak işlenebilir. Çok yüksek örnekleme oranı ile en az çevrim gecikmesi oluşur. 240 mimari özelliklerinden dolayı yüksek hızda işaret işleme ve sayısal kontrol yapabilmektedir. Tek yonga motor kontrol uygulamaları için gerek duyulan çevre birimlere sahiptir. 240 CMOS teknolojisi ile üretildiğinden düşük güç tüketmektedir. Güç tasarrufu için bir çok güç kesme özelliklerine sahiptir. İleri işlemler için 240 işlemcinin avantaj sağladığı bazı uygulamalar;

- Endüstriyel motor sürücüler,
- Güç inverterleri ve kontrolörler,
- Elektronik direksiyon güç sistemi, kilitlemesiz frenler, klimalar gibi otomobil sistemleri
- HAVC kompresör motor kontrolü,
- Yazıcı, kopyalayıcı ve diğer ofis ürünleri,

- Teyp sürücü, manyetik optik sürücü, diğer depolama ürünleri,
- Robot ve CNC makineleri,

Uygulama iyileştirmesi yapan çevre birimleri yüksek performanslı DSP çekirdeğine bağlanarak, yüksek doğrulukta ve yüksek verimde motor tiplerinin tam değişken hız kontrolüne izin verilmiştir. Bunlar arasında programlanabilir ölü-bant fonksiyonlu ve vektör kontrollü 3 faz motorlar için yüksek verim sağlayan transistörleri anahtarlayan özel PWM üretici yer alır.

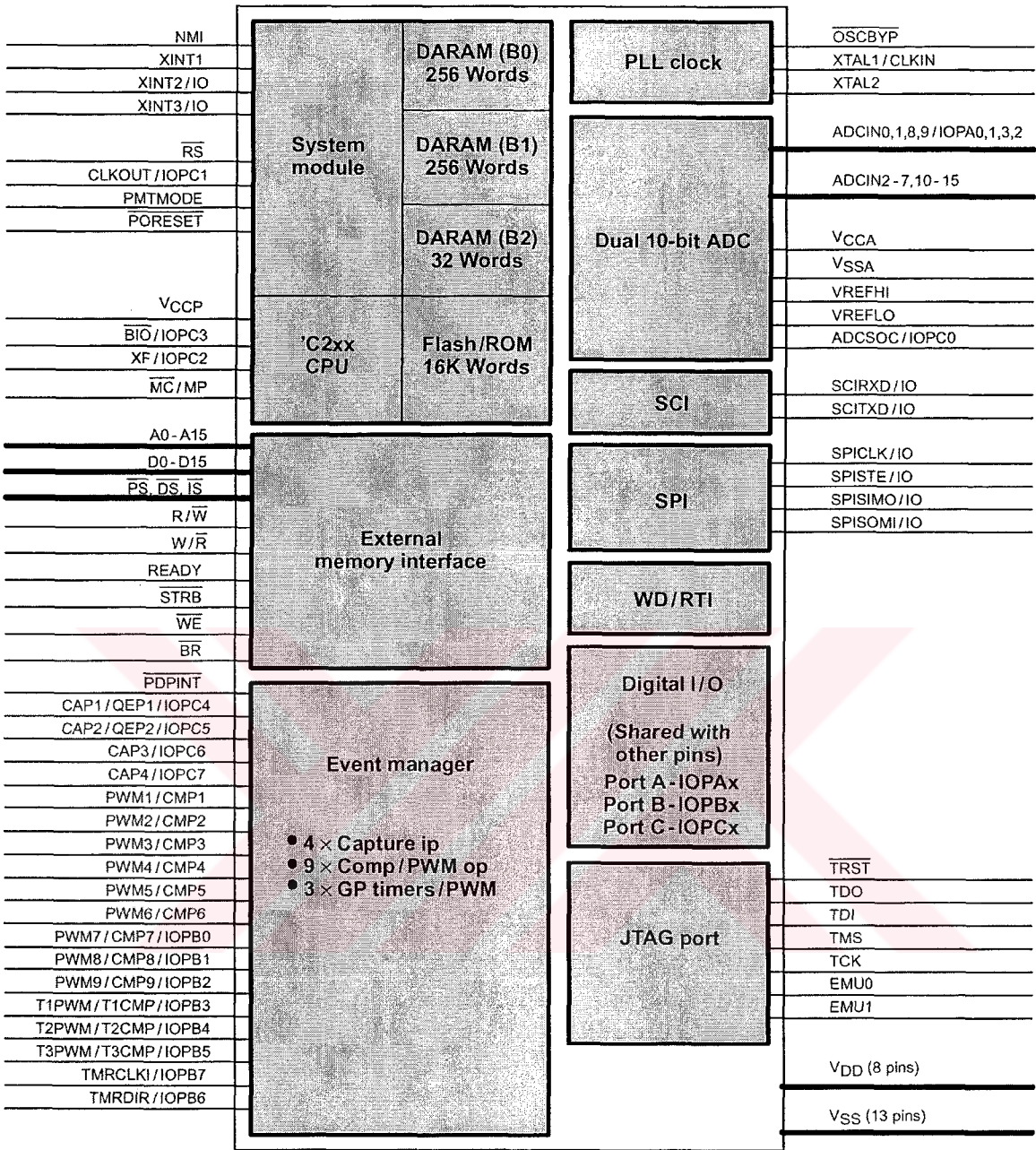
Üç bağımsız yukarı/aşağı sayıcı, her biri için karşılaştırma kayıtcısı, asimetrik ve simetrik PWM dalga şekillerinin üretilmesini destekler. Dört yakalama girişlerinden ikisi doğrudan optik kodlayıcı darbe sinyali girişi olarak bağlanabilir.

‘240 özelliklerinin özeti:

- TMS 320C2xx çekirdek işlemci:
 - 32-bit merkezi aritmetik-mantık birim (CALU)
 - 32-bit akümülatör
 - 16-bit paralel 32 bitlik sonuç kapasiteli çarpıcı
 - Üç ölçekleme kayıtcısı
 - Sekiz 16-bit veri hafızası doğrudan adresleme için aritmetik birim yardımcı kayıtcısı
- Bellek :
 - 544 kelime x 16-bit yonga üzerinde veri/program çift erişimli RAM,
 - 16K kelime x 16-bit yonga üzerinde program ROM veya flaş EEPROM
 - 224K kelime x 16-bit maksimum adreslenebilir bellek bölgesi (64K kelime program, 64K kelime veri, 64 K kelime G/Ç, 32 K kelime global bölge oluşturmaktadır.
 - Yazılım bekleme durumlu harici bellek ara birimi, bir 16-bit adres yol, ve 16-bit veri yol,
 - Donanım bekleme durumunu destekleme
- Program kontrol :
 - 4 seviye ardı ardına (pipeline) işlem
 - 8 seviye donanım yığını
 - Altı harici kesme: güç-sürücü kesmesi, sıfırlama, NMI, ve üç maskelenebilir kesme
- Komut seti:
 - TMS320 ailesindeki ‘C2x, ‘C2xx, ve ‘C5x sabit noktalı ürünler ile kod uyumluluğu
 - Tekrar işlemlerinde tek komut
 - Çarpma/akümülatör işlemlerinde tek çevrim
 - Program ve veri yönetiminde blok olarak bellek taşıma komutu
 - İndeks adresleme özelliği
 - Radix-2 fourier dönüşümü (FFT) için bit tersinir indeks adresleme
- Güç:
 - Statik CMOS teknolojisi
 - Güç tüketimini azaltmak için 4 güç kesim durumu.

- Radix-2 fourier dönüşümü (FFT) için bit tersinir indeks adresleme
- Güç:
 - Statik CMOS teknolojisi
 - Güç tüketimini azaltmak için 4 güç kesim durumu.
- Emülasyon : Yonga üzerinde tarama tabanlı IEEE Standart 1149.1 test erişim port ara birimi
- Hız : 50ns (20 MIPS) komut çevrim süresi, birçok komut tek çevrim
- Durum Yöneticisi :
 - 12 karşılaştırma/PWM kanalı (9 bağımsız)
 - Üç adet altı durumlu 16-bit genel amaçlı zamanlayıcı, devamlı yukarı ve devamlı aşağı sayıcı
 - Üç 16-bit ölü bant özellikli tam karşılaştırma birimi
 - Dört yakalama birimi, bunlardan ikisi kodlayıcı darbelerini algılayacak .. kapasitede
 - Çift 10-bit analog-sayısal dönüştürücü (ADC)
 - 28 programlanabilir, çoklanabilir G/Ç uçları
 - Faz kilitlemeli çevrim (PLL) tabanlı saat modülü
 - Gerçek zaman kesmeli hata (WD) zamanlayıcı birimi
 - Seri haberleşme ara birimi,
 - Seri çevrebirim arabirimi (SPI)
- Mevcut geliştirme araçları :
 - TI ANSI C derleyici,assembler/linker ve C kaynak hata düzelticisi
 - Tam olarak deneme ürünleri : kendi kendine deneme ürünleri(XDS510)
 - JTAG ile eğitim modülü (EVM)
 - Üçüncü kısım sayısal motor kontrol ve bulanık mantık geliştirme desteği

Aşağıdaki şekilde TMS320F/C240 DSP'ne ait blok diyagram olarak gösterilmektedir. (Texas Instruments,1998)



Şekil 3.2 TMS320F/C240 Cihaz Yapısı. (Texas Instrument,1998)

TMS320C242 ile Gerçekleştirilen FDAM Sürücüsü

FDAM motorlar uzun yıllardır endüstride kullanılmaktadır, çünkü mükemmel performans, kontroldeki basitlik ve yüksek verime sahiptirler.

Kontrol Algoritması

FDAM motor hız kontrolü, üç tabakalı kontrol ile gerçekleştirilebilir. Rotor pozisyonunu ayarlamak için direkt olarak stator manyetik alanına müdahale edilir. Öncelikle rotor pozisyonu bilinmeli ve buna göre stator manyetik alanı üretilmeli ve kontrol edilmelidir. Stator manyetik alanının stator sargısından geçen akım ile orantılı olduğu varsayılırsa, stator manyetik alan büyüklüğü kontrolü giriş akımının kontrolü ile yapılabilir. En yaygın kullanılan kontrol çevrimi hız ayarlama çevrimidir.

Genellikle rotor pozisyonu mekanik açısal pozisyon algılayıcılarla ölçülür. Bu algılayıcılar artırımsal kodlayıcı veya hall etkili algılayıcı diye bilinen algılayıcılardır. Artırımsal kodlayıcı çok yüksek çözünürlükte açısal hız geri beslemesi sağlayabilir. Bunlar genellikle çok yüksek doğrulukta hız ve pozisyon kontrolü için kullanılırlar.

Bununla birlikte hızın çok düşük olmadığı uygulamalarda (50 d/dak üzeri) hall etkili algılayıcılarda kullanılabilir. Ancak kodlayıcı kadar yüksek performans elde edilemez. Fırçasız DC motor için çok hassas pozisyon bilgisi istenmediği için maliyet açısından uygun olan bu tip algılayıcılar kullanılabilir.

Hatta ucuz hall etkili algılayıcılarda DSP kontroller yazılımı sayesinde kullanılmasına gerek kalmaz. TMS320C242'nin güçlü yazılımı sayesinde rotor pozisyonu : anahtarlama noktasındaki elektriksel davranışlar, fazlar arasındaki dengesizliklerin düzeltilmesi, kapalı çevrim başlama karakteristiği ele alınarak hesaplanır.

Motor elektriksel zaman sabitine bağlı olan akım düzenlemesi analog olarak gerçekleştirilebilir, bu sayede histeris tip düzenleyiciler işlemsel kuvvetlendirici, sayısal, veya yazılım ile gerçekleştirilebilir. Analog çözüm zorlanır çünkü bu tip düzenleyicilerde güç katımı gerçekleştirmede zorlanacaktır. Çok küçük motor zaman sabiti ile devamlı motor faz akımı sağlayabilmek için yüksek hızda kıyıcı frekansı gerekmektedir. Sayısal çözümlerinde bu yüksek kıyıcı frekansını sağladığımız varsayarsak akım düzenleyicilerde nümerik olarak gerçekleştirilebilir.

Hız düzenlemesine ilişkin sayısal entegrasyon uygun çözüm olarak görülmektedir. Hız geri

besleme bilgisi yazılım pozisyon algılayıcısının verdiği saat darbeleri esas alınarak hesaplanmalıdır. İlk olarak hız geri beslemesi hesaplanır, hız düzenlemesi seri hattan gelen analog hız referans girişine göre gerçekleştirilir.

Bu bölümde tam bir hız kontrolün tek bir DSP kontrolör üzerinde birleştirilmesi gösterilecektir. Böylece ayrıca CPU ve dışarıdan yarıiletken (PWM, ADC ve pozisyon düzenleyici) elemanlar kullanılmasına ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu entegrasyon uygun fiyat çözümlü tek yonga kontrolör ve güç katından oluşmaktadır. Mekanik pozisyon algılayıcı yerine yazılım kullanıldığında ve ekstra entegre devre (işlemsel kuvvetlendirici, karşılaştırıcı, FPGA) kullanılmayacağından sürücü fiyatlarını makul değerlere çekecektir.

Donanım Platformu

Donanım yapısına odaklanıldığında iki yaklaşım tarzı düşünülebilir. Sürücü kontrol kartı geliştirme seti veya son kullanıcı donanımları farklıdır.

Geliştirme sırasında Texas Instrument tarafından üretilen TMS320F240 Değerlendirme modülü (EVM) kullanılır. Bu donanımda ;

- TMS320F240 DSP kontrolör ve osilatör,
- JTAG
- RS232 hat
- Dört sayısal-analog dönüştürücü,
- DSP kontrolör çıkışı için konnektör

EVM kartı FDAM motor güç katına basitçe bağlanabilir.

Bu ürün için TMS320F240 DSP ve güç elektroniği elementleri tek kart üzerinde birleştirmek mümkündür. Şekil-1’de algılayıcısız FDAM hız kontrolünü gerçekleştirebilecek kart donanımı görülmektedir. Karışık programa gerek yoktur, ancak akım algılama kuvvetlendiricisine ihtiyaç duyulacaktır.

Algılayıcısız Rotor Pozisyonunun Belirlenmesi

Bu bölümde FDAM motorun rotor pozisyonunun C242 ve yazılım ile nasıl çözüleceği açıklanacaktır. Bunun için ilave herhangi bir bağlantı ve entegre devre gerekmeyecektir. Takip eden bölümde bunun gerçekleştirilmesinde kullanılacak teorik altyapısı ve pratiğe uygulanması anlatılacaktır.

Teorik Altyapısı

FDAM motorların kontrolü, fazları rotorun her mekanik 60° dönüşte bir kez anahtarlama

verilir ve aynı anda yalnızca iki faz doğru akımla beslenir. Bu nedenle verimli bir kontrol için faz beslemeleri ile fazların $Bemf$ 'leri arasında senkronizasyonun sağlanması gerekir. Böylece besleme yapılmayan 60° 'lik bölgede iken $Bemf$ 'in ilk kez sıfır değerini alır.

Aşağıdaki motor terminal model formülünde, L faz endüktansı, R faz direnci, E_x geri elektromanyetik kuvveti, V_n yıldız bağlantı gerilimini toprağa göre değeri, V_x faz geriliminin toprağa göre değerini göstermektedir. V_x gerilimi yukarıda anlatıldığı direnç köprüsü üzerinden DSP kontrolörün ADC' si tarafından ölçülür.

$$V_x = RI_x + L \frac{dI_x}{dt} + E_x + V_n \quad (3.1)$$

Aynı anda stator sargılarından ikisine akım basılır, iki akım birbirinin zıddıdır ve üçüncü faz sıfıra eşittir. Ayrıca hem üç stator akımı ve üç $Bemf$ sıfıra eşit olur, nötr noktası gerilimi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$V_n = \frac{1}{3} * \sum_{x=1}^3 V_x \quad (3.2)$$

Stator terminali beslenmeyen faz voltajı şu şekilde tekrar yazılabilir;

$$E_{Beslemesiz} = V_{Beslemesiz} - V_n = V_{Beslemesiz} - \frac{1}{3} * \sum_{x=1}^3 V_x \quad (3.3)$$

Her mekanik dönüşte $Bemf$ iki kez sıfırdan geçer ve $Bemf$ nümerik olarak DSP tarafından kolayca hesaplanabilir, bu hesaplama ile altı yaklaşık anahtarlama bilgisi elde edilebilir.

Pratik Noktalara Bakış

Bu bölümde yukarıda anlatılan teorik bilgilerin pratik uygulamasını göstereceğiz. Teorinin sınırlamalarını ve bunların pratik çözümlerini tartışacağız.

Nötr Noktası Gerilim Hesabı

Yukarıda görüldüğü gibi nötr noktası gerilim hesabı için üç fazın toprağa göre değerini bilmek gerekir. Şimdi ADC'nin eşzamanlı olarak bunu nasıl gerçekleştirdiğini açıklayalım.

Çok küçük faz elektrik zaman sabitinden dolayı, kıyıcı frekansı 80 kHz'e ayarlanır. PWM periyodu 12.5 μs 'dir. Akım düzenlemesi çevrim periyodu 50 μs 'ye ayarlanır. Bir akım

çevrimi periyodunda dört PWM darbesi oluşturulur. DSP kontrolör bütün bunları yaparken aynı zamanda kesme servis altprogramlarını da yerine getirir. Eğer akım PWM ISR periyodunda ilk veya ikinci ise (bir akım çevriminde dört tane mevcuttur) ikili dönüştürme yazılım tarafından başlatılır. Dönüştürmenin sonunda bir kesme ile işlemci tarafından iki sonuç alınır. Aşağıdaki çizim kesme organizasyonunu göstermektedir.



Şekil 3.3 PWM Stratejisi ve İşlem Sistemi.

İlk dönüştürme faz akımını, ikinci dönüştürme faz terminal gerilimini verir. Önce bu iki değer alınır, ADC giriş kanalı diğer iki fazın gerilimini ölçmek üzere seçilmiştir. İkinci dönüştürme sonunda alt program iki dönüştürme sonuçlarını ve akım ve ikinci terminal gerilimini yeniden yükler ve yukarıdaki formüle göre nötr noktası gerilimini hesaplar.

Bu çözüm bir PWM periyodu süresince (12 μs) faz terminal gerilim değişimlerinin önemsiz olduğunu varsaymaktadır. Motor için kırıyıcı frekansı 20 kHz olması gerekir, bizde akım düzenlemesi çevrim frekansının 10 kHz ve hala üç faz terminal geriliminin olduğunu düşünebiliriz.

Bemf Sıfır Geçiş Noktası Hesabı

Beslemesiz fazın Bemf'in hesaplanması için yukarıda elde ettiğimiz nötr noktası geriliminden faydalanacağız. Bu da beslemesiz faz terminal geriliminden nötr noktası gerilimi çıkarılarak hesaplanacaktır. Bemf'in sıfır geçiş noktasına odaklanırsak, sadece Bemf'in işaretinin

değiştiğini görmemiz mümkün. B_{emf} 'in tarama periyodunun mekanik zaman sabitine göre çok kısa olduğu varsayılır. Bu fonksiyon üç terminal geriliminin her 50 μs 'de örneklenmesinden ve her ISR ve PWM güncellemesinden sonra hesaplanır.

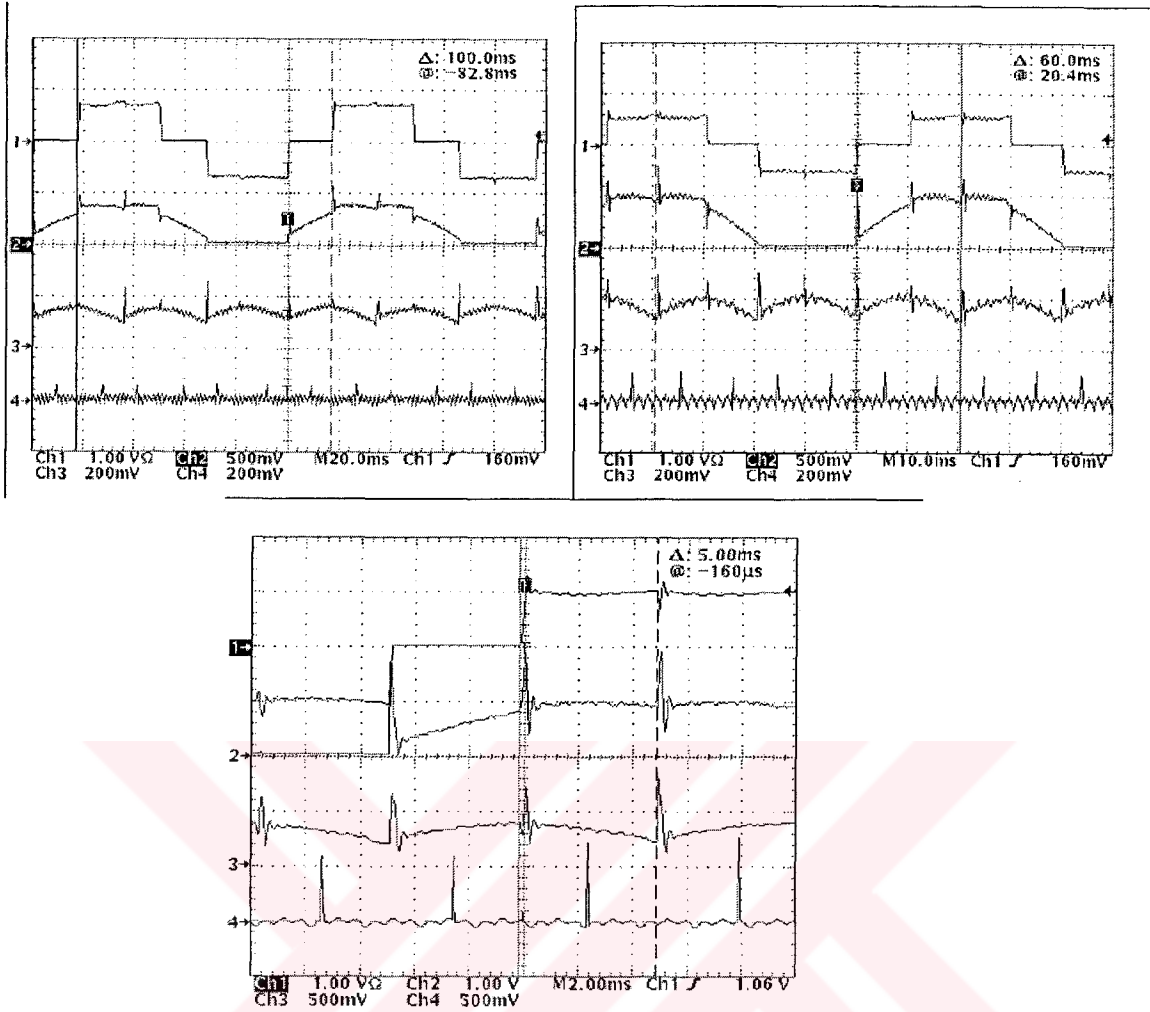
Anahtarlama Noktasında Elektriksel Davranışı

Doğru akım seviyesi veya güç katındaki parazitik endüktans ve kapasitelerden dolayı fazların anahtarlama sırasında yüksek dV/dt ve dI/dt glitches meydana gelebilir. Bunlar aynı zamanda elektromanyetik gürültü oluşturabilir. Bu da nötr noktası geriliminin hesaplanmasını zorlaştırır. Bu problemin çözümü için ilk çözüm faz geriliminin ölçümünden önce iyi bir şekilde filtrelenmesidir. Filtrelemenin ana sakıncası filtrenin B_{emf} sıfır geçişinin bulunmasını etkilemesidir. Bu da faz besleme senkronizasyonunu, sürücü dinamik davranışının zayıflamasını ve güç çevrim veriminin düşmesine yol açmaktadır.

Bazı B_{emf} Sıfır Geçiş Sonuçları

Aşağıda gösterilen her osiloskop resmindeki kanal-1 bir faz akımını, kanal-2 yarım köprü gerilimi, kanal-3 hesaplanan nötr noktası gerilimini ve kanal-4 yazılım ile algılanan B_{emf} 'in sıfır geçiş noktasının pik değerini göstermektedir.

Sırasıyla 600 ve 2000 d/dak arasındaki değişik hızlarda testler yapılır. 30 d/dak'nın altında da B_{emf} sıfır geçiş algoritması başarıyla test edildi. En ilginç bilgi ise nötr noktası hesabında elde edilmiştir. Yüksek anahtarlama dalgalanması ve /veya gürültü olmasına rağmen yazılım bu bozucu etkiyi algılayarak B_{emf} işaret değişimini doğru olarak algılamıştır. Nötr noktası gerilim hesabı yüksek frekansta yapıldığından bu başarılmıştır. Bu yüksek frekansa özerk çalışan ADC ve güçlü DSP kontrolör CPU'su sayesinde ulaşılmaktadır. Kanal-4'deki sivri çıkışlar (B_{emf} sıfır geçişlerini göstermektedir) beslemesiz bölümlerin orta noktasında yer almaktadır. B_{emf} ile 60° bölge arasındaki bu senkronizasyon yüksek motor performansına erişilmesinde birincil faktördür.



Şekil 3.9 Farklı hızlardaki sıfır geçiş noktaları. (Texas Instrument,1999)

Anahtarlama Anı Hesabı

Verimli algılayıcı kontrolünde, Bemf sıfır geçiş olayı anahtarlama anından sonra 30° yer değiştirir. Böylece altı sıfır geçiş olayının yardımıyla FDAM motor çalıştırılmadan önce 30° anahtarlama anının kaydırılmasının hesaplanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Aslında istenilen farklı hız değerlerine göre açı kaydırması değişik değerler alabilir. Pozisyon interpolasyon fonksiyonu bu şekilde gerçekleştirilebilir. Kontrol yazılımı bunu şu şekilde gerçekleştirir; T rotorun bir önceki devri için harcamış olduğu zaman ve α istenilen kaydırma açısı olsun. α 360° 'ye bölünüp T ile çarpılırsa, yeni faz çiftinin anahtarlama anından önce harcanan zaman (biz kaydırma zamanı diyeceğiz) elde edilir. Sistemin geçici cevabı sorulabilir. Motorun yavaşladığını varsayalım. Kontrol nasıl reaksiyon verecek? Hesaplanan kaydırma zamanı ihtiyaç duyulan kaydırma zamanına göre çok kısa olacaktır. İlk anahtarlama motorun ivmelenmesi yönünde olacaktır. Kontrolör eğer motor ivmeleniyorsa buna zıt bir reaksiyon

gösterecektir. Böylece doğal güçlü kontrol algoritması hız kontrol çevrimine eklenmiş olur.

Gösterilen yazılımda α 30°'ye sabitlenmiştir. Bizler ilave yazılım fonksiyonu olarak verilen kaydırma açısını çıkış, mekanik hızı giriş olarak düşünebiliriz. Şekil-5'deki iki grafik anahtarlama anındaki hesap ile üç hall etkili algılayıcı çıkışının karşılaştırılmasını göstermektedir. Üsteki grafik düşük hızlarda (400 d/dak.) ve alttaki grafik ise yüksek hızlardaki (2000 d/dak) değerleri göstermektedir.

Bu grafikler düşük ve yüksek hızlarda ulaşılan çok iyi sonuçları göstermektedir. Hall algılayıcı çıkışı ile hesaplanan anahtarlama arasındaki ufak fark açıktır, Bu da fazlardaki dengesizliklerin düzeltilmesi ile giderilebilir.

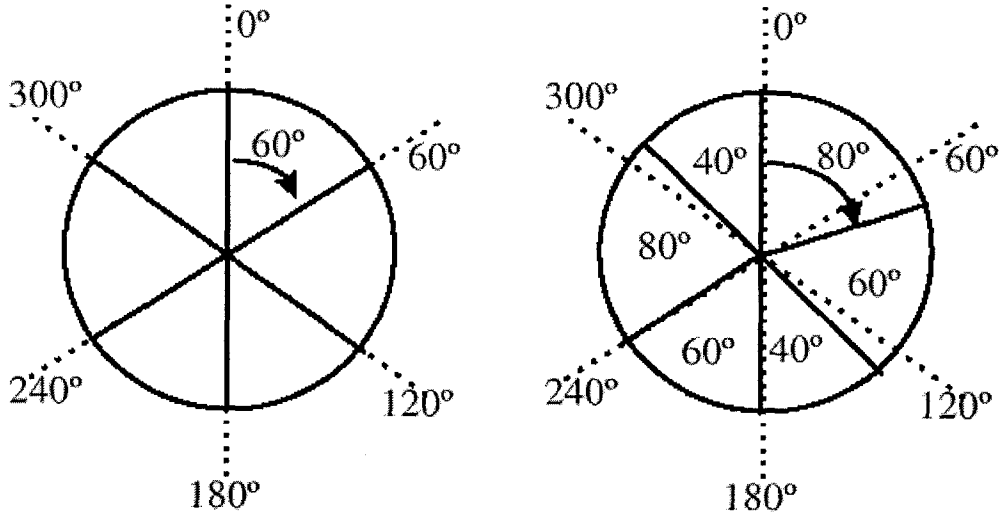
Bu ani anahtarlama algoritması rotorun bir önceki devir sayısına ulaşılması için geçen zamanı esas alır. Gürültü ve sistemdeki dinamik bozuklukların giderilmesi için bazı ufak karışık algoritmalar kullanılabilir. Örnek olarak ; hız geri besleme bilgisinde oluşan ani değişiklikleri düzeltmek için alçak geçiren filtre kullanılabilir. Bu da basitçe şöyle yapılabilir; k safhasındaki devir süresi ve k-1 safhasındaki devir süresi ile hesaplanan ;

$$\frac{T_k - T_{k-1}}{2} \quad (3.4)$$

kaydırma süresindeki yumuşatılır. Böylece ani davranışlar iyileştirilmiş olmaktadır. Dinamik davranışlarını geliştirmek için kullanılması mümkün olan diğer bir algoritma ise devirin üçte birine ulaşılması için geçen sürenin hesaplanmasıdır. Bu son algoritma hız değişimlerine karşı çabuk reaksiyon verir, ancak ölçümlerdeki gürültüye karşı daha hassastır.

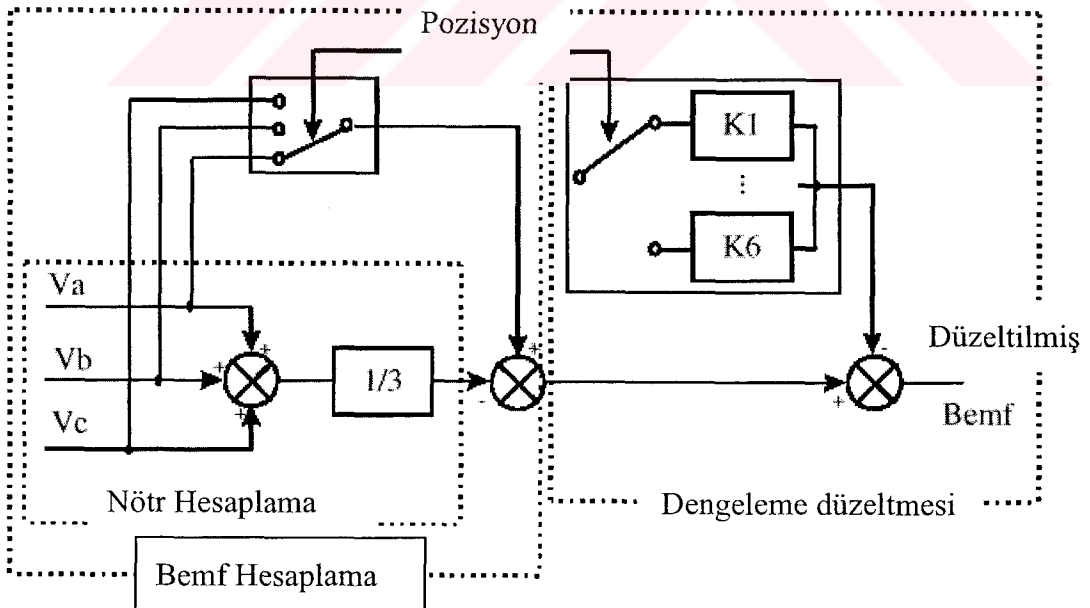
Kullanılan Fazların Dengesizliklerin Kendi Kendine Düzeltilmesi

Kullanılan fazlardaki dengesizlikler yukarıdaki algoritmalar (sıfır geçiş noktasının algılanması ve fazların anahtarlamasından önce geçen kaydırma zamanının beklenmesi) uygulanarak gösterilebilir. Dengesizlikleri Şekil-6 da gösterildiği gibi eşit 60°'lik alanlar yerine 40° ve 80° genişliklerdeki alanların kullanılması ile anlayabiliriz.



Şekil 3.10 Dengeli ve Dengesiz Fazların Kullanımı.

Üç fazlı sistemlerde ve terminal gerilimlerinin ölçüldüğü direnç köprülerinde bu dengesizlikler simetrik olmayan davranışları oluşturur. Dengesizlikler uygulamadan uygulamaya değişir fakat yaklaşık olarak mekanik hızın doğrusal fonksiyonu ve Bemf hesaplamasındaki yazılımda verilen ofset değeri ile düzeltilebilir. Şekil-7’de gösterilen yapı ile bu bozulmalar düzeltilebilir.



Şekil 3.41 Fazlardaki Dengesizliği Düzeltme Modülü.

Başlangıç Prosedürü

Algılayıcısız sürücüde birinci adım ilk rotor pozisyonunun alınmasıdır. Pozisyon ayarlama stratejileri motordaki relüktans değişikliklerinin hava boşluklarının etrafında olup olmamasına bağlıdır. Hava boşluğu etrafında kayda değer relüktans değişimleri varsa (örneğin rotorda çıkıntılı kutup varsa) her sargıya uygulanan kısa ve sabit periyotlu gerilim darbesine cevabını her faz çifti için ölçebiliriz. Sargı fazlarından akan akımın göreceli büyüklüğü değerlendirilmesi ile rotor pozisyonunun elde edilmesi mümkündür ve böyle motorun ilk çalıştırılması için uygun faz tespit edilmiş olur.

Texas Instrument TMS320C242 DSP

Fırçasız DC motorlar yüksek mekanik güç yoğunluğu, basitlik ve yüksek verimleri nedeniyle geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Rotor pozisyonları DSP ile kontrol edilerek mekanik pozisyon algılayıcılarına gerek duyulmaz. Fazlardaki elektro motor kuvveti ölçülerek ve bu ölçümlerden rotor pozisyonu hesaplanabilir.

Elektronik kare dalga ile kontrol edilen FDAM motorlar yüksek mekanik güç yoğunluğu, basit yapıları ve yüksek verimleri nedeniyle geniş kullanım alanına sahiptir. Bu kontrol sisteminde hız ayarı ; CPU, akım düzenlemesi ve stator ile rotor arasındaki manyetik alan ile senkronizasyonu sağlayan pozisyon algılayıcısıyla gerçekleştirilir.

Sistemin maliyetinin düşürülmesi için rotor pozisyon algılayıcısı kullanılmayarak kontrol gerçekleştirilir.

Burada gösterilecek olan yeni yazılım çözümü; elektro motor kuvveti ölçümüne dayanır ve FDAM motor kontrolünde rotor pozisyon algılayıcısına ve ilave entegre devrelere ihtiyaç duyulmaz. FDAM motorların hız kontrolünde tek yonga ve yazılım ile sinyal üretimi en iyi şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu da Texas Instrument sayısal işaret işleyicisi (DSP) ile yapılabilir. Bu çözüm kullanılarak yazılım ile FDAM motorlara ait problemler : anahtarlama noktalarındaki elektriksel davranışlar, fazların kendi kendine dengelenmesi, sıfır hızdan başlayan kapalı çevrim kontrol kolaylıkla yapılabilir.

Nötr noktası gerilim hesabı her akım düzenleme çevriminden sonra DSP'nin ADC' si tarafından hesaplanır. BEMF sıfır geçiş noktası düzenlemesi ve anahtarlama sinyali ile sıfır geçiş noktası arasındaki 30 derecelik kaydırma DSP'nin yüksek işlem gücü sayesinde gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilir.

3.3 ADMCF 326 DSP MOTOR KONTROLÖR

Hedef Uygulamalar

Çamaşır makineleri, buzdolabı kompresörleri, fanlar, pompalar, endüstriyel değişik hız sürücüler.

Motor Tipleri

AC indüksiyon motorları, daimi mıknatıs senkron motorlar , Fırçasız doğru akım motorları (FDAM).

Özellikleri

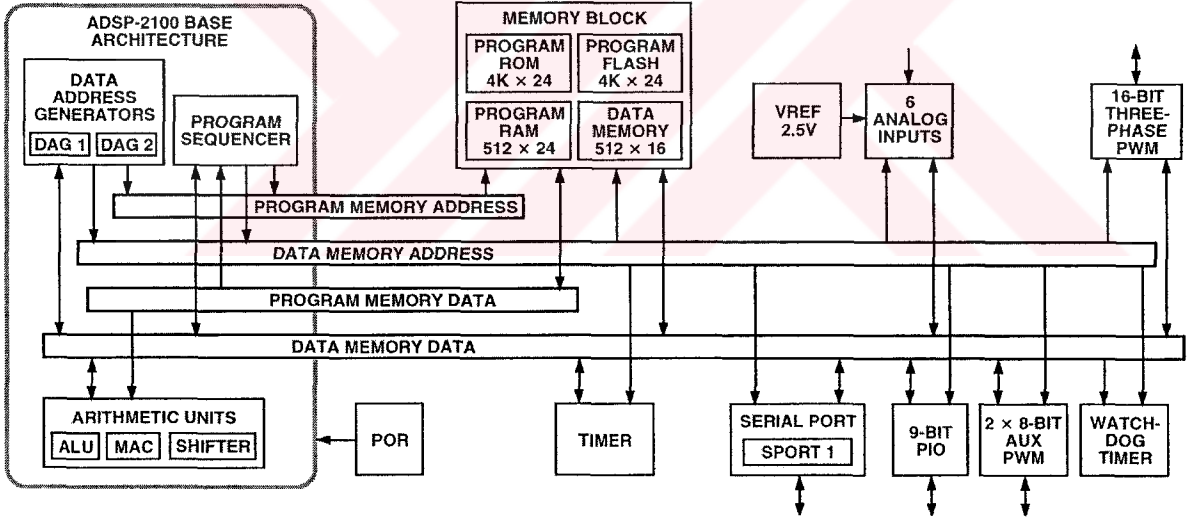
20 MIPS sabit noktalı DSP çekirdeği,

- Tek çevrimde komut işleme (50 ns.)
- ADSP21xx Ailesi kodları ile uyumlu,
- Bağımsız hesaplama üniteleri,
 - ALU
 - Çarpıcı/Akümülatör (MAC)
 - Barrel Kaydırıcı
- Çok fonksiyonlu komutlar,
- Tek çevrim içerik anahtarlama,
- Güçlü program sıralayıcı,
 - Zero Overhead Çevrim
 - Koşullu komut işleme
- İki Bağımsız veri adres üretici
- Bellek konfigürasyonu
- 512 x 24-bit program belleği RAM
- 512 x 16-bit veri belleği RAM

- 4K x 24-bit program belleği ROM
- 4K x 24-bit program flaş belleği
 - Üç bağımsız programlanabilir bölgeler
 - Güvenlik kilit biti
 - 10K silme/program çevrimleri
- Üç faz 16-bit PWM üreteci
 - 16-bit merkez tabanlı PWM üreteci
 - Programlanabilir ölü zaman ve dar darbe silme
 - Kenar çözünürlüğü 50 ns.
 - 150 Hz minimum anahtarlama frekansı.
 - Programlanabilir PWM darbe genişliği
 - Fırçasız DC motorlar için özel geçiş fonksiyonu,
 - Her PWM çıkışı için ayrı izin ve yasaklama
 - Transformatör bağı kapı sürücüler için yüksek frekans kısıyıcı
 - Harici PWMTRIP ucu
- Birleştirilmiş ADC alt sistemi
 - Altı analog giriş
 - PWM anahtarlama frekansı ile eşzamanlı veri alma,
 - Dahili gerilim referansı
- 9 uç G/Ç portu
 - Giriş ve çıkış olarak bit yapılandırılabilir.
 - Kesme destek durumunu deđiştirebilme
- İki 8-bit yardımcı PWM zamanlayıcı
 - Analog çıkışları sentez edebilme

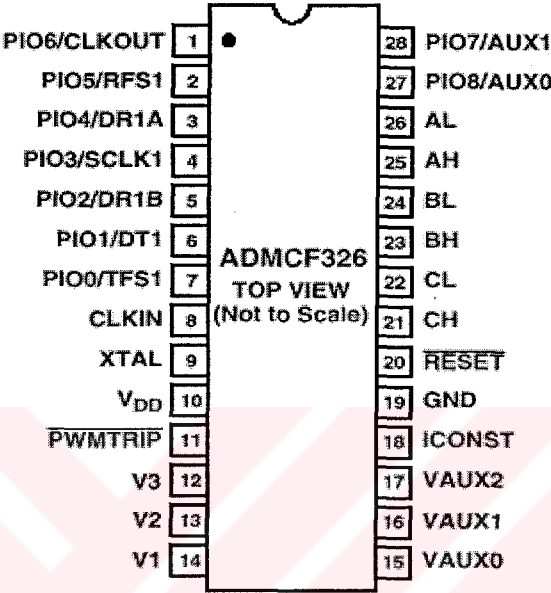
- Programlanabilir frekans
- %0 ile %100 Darbe Boşluk oranı
- İki programlanabilir işlem durumu
- Bağımsız durum / Ofset durumu
- 16 bit hata (hata) zamanlayıcı
- Programlanabilir 16-bit ön ölçeklemeli zamanlayıcı
- Çift tamponlu senkron seri port
- UART için donanım desteği
- Birleştirilmiş güç açma sıfırlaması (Power-On sıfırlama) fonksiyonu
- 28 Bacak SOIC paket

FONKSİYONEL BLOK DİYAGRAM



Şekil 3.5 ADMCF326 Fonksiyonel Blok Diyagramı

Uç Konfigürasyonu



Şekil 3.6 Uç Konfigürasyonu. (Analog Devices,2001b)

Çizelge 3.1 ADMCF326 Uç Tanımları

UÇ NO	PİN ADI	FONKSİYON	UÇ TİPİ
1	PIO6/CLKOUT	SAYISAL G/Ç PORT UÇLERİ	G/Ç
2	PIO5/RFS1	SAYISAL G/Ç PORT UÇLERİ	G/Ç
3	PIO4/DR1A	SAYISAL G/Ç PORT UÇLERİ	G/Ç
4	PIO3/SCLK1	SAYISAL G/Ç PORT UÇLERİ	G/Ç
5	PIO2/DR1B	SAYISAL G/Ç PORT UÇLERİ	G/Ç
6	PIO1/DT1	SAYISAL G/Ç PORT UÇLERİ	G/Ç
7	PIO0/TFS1	SAYISAL G/Ç PORT UÇLERİ	G/Ç
8	CLKIN	HARİCİ SAAT	I
9	XTAL	KRİSTAL	O
10	V _{DD}	BESLEME	BESLEME
11	PWMTRIP	PWM DÜŞME SİNYALİ	I
12	V3	ANALOG INPUT	I
13	V2	ANALOG INPUT	I
14	V1	ANALOG INPUT	I
15	VAUX0	YARDIMCI ANALOG INPUT	I
16	VAUX1	YARDIMCI ANALOG INPUT	I
17	VAUX2	YARDIMCI ANALOG INPUT	I
18	ICONST	ADC SABİT AKIM KAYNAĞI	O
19	GND	TOPRAK	TOPRAK
20	RESET	İŞLEMCİ SIFIRLAMA GİRİŞİ	I
21	CH	PWM ÇIKIŞLARI	O
22	CL	PWM ÇIKIŞLARI	O
23	BH	PWM ÇIKIŞLARI	O
24	BL	PWM ÇIKIŞLARI	O
25	AH	PWM ÇIKIŞLARI	O
26	AL	PWM ÇIKIŞLARI	O
27	PIO8/AUX0	SAYISAL G/Ç PORT UÇLERİ	G/Ç
28	PIO7/AUX1	SAYISAL G/Ç PORT UÇLERİ	G/Ç

PIO çoklu uçların fonksiyonları PIOSELECT ve PIODATA1 kayıtçıları ile seçilebilir.

Genel Tanım

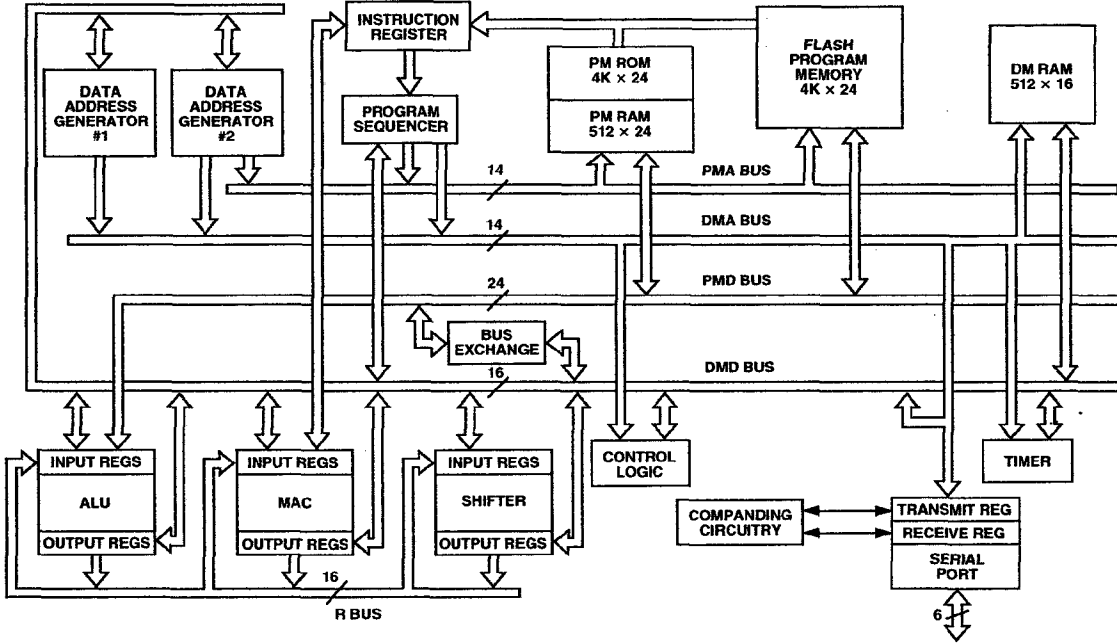
ADMCF326 düşük fiyatlı, tek yonga DSP tabanlı kalıcı mıknatıs senkron motorlar , AC indüksiyon motorları, ve fırçasız DC motorlar için uygun kontrolördür. ADMCF326 20 MIPS, sabit noktalı çekirdeğe sahip, motor kontrolünü hızlı ve verimli şekilde yapmaya izin veren motor kontrol ve sistem çevre birimlerine sahiptir.

ADMCF326 ADSP-2171 DSP çekirdeğine sahip olup, ADSP-21XX DSP ailesi kodları ile tam uyum içindedir. Üç hesaplama ünitesi, data adres üretici ve program sıralayıcısından oluşur. Hesaplama ünitesi ALU, bir çarpıcı ve akümülatör(MAC) ve barrel kaydırıcısından meydana gelir. ADSP-2171'e bit düzenleme, çarpma (kare alma), yuvarlama ve global kesme maskeleme komutları eklenmiştir.

ADMCF326 512x24 bit program hafızası (RAM), 4Kx24 bit program hafızası (ROM), 4Kx24 bit program flaş hafızası ve 512x16 bit veri hafızaya sahiptir. Kullanıcı kodu flaş hafızada saklanır ve çalıştırılabilir. Program ve veri hafızası (RAM); dinamik veri saklama, harici cihazlar ve diğer ADMCXX'lerden seri porttan bilgi yükleme için kullanılır. Program hafızası (ROM) kullanılan rutinlerin silinmesi, programlama ve kontrol etme için gösterim fonksiyonlarını içerir.

ADMCF326 motor kontrol çevre birimi olarak; 12 bit analog veri altı analog kanala sahip veri elde etme sistemi, harici gerilim referansı sağlar. Bunlara ilave olarak üç faz, 16 bit merkez tabanlı PWM üretici ile yüksek doğrulukta PWM işareti üretebilir. ADMC328 iki adet yardımcı PWM işareti ve dokuz hat sayısal G/Ç' da içerir.

ADMCF326 uç sayısı sınırlı olmasının nedeni, yardımcı PWM ve seri port haberleşmesi, dokuz sayısal G/Ç (PIO) uçları gibi fonksiyonların olmasıdır. Bu uç fonksiyonları farklı uygulamalar için maksimum esnekliktedir.



Şekil 3.7 ADMCF326 Yol Yapısı

DSP Çekirdeği Mimarisine Kısaca Bakış

Şekil 3.3 sabit noktalı ADSP-2171 tabanlı ADMCF326 DSP çekirdeğine ait tüm detayları içeren blok diyagramıdır. Esnek mimarisi ve anlaşılır komut seti ile ADSP-2171 işlemcisi bir çok işlemi paralel olarak gerçekleştirebilir. Bir işlemci çevriminde (10 Mhz CLKIN ile 50 ns 'de) DSP çekirdeği ;

- Bir sonraki program adresini,
- Bir sonraki komutu yakalama,
- Bir veya iki verinin taşınması,
- Bir veya iki adres işaretçisinin güncellenmesi,
- Hesapsal işlemlerin gerçekleştirilmesi,

Bütün bu işlemler aşağıdaki işlemler devam ederken yapılabilir;

- Seri porttan veri alışverişi,
- İç zamanlayıcının azaltılması,
- Güç dönüştürücü için PWM sinyalin üretilmesi,
- 8 bit yardımcı PWM zamanlayıcısında kullanılan iki işaretin üretilmesi,
- Dört analog kanaldan işaretin alınması,
- Hata zamanlayıcısının azaltılması,

İşlemci birbirinden bağımsız üç hesap ünitesi içerir: aritmetik mantık birim (ALU), çarpıcı/akümülatör (MAC), ve kaydırıcı. Hesapsal birimler doğrudan 16 bit veriyi işler. ALU standart aritmetik ve mantık işlemler gerçekleştirilir. MAC tek çevrimde çarpma, çarpma/toplama ve çarpma/çıkarma işlemlerini 40 bitlik akümülatör ile gerçekleştirir.

Kaydırıcı mantık ve aritmetik kaydırma, normalizasyon, denormalizasyon ve üstel işlemleri yapar. Kaydırıcı kayan noktalı gösterimde dahil olmak üzere nümerik format kontrolü için kolaylık sağlamaktadır.

Dahili sonuç (R) yolu doğrudan hesaplama ünitesine bağlıdır. Dolayısıyla herhangi bir birimin çıkışı diğer çevrimde giriş olabilir.

Güçlü program sıralayıcısı ve iki data adres üretici hesaplama üniteleri için verimli işlemlerin yapılmasını sağlar. Sıralayıcı koşullu dallanmaları ve altprogram çağırma ve tekrar geri dönmeyi tek çevrimde sağlar. Dahili çevrim sayıcı ve çevrim yapımı ile ADMCF326 çevrim kodlarını işler.

İki veri adres üretici (DAG) eşzamanlı data ve program belleğinden çift komut yakalayacak adresleri oluşturur. Her DAG dört adres işaretçisini (I işaretçisi) korur ve güncelleştirir. Her biri data erişimini (doğrudan adresleme), her dört değişim (M kayıtçısı) kayıtçısına değişen değer saklanır. Her işaretçinin uzunluğuna ait değerler (L kayıtçısı), dairesel otomatik adresleme modülü ile tutulur. Dairesel bellek özelliği seri porttan data transferinde de ve yonga üzerindeki bellekten veri okumakta da kullanılır. DAG1 sadece veri belleği adresi üretir ve bit tersine çevirme kapasitesini sağlar. DAG2 diğer program ve veri adreslerini üretir ama bit tersine çevirme özelliği yoktur.

Verimli veri iletimine beş dahili yol kullanılarak ulaşılır;

- Program belleği adres (PMA) yolu
- Program belleği veri (PMD) yolu
- Veri belleği adres (DMA) yolu
- Veri belleği veri (DMD) yolu
- Sonuç (R) yolu

ADMCF326 DSP çekirdeği ve çevre birimlerden gelen farklı kesmelere cevap verebilir. DSP kesmeleri ;

- Seri port alma kesmesi
- Seri port gönderme kesmesi
- Zamanlayıcı kesmesi
- İki yazılım kesmesi
- Motor kontrol çevre biriminden gelen PWM kesmesi
- PIO kesmesi

Seri portlar tam eşzamanlı seri arabirim ile seçimli donanımlar ve geniş türde çerçeveli ve çerçevesiz veri iletimine ve alımına imkan sağlamaktadır. SPORT1 dahili programlanabilir saat üretebilir veya harici seri saati kabul edebilir.

Programlanabilir dahili sayıcı da periyodik kesmelerin üretilmesini sağlar. 16-bitlik sayıcı kayıtcısı (TCOUNT) her n işlemci çevriminde azalır. N-1 değeri TSCALE kayıtcısında saklanır. Sayıcı sıfıra ulaştığında kesme üretilir ve sayıcı kayıtcısı 16-bitlik periyot kayıtcısındaki (TPERIOD) değeriyle tekrar yüklenir. (Analog Devices,2001c)



4. MOTOR SÜRÜCÜLERİ

4.1 DC Motor Sürücülerİ

Bir DC motorunda manyetik alan, akım tarafında statorda dönen alanla oluşturulur. Alan, her zaman dönen armatürün yarattığı alanla doğru orantılıdır. Alan yönlendirmesi denilen bu durum maksimum momentin oluşturulması için gereklidir. Değiştirici - fırça ilişkisi bu durumu rotorun durumlarından bağımsız kabul eder.

Alan yönlenmesi sağlandıktan sonra, DC motorun momentİ, armatür akımı değiştirilerek ve manyetik alanı oluşturan akım sabit tutularak kolayca kontrol edilir.

DC sürücülerin avantajı; kullanıcıyı en çok ilgilendiren iki faktörün, hız ve momentin doğrudan armatür akımıyla kontrol edilmesidir.

Bir DC makinenin sağlayacağı moment şu özellikleri taşır;

- Doğrudan; motor momentİ armatür akımıyla doğru orantılıdır. Böylece moment doğrudan ve etkili olarak kontrol edilebilir.
- Hızlı; moment kontrolü hızlıdır. Sürücü sisteminin dinamik hız tepkimesi çok yüksek olabilir. Motor uygun akım kaynağıyla beslendiğinde moment hızlı bir biçimde değiştirilebilir. Rotorun elektrik zaman sabitiyle bağlantılı olduğu için, bir gerilim beslemeli sürücü de, hızlı tepkime sağlayabilir.
- Temel; alan yönlendirmesi değiştirici-fırça ilişkisi diye açıklanabilecek basit bir düzencele sağlanır. Bu nedenle motoru kontrol etmek için pahalı ve karmaşık elektronik devrelere gerek yoktur.

DC sürücülerin dezavantajı;

En büyük olumsuzluk DC motorun azalan güvenilirliğidir. Fırça ve değiştiriciler zamanla aşınır ve düzenli bakım gerektirir. DC motorlar biraz pahalıya mal olurlar ve hız ve konumu gözden geçirmek için kodlayıcılara gerek duyarlar.

Bir DC sürücüsü sıfır ile temel hız ve sonrası moment kontrolünü kolayca sağlarken, motorun mekanik aksamı karmaşıklaşır ve sürekli bakım gerektirir.

4.2 AC Motor Sürücüler

Motor sürücüler adı verilen güç elektroniği cihazları AC motorları kaynak frekansından farklı frekanslarda çalıştırmak için kullanılır. Bunlar iki ana bölümden oluşur, çalışma frekansını belirleyen kontrolör ve DC bara geriliminden gerekli sinüsoidal üç fazlı sistemi üreten üç fazlı inverterdir.

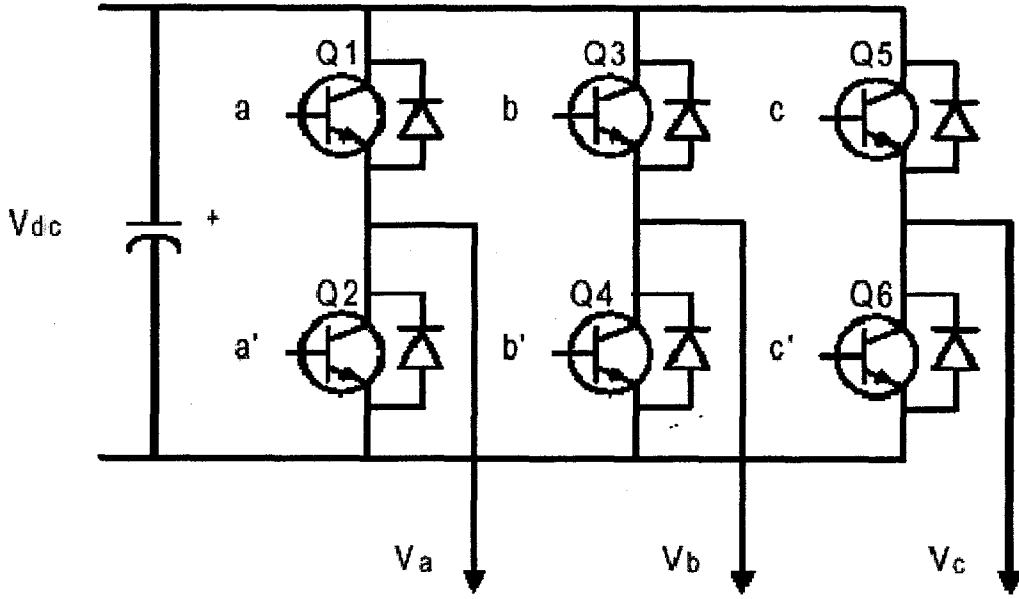
AC değişken hız sürücüsü teknolojisinin gelişimini, seri moment tepkisi, hız verimliliği vb. DC sürücüsü performanslarından yararlanırken, küçük boyut, sağlamlık, tasarımı basit, hafif ve düzgün, bakımı ucuz, fiyatı düşük gibi standart AC motor avantajlarından yararlanılmaktadır.

Üç Fazlı Gerilim Kaynağı İnverter

En yaygın üç faz inverter topolojisi anahtarlama tipi gerilim kaynağı inverteridir. Darbe genişlik modülasyonu (PWM) dalga şekli ile anahtarlanan her üç dönüştürücü mosfetleri kullanılarak DC gerilim kaynağından AC gerilim üretilir. Cihaz içindeki güç akışı ters yönde de olmasına rağmen buna inverter denilmektedir , çünkü baskın güç akışı DC baradan üç fazlı AC motor yüküne doğrudur. Motor sürücülerinde iki yönlü güç akışı rejeneratif frenlemeye imkan verdiği için önemlidir. Şöyle ki motor yavaşladığında motorun ve yükün kinetik enerjileri yeniden kazanılır. AC direnç bağlantılı motor sürücüsünde motor çalışmada bir doğrultucu, frenleme sırasında bir inverter gibi davranan sürücü ve kullanılan direnç arasında ikinci bir dönüştürücü gereklidir. Ek bir avantajı yüke doğru veya ters yönde akan güç faktörü bir olan sinüsoidal akımdır. Elektrikli araç uygulamasında DC bara için gerekli enerji ya doğrudan bataryalardan ya da ana enerji kaynağından sağlanır.

Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM)

Bir inverter için temel bir MOSFET devresi basit görünse de, güç elektroniği mühendisleri için bu araçları doğru anahtarlama iddialı bir konudur. Darbe Genişlik Modülasyonu adı verilen bu en yaygın kullanılan anahtarlama tekniğinde, istenen çıkış dalga biçimini üretmek için altı Mosfet kapısına farklı zamanlarda ve değişken sürelerle gerilim uygulanır. Şekil 4.1'de Q1'den Q6'ya kadar Mosfetler ve bunların kontrol işaretleri a, a', b, b', c, c' ile gösterilmiştir. Pratikte ise direnci paralellenerek anahtarlama kayıplarını azaltmak için her bir anahtarlama bacağı ikiden fazla Mosfet içerebilir.



Motor Fazları

Şekil 4.1 Temel üç fazlı gerilim kaynağı inverteri.

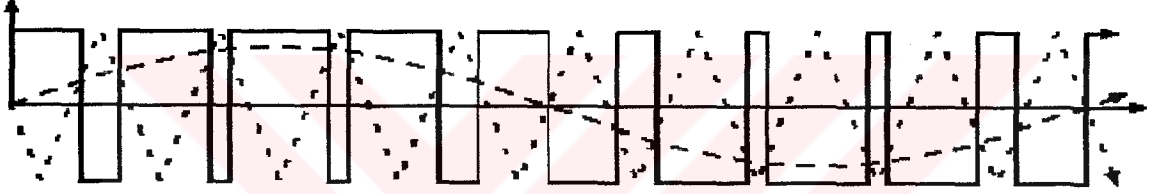
Aşağıdaki denklemlerde kontrol sinyalleri Mosfet açıkken 1 kapalı iken 0 değerini alan mantıksal değerlerle belirtilmiştir. AC indüksiyon motorlarında üstteki Mosfetler açıkken yani a,b,c 1'iken, aşağıdaki Mosfetler kapalıdır; yani a',b',c' = 0. Üstteki ve alttaki Mosfet'leri sürmek için ters sinyaller kullanmak dikey iletimi engelleyerek kontrol sinyallerinin girişimini önlemektedir. a,b,c kontrol işaretlerinin değerlerinden motor sargısına bağlı gerilimler aşağıdaki matris gösterimiyle hesaplanabilir:

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \frac{1}{3} V_{dc} \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

Üç Fazlı Inverterlerin Üçgen Sinüs Darbe Genişlik Modülasyonu

Yaygın kullanılan bir PWM tekniğine taşıyıcı tabanlı modülasyon denir. Bu teknikte değişken frekans ve genişlikte pozitif ve negatif darbeler üreten 10-20 kHz aralığında frekansa sahip bir taşıyıcı kullanılır. Darbe genişlikleri ve aralıkları bunların ağırlıklı ortalaması bir sinüs dalgası oluşturacak şekilde ayarlanır. Yarım çevrimdeki darbe sayısını arttırmak çıkıştaki sinüs dalgasının frekansını azaltırken darbe genişliğini arttırmak ise sinüs dalgasının genliğini arttırır.

Üçgen-Sinüs Darbe Genişlik Modülasyonunda f_s frekansındaki bir üçgen taşıyıcı dalgası, inverter anahtarlama frekansını oluşturur. 3 fazlı sistemde, üç sinüzoidal gerilim ile bu taşıyıcı dalgası karşılaştırılır. Karşılaştırıcıların çıkışı, belirli Mosfet inverterlerin açılıp kapanmasında kullanılan anahtarlama işaretini üretmektedir. Bu üç kontrol geriliminin frekansı, yaygın olarak modülasyon frekansı f_1 olarak adlandırılan çıkışta istenen sinüs dalgasıyla aynıdır. Modülasyon oranı $m_f = f_1/f_s$ 'e eşittir. m_f 'in değeri tek tamsayı olmalıdır ve dönüştürücü kayıplarından sorumlu olan en baskın harmonikler ortadan kaldırmak için 3'ün katları olarak seçilmesi tercih edilir. Üçgen sinüs metodunun bir kısıtlaması, sınırlı modülasyon tekniğine imkan verdiği için DC barayı tümüyle kullanmamasıdır. Modülasyon indeksi, sadece 3'ün katları şeklinde harmonikler içeren bozulmuş dalga formları kullanılarak artırılabilir. Bunlar, harmoniklerin birbirini götürerek demir kayıpların olmadığı sıfır geçişli (zero sequence) sistemleri oluşturur.



Şekil 4.2 Tek Fazlı Üçgen Sinüs Modülasyonu.

Uzay Vektör PWM

Güç elektroniği araçlarının artışı daha verimli PWM stratejilerine olan talebi de beraberinde getirmiştir. Faz akımlarındaki harmonik bozulmalar gibi problemler indüksiyon motordaki bakır kayıplarından kaynaklanır. Her ne kadar taşıyıcı dalganın frekansı artırılarak akım dalga formu iyileştirilebilirse de bu yaklaşım bakır kayıplarını azaltırken daha büyük anahtarlama kayıplarına sebep olmaktadır. Mevcut anahtarlama stratejilerindeki kısıtlamaları yenmek için Uzay Vektör Darbe Genişlik Modülasyonu (SVPWM) adı verilen yeni bir teknik endüstride yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

SVPWM, motor sürücüsünün inverter katı için gerekli olan 6 darbe genişlik modülasyonu sinyalini üretmenin çok verimli bir metodudur. Geleneksel anahtarlama teknikleri her bir fazı ayrı üretilmiş ve 120 derece kaydırılmış bir sinüs olarak algılar. Bu nedenle, anahtarlama sonucu yarım köprüde meydana gelen bir gerilim değişimi diğer iki faz gerilimlerini aynı biçimde etkilemektedir. SVPWM ise, anahtarlama sistematığını bir bütün olarak değerlendirir ve sonuçta hem DC barayı daha iyi kullanır hem de üçgen sinüs metodundan çok daha az

harmonik bozulmaya sebep olur.

Uzay Vektörlerinin Gözden Geçirilmesi

3 fazlı büyüklükleri Uzay vektörleriyle göstermek güç elektroniği uygulamaları için özellikle faydalıdır. Özünde bu metot 3 fazlı bir sistemi bir birim vektörle tanımlamaktadır:

$$\mathbf{u}_s = (1 + a + a^2) \quad a = e^{\frac{j^2\pi}{3}} \quad (4.2)$$

Bu birim vektörü kullanarak, V_a, V_b, V_c faz gerilimleri durum vektör gösterimiyle şu şekilde ifade edilebilir:

$$\mathbf{v} = \frac{2}{3} (v_a + a v_b + a^2 v_c) \quad (4.3)$$

Sistemin güçten bağımsız (power invariant) kalabilmesi için 2/3 katsayısı gereklidir.

Uzay Vektör Anahtarlama Tablosu

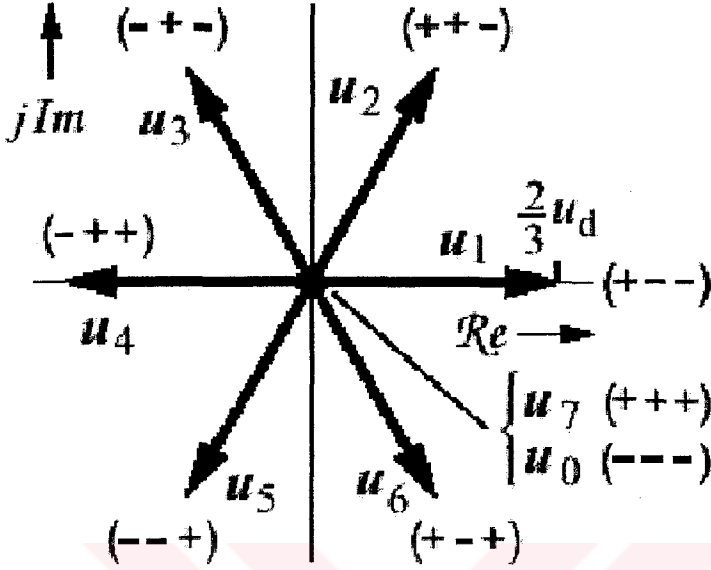
Inverter anahtarlama bacaklarındaki üst Mosfetler için 8 değişik anahtarlama kombinasyon şekli vardır. Bu kombinasyonların ürettiği faz ve hattan hata gerilimleri (4.3) numaralı denklemden hesap edilebilir ve V_{dc} geriliminin oranları olarak ifade edilebilir. Bu sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Uzay Vektör Anahtarlama Tablosu

a	b	c	V_a	V_b	V_c	V_{ab}	V_{bc}	V_{ca}
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	2/3	-1/3	-1/3	1	0	-1
1	1	0	1/3	1/3	-2/3	0	1	-1
0	1	0	-1/3	2/3	-1/3	-1	1	0
0	1	1	-2/3	1/3	1/3	-1	0	1
0	0	1	-1/3	-1/3	2/3	0	-1	1
1	0	1	1/3	-2/3	1/3	1	-1	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0

Her bir anahtarlama kombinasyonu için faz gerilimleri ve eşitlik (4.3) kullanılarak gerilim

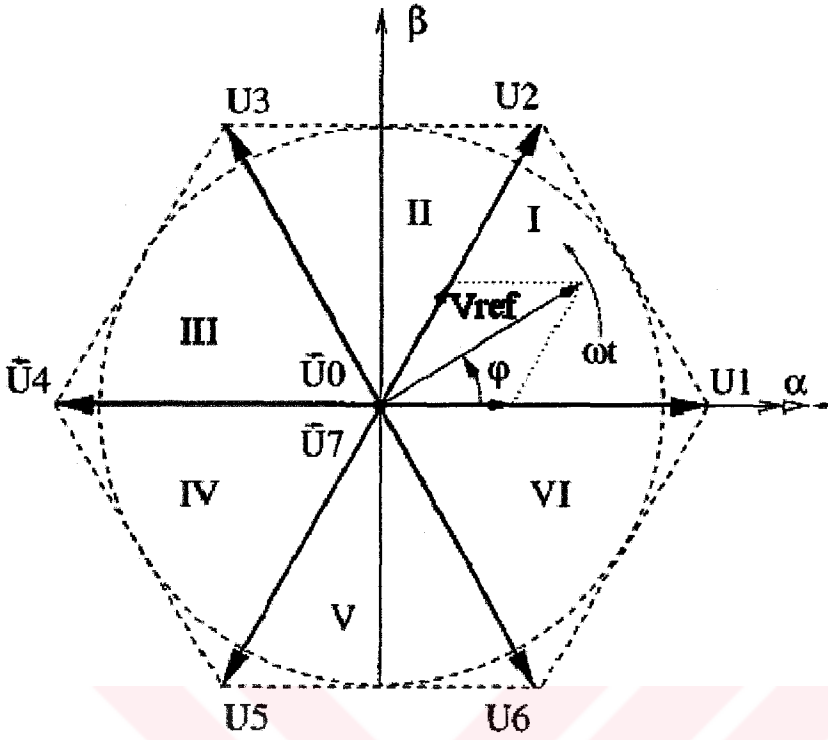
uzay vektörü oluşturulabilir. Bu uzay vektörleri gerçek ve sanal eksenler üzerinde çizildiğinde çizelge 4.1'deki anahtarlama diyagramı elde edilir. Anahtarlama uzay vektörleri, eksenleri altı eş büyüklükteki bölgeye ayırır.



Şekil 4.3 Anahtarlama için Kullanılan Uzay Vektör Gerilimleri

Referans Gerilimi Üretmek

SVPWM'in amacı, 8 anahtarlama vektörünün kombinasyonunu kullanarak şekil 4.4'te tanımlanan çemberin içinde kalmak üzere bir referans uzay vektörü V_{ref} oluşturmaktır. Bunu yapmanın bir yolu T_{pwm} zamanı boyunca inverterin ortalama gerilimini referans uzay vektörünün ortalama gerilimine eşit tutmaktır. Bu, referans vektörün o an içinde bulunduğu sektörün sınırlarını çizen komşu iki anahtarlama vektörünün zamanda modülasyonu ile yapılabilir. Komşu iki anahtarlama vektörünün ikilik sistemde gösterimi sadece bir basamak fark ettiği için üstteki transistörlerden sadece birinin değişmesi gerekir. Bu inverterin performansını artırır ve algoritmanın sayısal olarak gerçekleştirilmesini oldukça kolaylaştırır.



Şekil 4.4 Anahtarlama Şeklinde Vref Haritası.

Eğer anahtarlama frekansının yüksek ve bu periyotta Vref frekansındaki değişimin küçük olduğunu varsayarsak, modülasyon biçimi aşağıdaki denklemle verilebilir.

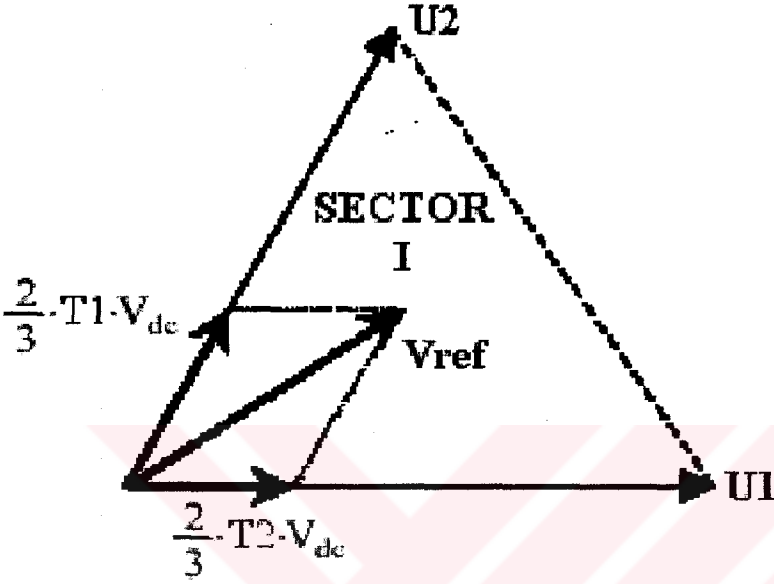
$$T_{\text{pwm}} V_{\text{ref}} = \frac{2}{3} (T_1 V_{\text{switch } x} + T_2 V_{\text{switch } x+1} + T_3 V_{\text{Null}}) \quad (4.4)$$

Burada $V_{\text{switch } x}$ ve $V_{\text{switch } x+1}$ x sektörü için komşu anahtarlama vektörlerini temsil etmektedir. V_{null} sıfır anahtarlama vektörünü T_1, T_2 ve T_3 ise her bir anahtarlama vektörüne ait süreyi göstermektedir. T_1 ve T_2 'nin toplamı V_{ref} 'den küçük veya eşittir; böylece sıfır vektörü V_{null} anahtarlama periyodunun geri kalan kısmında aşağıdaki eşitliği sağlamak için T_3 süresince aktif edilir .

(4.5)

$$T_{pwm} = T1 + T2 + T3$$

Referans vektörün uzunluğu çıkış geriliminin büyüklüğünü belirlerken, vektörün çemberin çevresindeki dönüş hızı 3 fazlı sistemin frekansını belirler. Bir motor uygulamasında rotorun yönü referans vektörün saat yönünde mi yoksa tersi yönde mi döndüğüne bağlıdır.

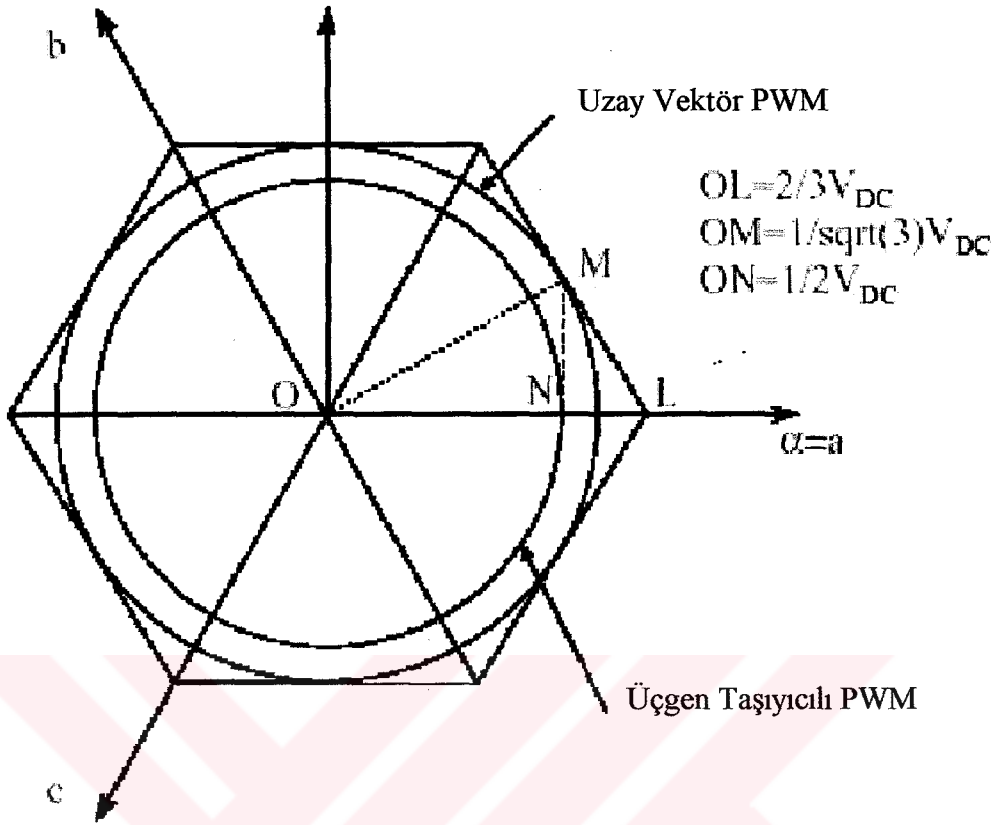


Şekil 4.5 1. bölge Vref üretilmesi.

SVPWM'in Sinüzoidal PWM İle Karşılaştırılması

Üçgen taşıyıcılı PWM için maksimum referans geriliminin $V_{dc}/2$ olduğu gösterilebilir. 4.1 numaralı denklem kullanılarak her bir anahtarlama uzay vektörünün uzunluğunun $2/3 V_{dc}$ olduğu gösterilebilir. Uzay vektörlerinin uçlarını birleştirerek maksimum çıkış geriliminin üzerinde bulunduğu bir altıgen oluşturur. SVPWM için maksimum referans gerilimi, altıgen içinde basit trigonometri ile $\frac{1}{\sqrt{3}} V_{dc}$ olduğu gösterilebilen çembersel bir yörüngeyi döner.

Bu şu anlama gelir ki; verilen DC bus gerilimi için SVPWM üçgen taşıyıcılı PWM'in ürettiği referans geriliminin $2 * \frac{1}{\sqrt{3}}$ katını üretebilir.



Şekil 4.6 Farklı PWM Tekniklerinin Karşılaştırılması.

PWM İle Frekans Kontrollü AC Sürücüler (V/F Kontrol)

Statorda indüklenen gerilimin statora uygulanan gerilimin frekansına oranı sabit kalacak şekilde, frekans ve gerilim birlikte değiştirilir. Stator uç gerilimi, stator sargı direnci ve kaçak reaktansı üzerine düşen gerilim ihmal edilirse statorda indüklenen gerilime eşittir. Böylece statordan rotora geçen hava aralığı akısı sabit tutulur. Akının sabit kalması ile rotorda indüklenen momentin stator gerilim frekansının altındaki değerleri için devrilme noktası momentinin sabit kalması sağlanır. Bunun fiziksel anlamı şudur; anma değer altındaki farklı stator gerilimi frekansları ve mil hızları için yüke aktarılan moment değeri aynı kalır. Ancak anma geriliminin çok altına inildiği çok düşük hızlarda I_s sabit olduğundan R_s üzerine düşen gerilim artık ihmal edilemez. Bu da indüklenen gerilimin çok küçülmesine ve hava aralığı akısının azalmasına neden olur. Bu nedenle belirli bir hızın altında V/F kontrolü istenilen sürüş değerlerini sağlayamaz.

Aşağıda verilen şekilde kullanıcı hız kontrolün içerisindeki parametreleri kullanarak istediği

bir V/F karakteristiği oluşturabilir. Burada ; F_{min} : minimum çıkış frekansı, V_{min} : minimum çıkış frekansındaki çıkış gerilimi, F_B : orta frekans, V_C : orta frekansta çıkış gerilimi, F_A : maksimum gerilim frekansı, V_{max} : maksimum çıkış gerilimi, F_{max} : maksimum çıkış frekansıdır.

Yüksek kalkış torku gerektiren dikey yükler için düşük frekanslarda yüksek gerilimler girilmeli, yük faktörü hızın karesi veya küpüyle değişen pompa ve fan gibi uygulamalarda düşük frekanslarda düşük gerilimler girilebilir.

V/F kontrol şeklinde çalışan sürücülerle birden fazla motor bağlanabilmesi ve özel motorları da (yüksek hızlı gibi) sürebilmesi bu kontrolü diğerlerinden ayırır. Halen birçok uygulamada başarıyla uygulanmasına karşılık, sıfır hızda maksimum tork, daha iyi dinamik performans ve yüksek hız kararlılığı gerektiren uygulamalarda yerini vektör kontrollü sürücü sistemlerine bırakmıştır.

DC sürücüsünün aksine, AC sürücüsü frekans kontrol tekniği gerilim ve frekans gibi motor dışında oluşturulan etkili değişkenler kullanılır.

Gerilim ve frekans referansı, AC sinüs eğrisini canlandıran ve bunu motorun stator sargılarına aktaran bir modülatöre giderler. Bu tekniğe Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM) denir. Bu şebeke hattında bir diyot kontrolü olduğu gerçeğinden yola çıkar ve aradaki DC gerilimi sabit tutar. Ters çevirici, motoru gerilim ve frekansı vererek PWM darbe ile kontrol eder.

Özetle, bu sistem motor şaftında hız ve konum ölçümü yapıp bu verileri kontrol döngüsüne iletecek bir sağlama düzeneğine sahip değildir. Bu tip sistemlere açık çevrimli sürücü denir.

Avantajları;

Sağlama düzeneği olmadığı için kontrol sistemi düşük maliyetlidir. AC indüksiyon motorunun kontrolü için basit bir çözüm sağlar.

Bu tip sürücü, pompalar ve fanlar gibi tam kesinlik ve doğruluk gerektirmeyen uygulamalarda kullanılabilir.

Dezavantajları ;

Skaler kontrol de denilen bu teknikte motorun alan yönlendirilmesinden yararlanılmaz. Bunun yerine gerilim ve frekans etken değişkenlerdir ve stator makrolarını etkiler. Motorun durumunu dikkate almaz. Bu demektir ki hız ve durumla ilgili işaret alınmaz. Bu nedenle, moment hiçbir etkinlik derecesinde kontrol edilemez. Dahası, bu teknikte, gelen gerilim ve

frekans işaretleri ile motorun değişken işaretlere tepkisi için gereken bağlantıyı yavaşlatan bir modülatör kullanılır.

PWM İle Akı Vektör Kontrollü AC Sürücüler

Düşük hızlarda ve sıfır hızda V/F kontrolde oluşan problemler bu yöntem ile giderilmektedir. Vektör kontrol yönteminin uygulanması ile asenkron motorlar yüksek performanslı dört bölgede çalışan DC motorlar ile yarışabilir hale gelmiştir.

Asenkron makinelerin vektör kontrolü üzerinde yapılan çalışmalar makine modelindeki moment ifadesi üzerinde yoğunlaşmıştır ve moment ifadesinin serbest uyarmalı DC motor moment ifadesine getirilmeye çalışılmıştır. Çünkü uyarmalı DC makinelerde moment, uyarma akısı sabit tutularak endüvi akımı ile lineer değişmektedir. Yani momenti oluşturan iki büyüklük birbirini etkilememektedir. Oysa asenkron makinede böyle bir etkileşim söz konusudur. Moment ve akı arasında bir bağlantı vardır. Vektör kontrol bu etkileşimi ortadan kaldırmak için geliştirilmiştir.

Vektör kontrolünün yapılabilmesi için (stator, rotor ve mıknatıslanma alan yönlendirmeli kontrol) için sırasıyla stator akısı, rotor akısı veya mıknatıslanma açısı uzay fazörlerinin modülüne ve uzay açısına ihtiyaç vardır. Ayrıca enine ve boyuna eksenin stator akımları kullanan eksen takımına göre hesaplanır. Hesaplanan bu stator akımları serbest uyarmalı doğru akım makinesinin alan ve armatür akımlarına benzer hale gelir.

Asenkron makinelerde yukarıda anlatılan stator alanı veya mıknatıslanma alan yönlendirmeli kontroller de mümkün olduğu halde, genellikle rotor alan yönlendirmeli kontrol kullanılır. Rotor alan yönlendirmeli kontrolde rotor akısı uzay fazörünün modülünü ve uzay açısını elde etmek için iki ana yöntem kullanılır. Doğrudan alan yönlendirmeli kontrol (akı geri beslemeli kontrol), ve dolaylı (akı ileri beslemeli) kontrol.

Doğrudan alan yönlendirmeli kontrolde akının genlik ve fazına ait büyüklükler HALL algılayıcıları yada akı algılayıcı bobinler kullanılarak doğrudan ölçülür veya akı modeli adıyla anılan model yardımı ile hesaplanır. Dolaylı alan yönlendirmeli kontrol de ise akının genlik ve faz bilgileri stator akımları ve rotor hızının izlenmesi yardımıyla elde edilir. Bütün kontrol yöntemleri arasında dolaylı vektör kontrol veya literatürde dolaylı rotor akısı yönlendirmeli kontrol olarak anılan kontrol uygulanabilmesi açısından en basit ve en kolay olanıdır.

Vektör kontrolde sürücü modül akıyı ve torku üreten akımı ayrı ayrı kontrol ederek, motor torkunu oluşturan akımın kullanımını en uygun hale getirir.

Toplam akım (I_s), akı üreten akım vektörü (I_d) ve tork üreten akım vektörü (I_g) olarak ayrılır.

Bir DC motorunun, alan yönlenmesini sağlayacak manyetik çalışma koşullarının oluşturulması için akı vektör sürücüsü, indüksiyon motorundaki rotor akısının birikmiş açısıl durumunu bilmesi gerekir.

Akı vektörü PWM sürücüleri ile alan yönlenmesi, DC motorlardaki gibi değiştirici-fırça ilişkisiyle değil elektronik işlemlerle sağlanır.

İlk olarak statora alana yakın rotor hız ve açısıl durumu, bir darbe kodlayıcısı tarafından rotorun durumu algılanır. Hız kodlayıcısı kullanan sürücülere kapalı çevrim sürücü denir .

Ayrıca motorun elektrik özellikleri, bu bilgileri kullanan bir mikroişlemci tarafından matematiksel modeli oluşturulur. Bir akı-vektör sürücüsünün elektronik denetçisi, gerilimi akım ve frekans gibi etkin değişkenlerden elektriksel değerler oluşturur ve bir modülatörden geçirip AC indüksiyon motoruna iletir. Böylece dolaylı moment kontrolü sağlanır.

Akı- vektör kontrolü, performansı bir DC sürücüsüne yaklaştıran sıfır hızda, tam moment sağlar.

Yüksek düzeyde moment tepkisi ve etkin hız için bir sağlama düzeneği gerektirir. Bu fiyat artışı getirir ve alışılmış basit AC indüksiyon motorlarını karmaşıktırır.

Bunun yanında gelen gerilim ve frekans işaretleri ile motorun bu değişken işaretlere tepkisi için gereken bağlantıyı yavaşlatan bir modülatör kullanılır.

Motor mekanik olarak basit olmasına karşılık elektriksel olarak karmaşıktır.

Kapalı Çevrim Vektör Kontrol

Bu sistemde hız ve pozisyon bilgisinin sürücüye sürekli iletilmesi için motor miline bir kodlayıcı bağlanır. Matematiksel ifadelerinde yardımıyla tork ve akım bileşenleri elde edilir.

Kapalı çevrim vektör kontrol ile sıfır hızda maksimum tork elde edildiği gibi ani yük değişimlerine karşı çok kısa bir cevap süresi vardır.

Fakat kurulumu diğer kontrol tekniklerine göre hem daha zor hem de daha maliyetlidir.

Açık Çevrim Vektör Kontrol

Bazı sistemlerde kodlayıcı ilavesi hem ekstra maliyet getirdiğinden hem motora bağlanması mümkün olmayan durumlarda algılayıcısız açık çevrim vektör kontrol geliştirilmiştir. Ancak

kapalı çevrim kadar hassas hız kontrolü yapılamamaktadır.

Açık çevrim vektör kontrolde 1 Hz'lik çok düşük hızlarda nominal çıkış torkunun %150'si uygulanmaktadır. Motor yükünde meydana gelecek ani değişimlere karşı da V/F kontrole göre daha hızlı karşılık vererek hızdaki dalgalanmaları önlemektedir.

Kapalı çevrim en iyi hız ve tork kontrolünü sağlar, ancak bir çok uygulamada açık çevrim kapalı çevrime göre daha ucuz çözüm olduğundan performansı da yeterli görüldüğü durumlarda tercih edilebilir.

Çizelge 4.2 Kontrol Yöntemleri Karşılaştırma Tablosu

	V/F kontrol	Vektör kontrol	DC kontrolü
Hız aralığı	1:10-1:40	1:50-1:1000	1:10-1:200
Hız kararlılığı	%2-3	%0.5-%0.01	%0.5-%0.01
Tork kontrolü	Mümkün değil	Mümkün	Mümkün
0 rpm'de tork	Mümkün değil	Mümkün. İnverter akımı ile sınırlı	Mümkün. Komütatör ve fırça seti dayanımı ile sınırlı.
Güç faktörü	1'e yakın	1'e yakın	0.1-0.8 hıza bağlı
Motor bakımı	-	-	Komütatör ve fırça
Motor koruma	IP65'e kadar kolay	IP65'e kadar kolay	Pahalı ve zor
Kurulum	Kolay	Zor olabilir.	Kolay
Uzmanlık gereği	Sadece zor uygulamalarda	Gerekli	Sadece zor uygulamalarda
Ani yüke cevap süresi	Uzun	0.3-0.5 sn.	0.5-1sn.
Çoklu motor sürme	Mümkün	Gerekli ayarlar yapılırsa mümkün	Mümkün

Yük paylaşımı	Tavsiye edilmez.	Mümkün. kontrolle	Tork	Mümkün
---------------	------------------	----------------------	------	--------

Doğrudan Moment Kontrollü (DTC) AC Sürücüler

DTC teknolojisi sayesinde alan yönlendirmesi, gelişmiş motor teorisi ile doğrudan momenti hesaplamadan ve modülasyon kullanılmadan gerçekleştirilir. Etkin değişkenler motorun manyetik akısı ve motor momentidir.

DTC kullanıldığında modülatöre gerek yoktur. Motor şaftının hız ve durumunu tespit edip saklayacak bir takometre veya durum kodlayıcısına gerek duyulmaz.

DTC en hızlı sayısal işaret işleyici donanımı ve matematiksel olarak bir motorun çalışma sistemini kullanır.

Sonuç olarak AC ve DC sürücülerden 10 kat daha hızlı moment tepkisi veren bir sürücüdür. DTC sürücülerin dinamik hız etkinliği açık döngülü AC sürücülerinden 8 kat iyidir ve sağlama sistemi kullanan DC sürücülerle kıyaslanabilir.

5. SIEMENS MOTOR KONTROL SİSTEMLERİ

5.1 AFE

Uygulama Alanı

SIMOVERT MASTERDRIVES AFE (Active Front End) aktif ön uç kompakt güç elektronik alanıdır. 6SE70 SIMOVERT MASTERDRIVES inverterler için bir doğrultucu ünitesi olarak çalışırlar. Reaktif güç kompanzasyonu içinde kullanılabilirler. AFE üç faz bir kaynaktan ayarlanabilir bir DC kaynak üretir. İnverter DC baraya rejeneratif etki ile enerji vererek yükselmesine neden olacaktır. AFE ise DC barayı sabit tutmak için açığa çıkan enerjiyi sinüsoidal şekle dönüştürerek şebekeye basacaktır. DC çıkış için aşağıdaki gerilim aralıkları sağlanmaktadır.

3 x 380 VAC (-%20) ile 460V (+%5) hat geriliminde	DC 600V ile 727 V
3 x 480 VAC (-%15) ile 575V (+%5) hat geriliminde	DC 758V ile 909 V
3 x 600 VAC (-%12) ile 690V (+%5) hat geriliminde	DC 948V ile 1090 V

Ürün Versiyonları

SIMOVERT MASTERDRIVES AFE aşağıdaki versiyonlarda sunulur.

- AFE doğrultucu/rejeneratif geri besleme üniteleri aşağıdaki birimlerden oluşur.
 - CUSA kontrol kartlı bir SIMOVERT MASTER DRIVE DC inverteri
 - Hat filtresi (Clean Power Filter)

Şekil 5.1’de temel devresi gösterilmiştir.

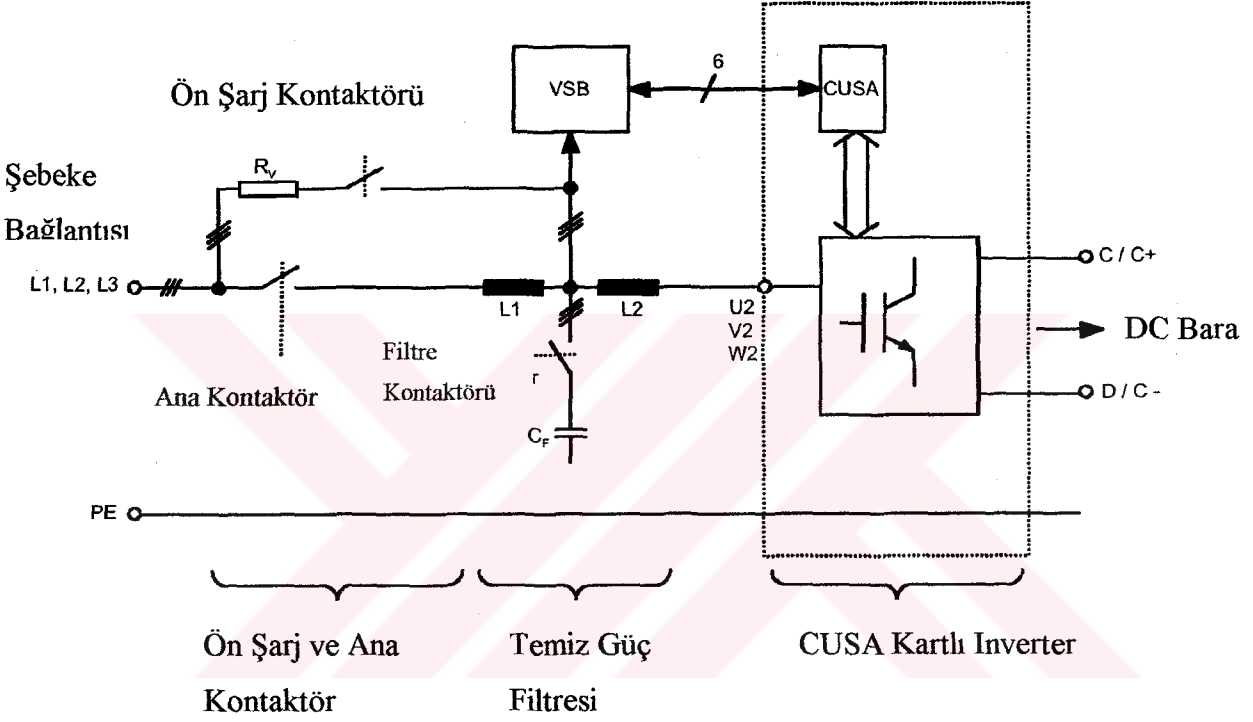
- AFE dönüştürücüler, AFE doğrultucu/rejeneratif geri besleme ünitesi ve SIMOVERT MASTER DRIVE DC motor inverterlerinden meydana gelir. (Şekil5-4)

Çalışma Modu

Geleneksel diyod ve tristör doğrultucularının ve rejeneratif geri besleme ünitelerinin aksine,

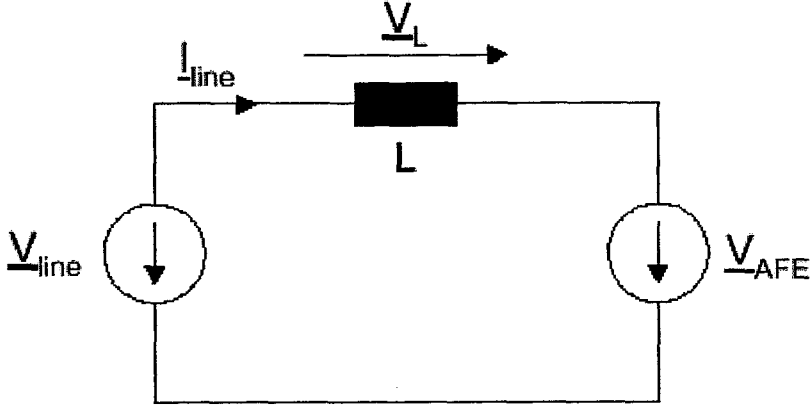
AFE IGBT (Integrated Gate Bipolar Transistor) kullanılan bir invertere sahiptir. Böylelikle hat akımı sinüsoidal biçimde kontrol edilebilir, şöyle ki hatta geri beslenen harmonikler en aza indirilir.

AFE ortak bir DC baraya birçok inverterin bağlanması için uygundur. Bu yapı motor ve jeneratör konumunda çalışan sürücüler arasında enerji transferine izin verir; böylelikle enerji tasarrufu sağlanır. Ancak toplam aktif inverter gücü AFE çıkış gücünü aşmamalıdır. Bu koşul tüm sistemin planlanmasında dikkate alınmalıdır.

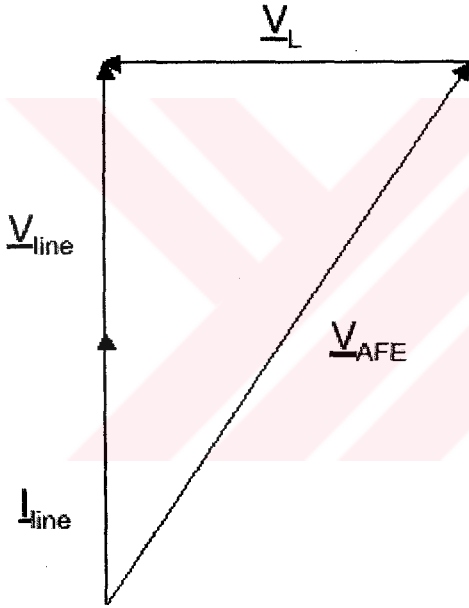


Şekil 5.1 Temel Devre

AFE'nin çalışma prensibi Şekil 5-2'deki tek-fazlı eşdeğer devre diyagramı ile açıklanabilir. Kolay ifade edilebilmesi için saf sinüzoidal değerler kullanılacaktır. Kaynak, ideal şekilde bir gerilim kaynağı V_{line} ile gösterilirken, AFE; gerilim kaynağı V_{AFE} ve L reaktansı ile gösterilmiştir. Gerilim kaynağı V_{AFE} değişken bir gerilim sağlayarak hat akımı I_{line} 'ın ayarlanmasına olanak sağlar. L reaktansı $V_L = V_{Line} - V_{AFE}$ gerilim farkını üzerine alarak, istenen hat akımının $I_{line} = V_L / j\omega L$ geçmesine imkan sağlar. Hat akımını I_{line} hat gerilimi ile aynı fazda ayarlamak için gerilim kaynağı V_{AFE} Şekil 5-3 fazör diyagramında gösterildiği gibi uygun bir gerilim üretir.



Şekil 5.2 AFE'nin Tek Faz Eşdeğer Devre Diyagramı.



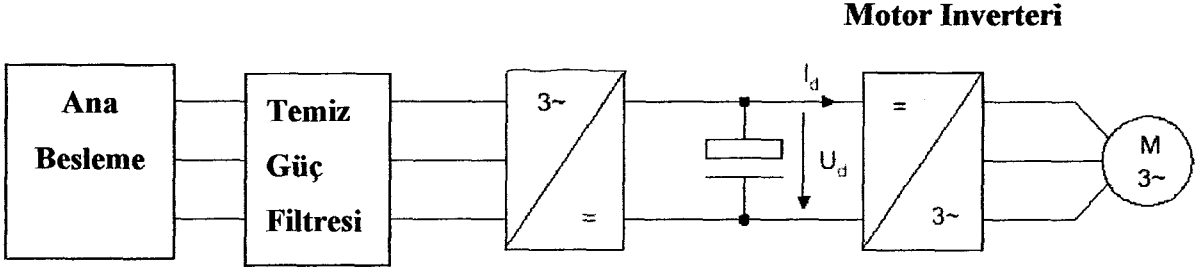
Şekil 5.3 Fazör Diyagramı.

$$\underline{V}_{AFE} = \underline{V}_{line} - \underline{V}_L = \underline{V}_{line} - j\omega L \cdot \underline{I}_{line} \quad (5.1)$$

Tek faz değişkenleri olan $\underline{V}_{line}$, $\underline{I}_{line}$, $\underline{V}_{AFE}$, üç fazlı sistemde uygun uzay vektörleri $\underline{v}_{line}$, $\underline{i}_{Line}$, $\underline{v}_{AFE}$ ile yer değiştirildiğinde aynı prensip uygulanabilir.

Gerekli olan üç fazlı gerilim kaynağı $\underline{V}_{AFE}$ CUSA kontrol kartlı SIMOVERT MASTERDRIVES (darbe) inverter ile gösterilebilir. Bu inverter DC baradaki fazla enerjiyi hatta, hattan alınan AC enerjiyi de DC baraya verir. Böylelikle inverter doğrultucu/ rejeneratif

geri besleme fonksiyonu yerine getirir. Hat tarafındaki SIMOVERT MASTERDRIVES inverter dinamik darbe frekansı ile doğrultma / rejenerasyon arasında anahtarlama yapabilir. DC hatta bağlı motor inverterlerinde yüke bağlı oluşan darbeler yine darbe frekansının dinamik cevabı ile dengelenir. Buradaki Darbe frekansının dinamik cevabı en fazla 333 mikro saniye süreli kapalı çevrim tarafından kontrol edilmesidir. (Darbe frekansı 3kHz)



Şekil 5.4 AFE Dönüştürücü Blok Diyagramı.

İnverter darbeleri modda çalıştığı için, darbe frekans alanındaki harmonikler ve darbe frekansının katları, hat akımına olumsuz etki yapar. Besleme koşullarından bağımsız olarak sistem üzerinde faz etkilerini en aza indirmek amacıyla akım ve gerilimdeki harmonikleri süzmek için temiz güç filtresi (clean power filter) kullanılır. Düşük frekanslı harmonikler (beşinci ve yedinci harmonikler) nadiren üretilirler. Genel olarak gerilimin % 0.1 küçüktür. Şekil 5-4 te AFE dönüştürücüsüne ait blok diyagram verilmiştir.

AFE'nin çalışma prensibinde DC gerilim V_d her zaman besleme geriliminin en yüksek değerinin üzerindedir. AFE'nin aktif olarak anahtarlanmasıyla DC gerilimi sabit bir değerde tutmakta mümkündür. Bu hat akımını belirleyen bir DC gerilim kontrolörü ile gerçekleştirilir. Hat akımı yüksek hızlı vektör akım kontrolörüyle sinüsoidal dalga biçimine uyarlanır. Hat geriliminin normal değerinin %65 seviyesine kadar düşse bile aşağıdaki eşitlik sağlandığı sürece ilave ekipmanlara ihtiyaç duyulmadan DC gerilim sabit tutulur.

$$\sqrt{3} \cdot V_{line} \cdot I_{max} = V_d \cdot I_d \quad (5.2)$$

Hat gerilimi normal değerinin %65'in altına düşerse, DC gerilimin sabit tutulması için harici güç kaynaklarına ihtiyaç vardır.

Hat akımı yönetim fonksiyonu eğer maksimum akıma ulaşıldıysa reaktif akımı azaltır. Böylece gerekli DC gerilim ve akım mümkün mertebe sağlanır.

AFE tabi ki reaktif gücü(endüktif ve kapasitif) sisteme geri basabilir. Bu özellik dolayısıyla sabit bir güç faktörü $\cos\phi$ (0.8 endüktif ile 0.8 kapasitif) veya belirli reaktif güç değeri Q seçilebilir. Reaktif güç AFE nin normal gücünün %0 ile %140 arasında belirlenebilir.

$$Q[\text{Var}] = \frac{Q[\%] \cdot \sqrt{3} \cdot V_{\text{line}} \cdot I_{\text{rated}}}{100} \quad (5.3)$$

Çalışma Ve Kontrol Seçenekleri

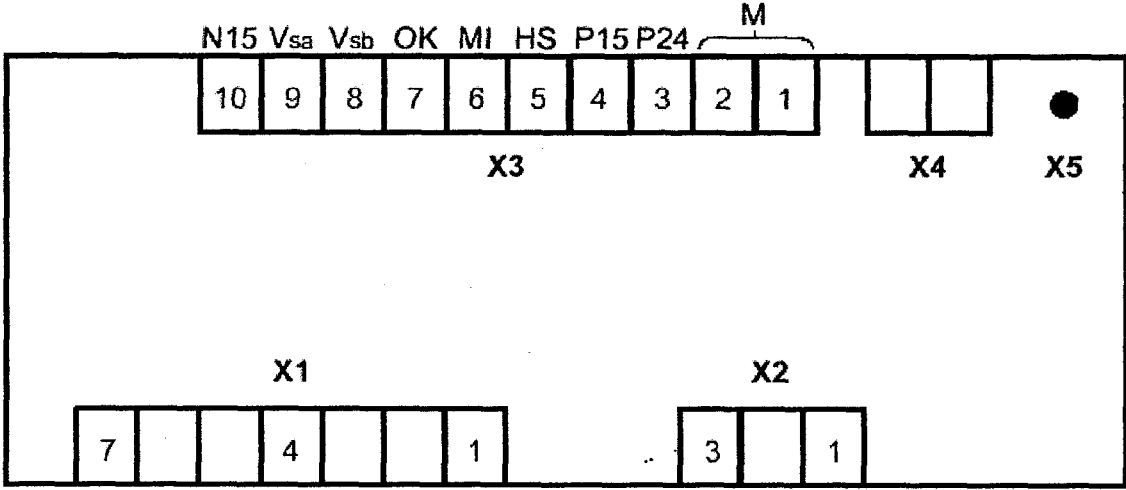
AFE ;

- Parametre birimi (PMU)
- Operatör kontrol panosu (OP1)
- Terminal dizisi
- Seri arayüz ,

ile kontrol edilerek çalıştırabilir.

Besleme Gerilimi Algılama

Besleme gerilimi analog kontrol kartı VSB(voltage sensing board) kullanılarak, CUSA kontrol kartı üzerindeki iki analog giriş üzerinden algılanır. Bunun yanında VSB kartı üzerinde gösterilen 24 VDC güç kaynağı ve ana kontaktörü kontrol eden röle mevcuttur.

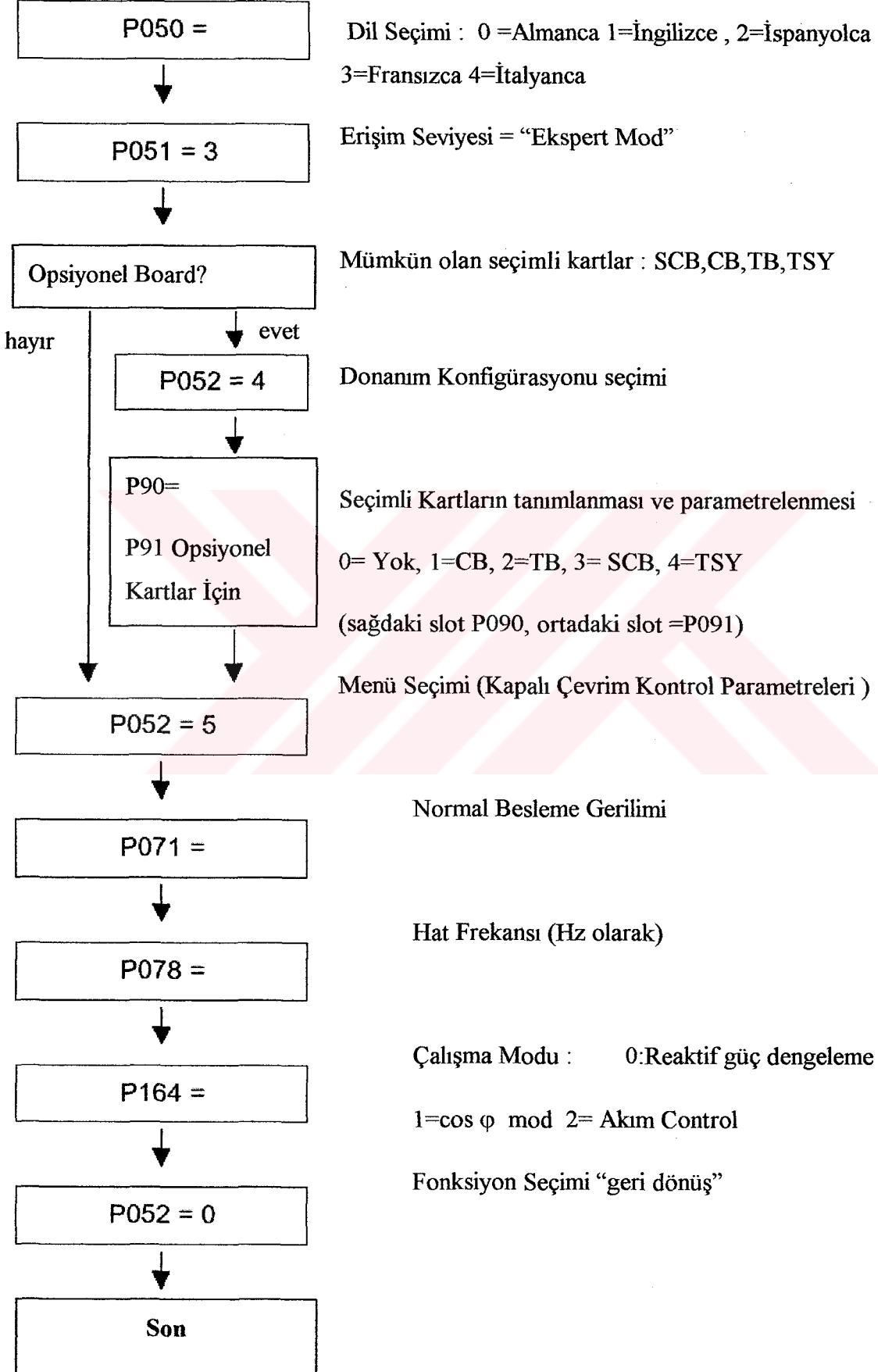


Şekil 5.5 VSB Kontrol Kartı

VSB ile CUSA kontrol kartları arasında kullanılan kablolar ekranlı olmalıdır. Kabloların ekranları geniş yüzey ile topraklanmalıdır.

Güvenlik açısından ana kontaktör dijital çıkış 2 ve ön şarj kontaktörü ise dijital çıkış 1 ile kontrol edilir. Dijital 1 ve 2 başka amaç ile kullanılmamalıdır. İki analog giriş de sürekli olarak besleme voltajı algılama için atanmıştır, başka fonksiyonlar için kullanılamazlar.

Başlama Parametre Ayarları

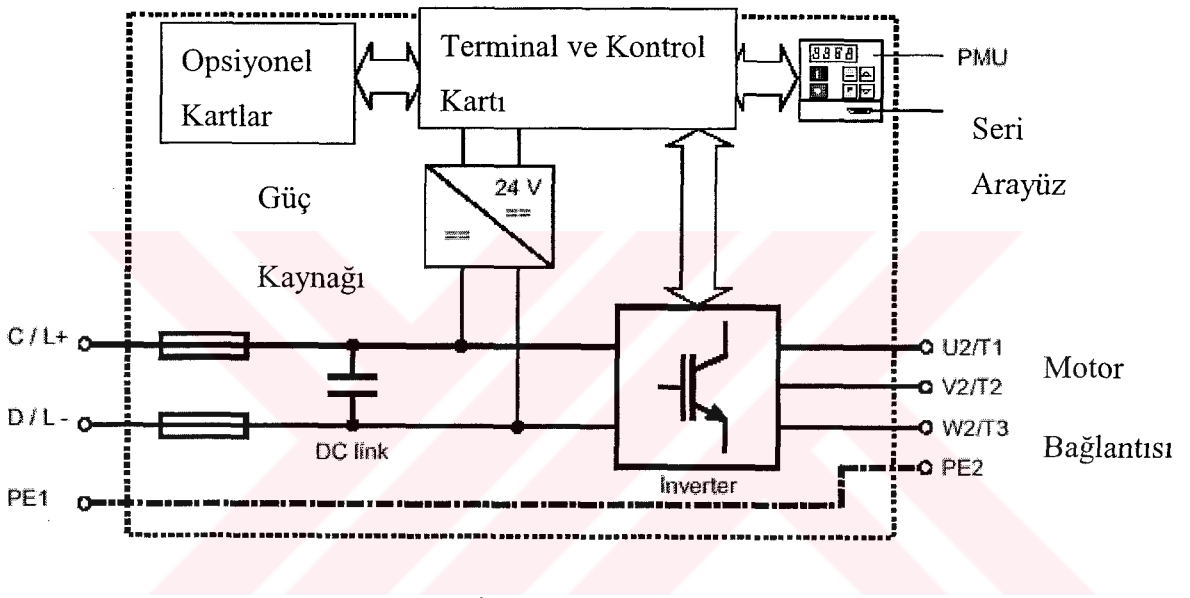


5.2 Motor Sürücüleri (İnverter)

İnverterler 0 ile maksimum 600 Hz üç fazlı, DC hat geriliminden PWM ile elde edilmesine olanak sağlarlar.

Kontrol kartı için gerekli olan 24 VDC dahili güç kaynağı ile sağlanmaktadır.

İnverterler kullandığı yazılım ile kapalı çevrim kontrole izin vermektedir. Parametrelenmesi PMU ve OP1S, terminaller ve seri haberleşme ile yapılabilmektedir. Bu amaçlar için kullanılacak slotları mevcuttur. Kapalı çevrim için darbe enkoder veya analog takometre kullanılabilmesi için gerekli girişleri mevcuttur.



Şekil 5.6 İnverter Temel Devresi.

Sürücülerin Parametrelenmesi

Dönüştürücülerdeki fonksiyonlar, parametreler ile belirli uygulamalara göre ayarlanırlar. Her bir parametre kendine özgü isim ve numarasıyla belirtilir. Birçok parametrelerinde indisleri vardır. Bu indisleri kullanarak bir parametre numarası altında parametre için bir çok değerleri saklamak mümkündür.

Parametre numaraları bir harf ve üç basamaklı bir sayıdan oluşur. Büyük harfler P,U,H ve L ayarlanabilir parametrelerin, küçük harfler r, n ,d, c ayarlanamayan görsel parametrelerin kodlarıdır.

Örnek : DC Bara Gerilimi r006=541

Parametre ismi : DC bara gerilimi

Parametre numarası :r006

Parametre İndisi : İndis yok

Parametre Değeri :541 V

Parametre İsmi : Src ON/OFF1

Parametre Numarası :P554

Parametre İndisi : 2

Parametre Değeri :20

Src ON/OFF1 P554.2 =20

Parametreler ;

- Dönüştürücünün ön paneline yerleştirilmiş PMU parametre birimi,
 - CU (control Unit) üzerindeki kontrol terminal dizisi,
 - OP1S Operatör Panosu,
 - PMU üzerindeki -X300 seri arayüzler RS485 ve RS232
 - Drive Monitör yüklenmiş PC,
- ile girilebilir.

Dönüştürücülerde saklanan parametreler sadece özel koşullar altında değiştirilebilir.

Parametre ayarlarını değiştirmeden aşağıdaki koşullar sağlanmalıdır.

- İlgili parametre ayarlanabilir bir parametre olmalıdır. (Parametre numarasındaki büyük harfler ile belirlenebilir.
- Parametre girişi için yetkilendirme yapılmış olmalı (P053=6 PMU veya OP1S için)
- Parametre değişikliklerine dönüştürücünün mevcut durumunun izin vermesi gereklidir. (başlangıç parametreleri dönüştürücü kapalı durumda iken ayarlanmalıdır.)
- Tuş kilidi mekanizması aktif olmamalıdır.

Sürücü Parametreleme Programı : Drive Monitor

Ara Yüz Ayarı

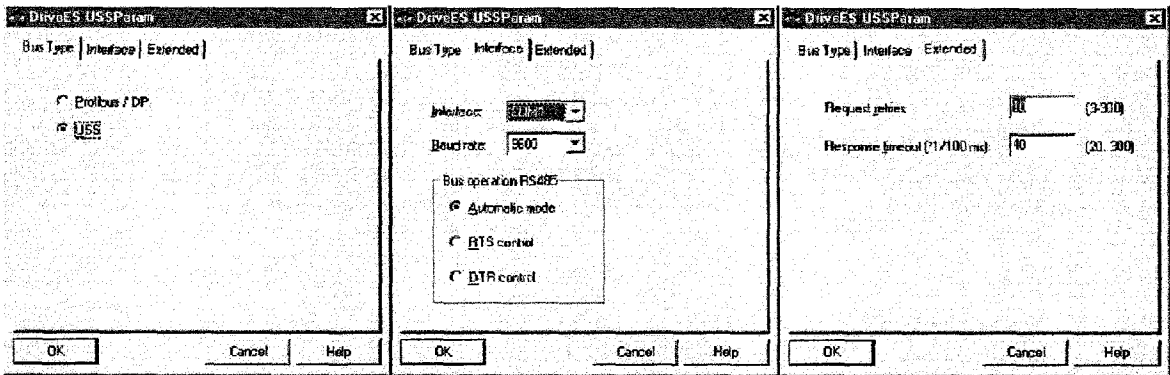
Ara yüz konfigürasyonunu Drive Monitor programındaki “tools” menüsünden “online setting” seçilerek yapılabilir.



Şekil 5.7 Drive Monitor Programı Ara Yüz Ayarı

Aşağıdaki ayarlamalar mümkündür.

- “Bus Type” sekmesinde iki seçenek vardır.
USS (seri ara yüz üzerinden çalıştırma)
“Profibus- DP (Sadece Drive Monitor ES çalıştırıldığında)
- “Interface” sekmesi PC’nin gerekli COM ara yüzü ve haberleşme hızı buradan belirlenir. (COM1 den COM4’e kadar)
- “Extended” sekmesi istek tekrar sayısı ve cevap bekleme süresi, eğer bağlantı hataları sık tekrarlanıyorsa bu değerleri arttırılabilir.

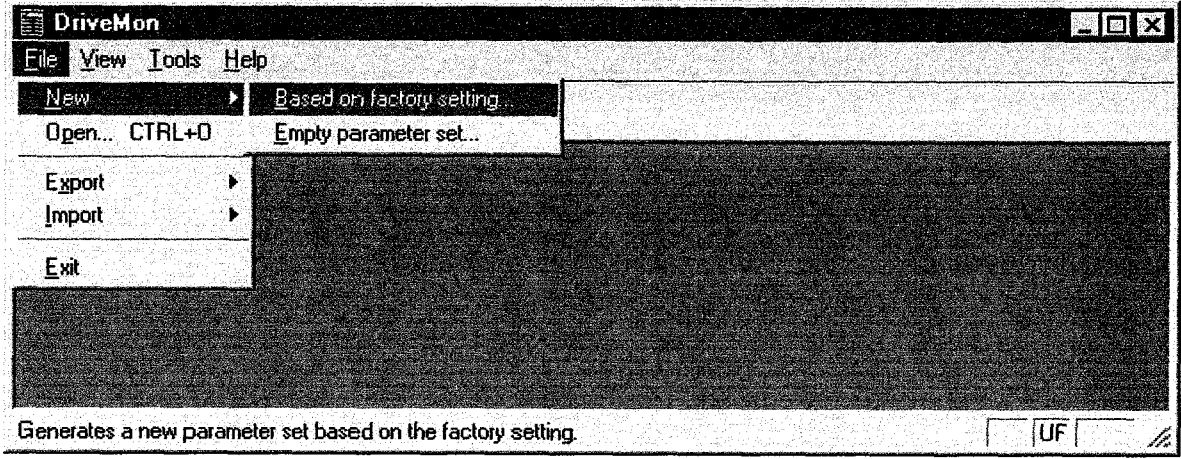


Şekil 5.8 Drive Monitor Programı Bus Tipi Ayarı

Sürücü Ayarı

File --- New--- menüsünden parametreleme için yeni sürücü seçilebilir. Sistem, sürücüye ait

parametrelerin saklandığı sürücüye parametre yükleme (download file, *.dnl uzantılı) dosyası oluşturulur. Bu dosya boş bir parametre listesi olarak, ya da fabrika ayarları ile oluşturulabilir.



Şekil 5.9 Parametre Dosyası Açma

Sürücü bir kez oluştuğunda, File --- Open menüsünden parametre yükleme dosyası seçilerek tekrar parametreler üzerinde değişiklikler yapılabilir.

Yeni sürücü oluşturulmak istendiğinde “Properties-Drive” penceresi açılır. Bu pencerede aşağıdaki verilerin girilmesi zorunludur.

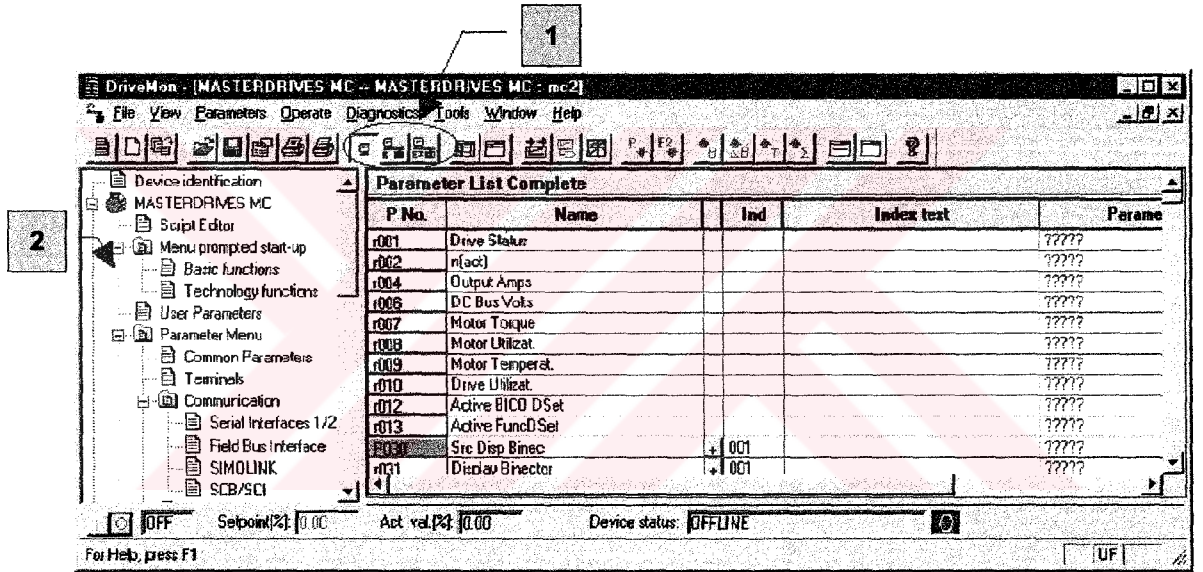
Şekil 5.10 Sürücü Tipi Seçme

- “Device Type” bölümündeki listeden sürücü tipi seçilir. (Örnek : MasterDrives

CUVC).

- “Software Version” bölümündeki listeden de sürücünün yazılımının versiyonu seçilir. Sürücüye bağlanarak parametrelere başlanırsa, listede olmayan yazılım versiyonları içinde veri tabanı oluşturulabilir.
- “Technology Type” bölümündeki listeden sürücüde kullanılan ilave kart var ise seçilir. (T100,T300 vs.)
- Sürücüye bağlanıldığında kullanılacak ağ adres bilgisi “Bus Adress” kısmına girilir.

Sürücü ayarları onaylandıktan sonra, oluşturulacak yükleme dosyasının adını ve kayıt yeri belirlenebilir. Bundan sonra parametre listesi çevrim dışı (OFFLINE) olarak açılır.



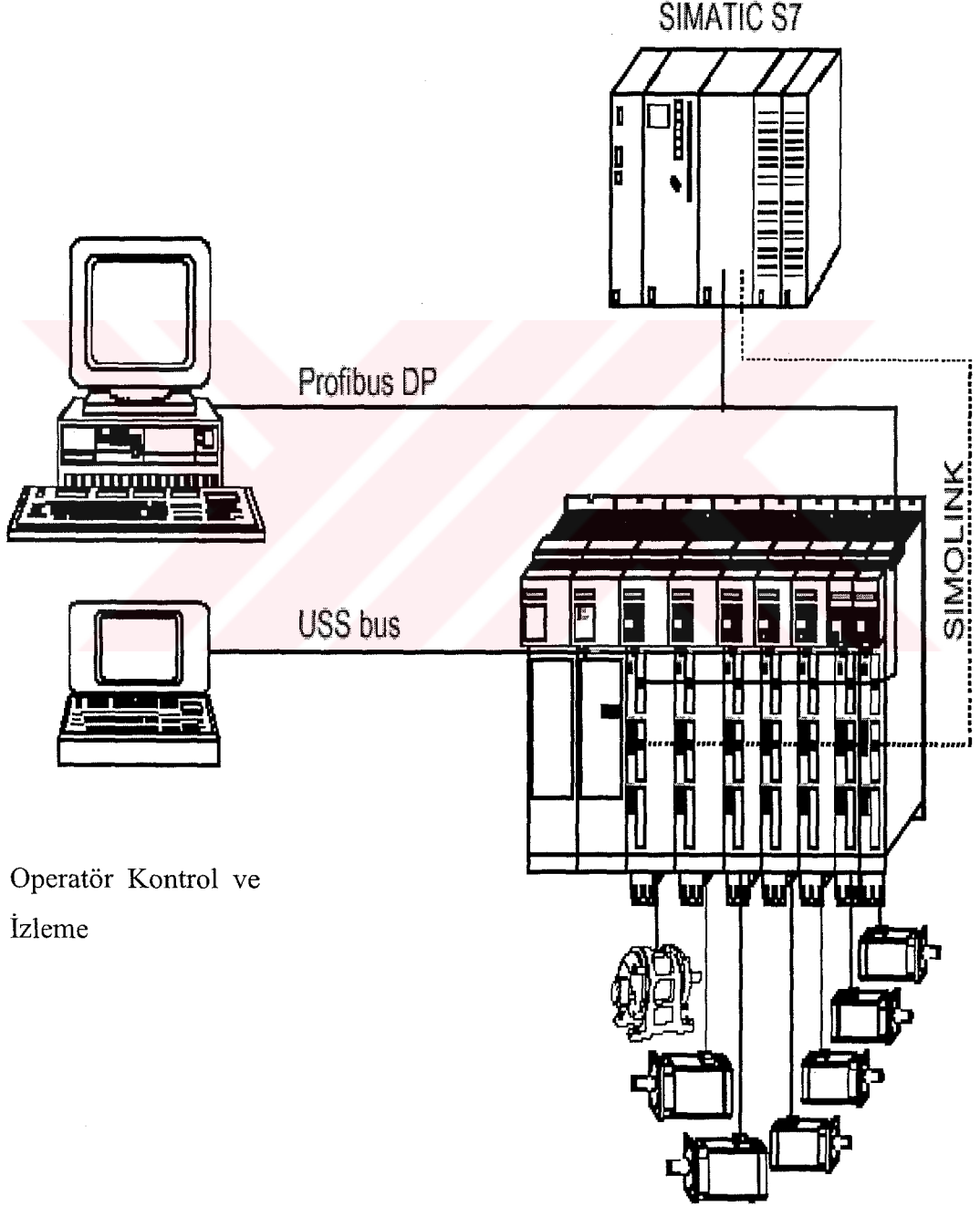
Şekil 5.71 Drive Monitor Parametre Sayfası.

Çevrimdışı, sürücüye bağlı (RAM), sürücüye bağlı (EEPROM) (yukarıdaki 1 numaralı) düğmeler ile mod değiştirilebilir. Sürücüye bağlanırsa sürücü tanımlaması yapılır. Tanımlanan sürücü ile gerçek sürücü uyuşmaz ise hata oluşur. Bilinmeyen bir yazılım versiyonu ile karşılaşırsa yeni veri tabanı oluşturulması önerilir. Parametre gruplarına ağaç yapısı ile kolayca erişilebilir.

Yukarıdaki şekilde gösterilen pencere ile sürücü parametreleri değiştirilebilir, sürücüdeki gerçek değerler görülebilir. Yapılan değişiklikler PC'ye kaydedilir.

Sürücülerin Haberleşmesi

Özel gereksinimlere uygun olarak farklı haberleşme cihazlarının bağlanmasına olanak verecek şekilde değişik haberleşme protokollerine sahiptir. Bu haberleşme ara yüzleri;



Şekil 5.82 Haberleşme Şeması

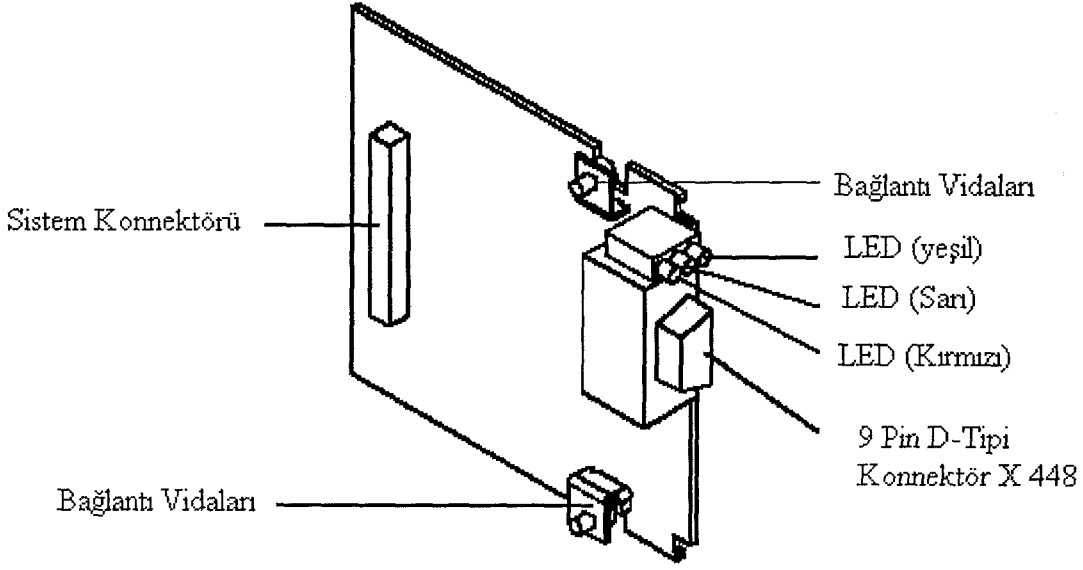
- Parametreleme, operatör kontrol ve gösterim için panosu, için USS protokolü kullanan birleştirilmiş seri ara yüz
- Otomasyon sistemleri için Field Bus haberleşme protokolünü kullanan seçimli kartlar için haberleşme ara yüzü
- İki sürücünün birbirine bağlanarak eş zamanlı çalışmasını sağlayan hızlı veri transfer kartlarının ara yüzleridir.

Otomasyon sistemlerinde yaygın olarak kullanılan PROFIBUS haberleşme protokolü üzerinde aşağıda daha detaylı açıklama yapılacaktır.

Profibus

Simovert Masterdrive Motor sürücülerine CBP2 (Profibus haberleşme Kartı – Communication Board Profibus) kartı ilave edilerek PROFIBUS-DP haberleşme protokolünü kullanarak diğer yüksek seviyeli otomasyon sistemleri ile haberleşmesi sağlanır.

CBP2 Haberleşme Kartı



Şekil 5.93 CBP2 Haberleşme Kartı

Teknik Veriler

Haberleşme kartı mevcut çalışma durumlarını gösteren üç LED'e sahiptir. (Yeşil, sarı, Kırmızı)

Kart besleme gerilimini sistem konnektörü üzerinden alır. 9 pin D tipi X448 soketi üzerinden PROFIBUS sisteme bağlanırlar. Bütün bağlantılar için RS485 arayüzü kısa devre korumalıdır.

CBP2 9.6 kbaud'dan 12 Mbaud'a kadar veri hızını destekler ve aynı zamanda optik bağlantı yapılabilme özelliğine sahiptir.

Fonksiyonlar

- “Değişken Hız Motor Sürücüleri için Profibus profiline” (profidrive) uygun olarak ana drive ile gerekli veri alışverişi yapılır.
- Simatic S7 CPU ile 101 kelime uzunluğuna kadar parametre değerleri transferi için çevrimsel olmayan haberleşme kanalına,
- PC tabanlı DRIVE ES başlangıç ve servis yazılımı ile çevrimsel olmayan haberleşme kanalına,

- Ana sistemde tanımlanan gerekli veri yapısına otomatik uyarlanabilme özelliğine,
- Bus arayüzünün izlenebilme özelliğine,
- Ana sistemden birçok alt seviyeye veri transferinin eş zamanlaması için SYNC tipi Profibus kontrol komutlarını destekleme özelliğine,
- Birçok alt seviyeden ana sisteme veri transferinin eş zamanlanması için FREEZE tipi Profibus kontrol komutlarını destekleme özelliğine,
- Temel birim olan PMU ile CBP2'nin kolayca parametrelenmesi özelliğine,
- En fazla 16 işlem veri kelimesine kadar ayarlanan /gerçek değerlerin esnek konfigürasyonuna,

CBP'nin Profibus-DP Üzerindeki Fonksiyonlarının Tanımı

Profibus üretim ve proses otomasyonunda geniş bir uygulama alanı olan uluslar arası standartlar olan EN50170 ve IEC 61158 uyumlu açık saha bus (field bus) standardıdır.

Profibus-DP saha seviyesinde çok hızlı ve kritik zamanlı veri transferine imkan sağlar.

Profibus ile MASTER İLE SLAVE arasında aşağıdaki farklılık vardır ;

- Masterler bus üstündeki veri trafiğini belirler ve literatürde aktif noktalar olarak belirtilirler. İki master sınıfı vardır;
 - DP-Master sınıfı-1 (DPM1) : Bunlar tanımlı haberleşme çevrimleri içinde slave'ler ile bilgi alışverişinde bulunan merkezi istasyonlardır. (Simatic S5, S7 ve SIMADYN D)
 - DP-Master sınıfı-2 (DPM2) : Çalışırken sistemin konfigürasyonu, başlatılması ve izlenmesi için kullanılan programlama, planlama, kontrol ve izleme üniteleridir.
- Slaves (CBP2, CB15 vs.) sadece masterden gelen mesajları değerlendiren ya da istenilen mesajları master'a transfer eden pasif noktalardır.

Protokol Mimarisi

Profibus-DP'nin protokol mimarisi ISO 7498 uluslar arası standarda uygun olarak OSI (open sistem interconnection) modeline göre uyarlanmıştır ve kullanıcı ara yüzü ile tabaka 1 ve

tabaka 2' yi kullanmaktadır.

İletim Ekipmanı

İletim ekipmanı seçilirken, yüksek iletim hızı ve basit, ucuz kablolama gibi kriterler öncelikli önem arz eder. Profibus RS485'e uygun iletimi ve ayrıca fiber optik kablo ile bağlantıyı destekler. İletim hızı 9.6Kbaud ile 12Mbaud arasında seçilebilir. Sistem ilk defa çalıştırıldığında bus üzerindeki bütün birimler için aynı hız belirlenir.

Bus Erişim Prosedürü

Profibus jeton verme (token passing) prosedürüne uygun olarak çalışır. Şöyle ki master'lar bir mantık döngüsü içinde belirlenen zaman diliminde jetonu kendilerinde tutarlar. Bu zaman diliminde master diğer master ile haberleşebilir. Alternatif olarak düşük seviyede master-slave prosedürü kullanarak slaveler ile haberleşebilir.

Profibus-DP genel olarak master-slave metodunu kullanır ve veri çevrimsel olarak sürücüler arasında taşınır. (Siemens AG, 2000)

6. KALDIRMA VE VİNÇ UYGULAMARI

Teknik Bilgiler :

Vinç uygulamalarında güç azalması standart sürücülerden farklı olur. Şekil-6.1 darbe frekansının bir fonksiyonu olarak izin verilen akımı göstermektedir.

5.5 kW ≤ P_n ≤ 55 kW (400 VAC) olan sürücüler,

- 1.eğri besleme gerilimi ;

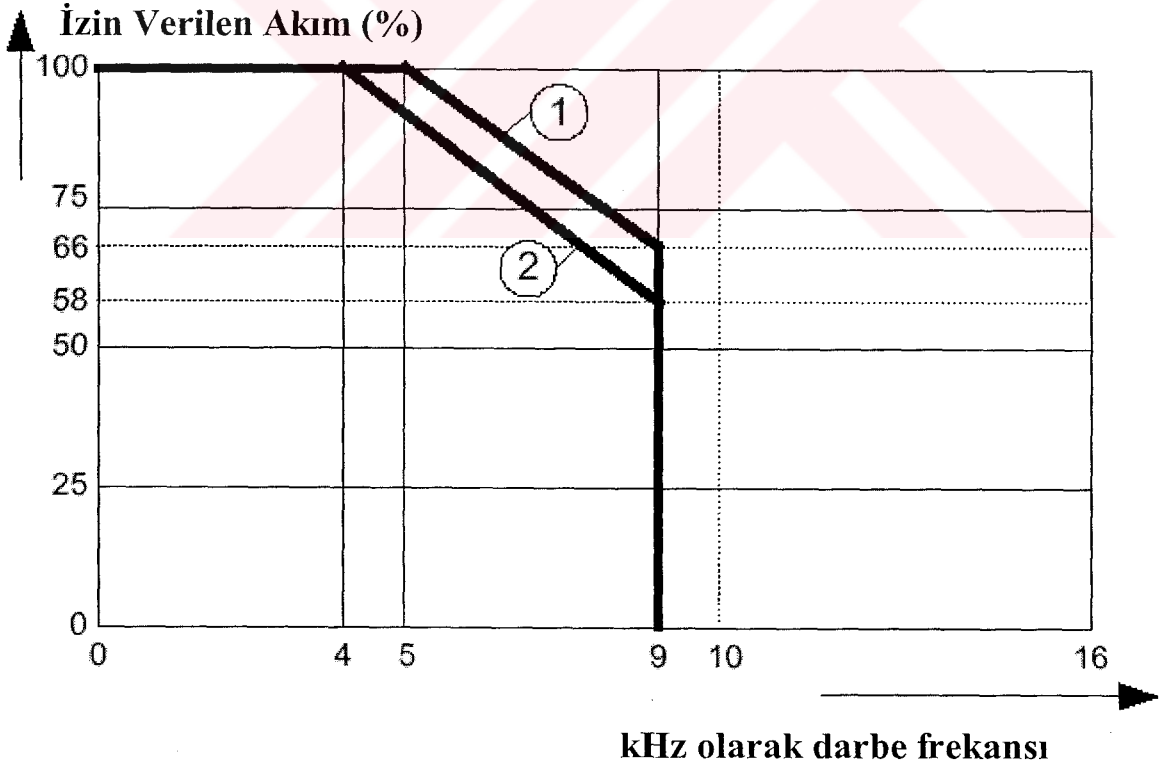
$$V_{\text{Besleme}} < 440 \text{ VAC veya } V_{\text{Besleme}} < 590 \text{ VDC}$$

- 2.eğri besleme gerilimi ;

$$V_{\text{Besleme}} > 440 \text{ VAC veya } V_{\text{Besleme}} > 590 \text{ VDC}$$

4 kW ≤ P_n ≤ 22 kW (230 VAC) olan sürücüler,

- 1.eğri bütün besleme gerilimleri içindir.



Şekil 6.1 Güç Düşümü Eğrisi.(4-22kW) (Siemens AG,1998)

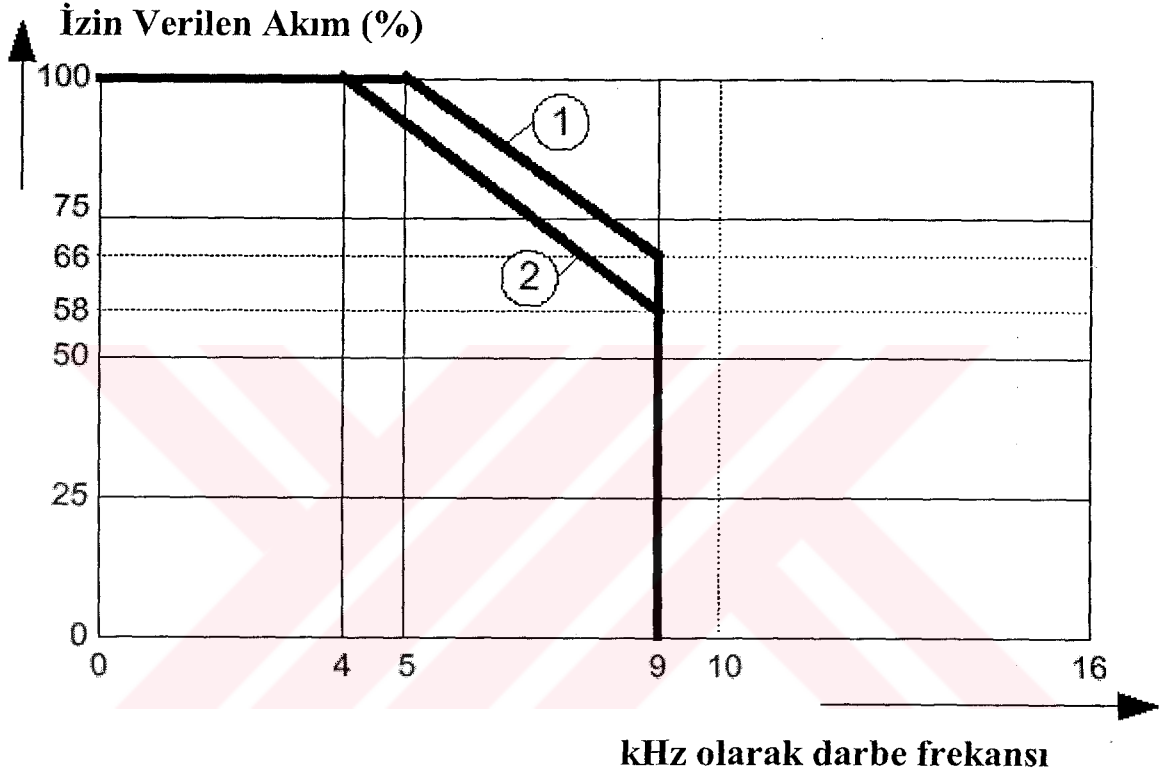
75 kW ≤ P_n ≤ 90 kW (400 VAC) olan sürücüler (Şekil-6.2) ,

- 1.eğri besleme gerilimi ;

$$V_{\text{Besleme}} < 440 \text{ VAC veya } V_{\text{Besleme}} < 590 \text{ VDC}$$

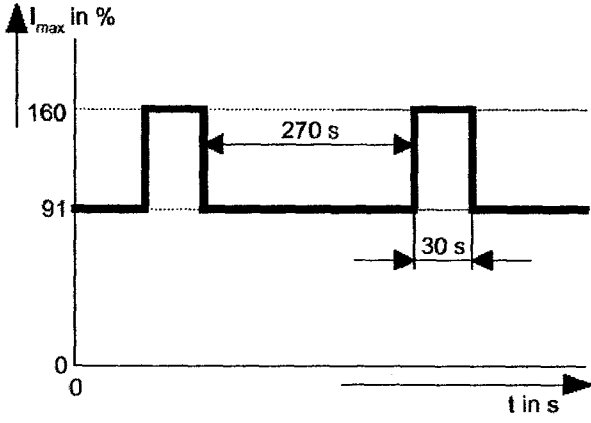
- 2.eğri besleme gerilimi ;

$$V_{\text{Besleme}} > 440 \text{ VAC veya } V_{\text{Besleme}} > 590 \text{ VDC}$$

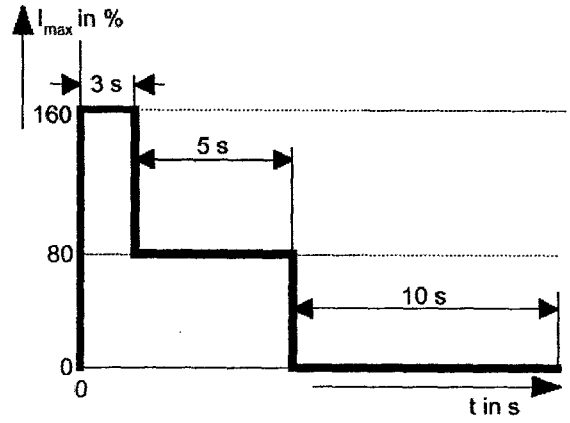


Şekil 6.2 Güç Düşümü Eğrisi.(75-90kW)

Standart güç azalması eğrisi ile karşılaştırıldığında normal akımın %100'ünü çekebilmek (kısa zamanlı aşırı yüklemelerde %160'ı) yüksek frekanslar için mümkündür. (4 kW...55kW kadar 8-10 kHz , 75kW.. 90kW kadar olan sürücüler için 4-5kHz). Fakat ortalama sürücü kullanımı % 60'ı geçmemeli, aşırı yüklenme akımı (% 160) ise en fazla 3 saniye sürmelidir. (yük-çevrim değişimi). Bu kriterler yerine gelmezse, otomatik olarak darbe frekansı azaltılır ve standart yük-çevrimi uygulanır.



Standart Yük Çevrimi



Vinç uygulamasında 5kHz / 10 kHz

Darbe frekansında yük çevrimi.

Şekil 6.3 Yük Çevrimi

Vinç Uygulamaları İçin Parametrelerin Fabrika Çıkış Değerlerine Getirilmesi

P060 = 2

Menu Seçimi "Sabit Ayarlar (Fixed Settings)

P366 = 10

Fabrika Ayarları Seçimi (Normal Vinç Çalışması)

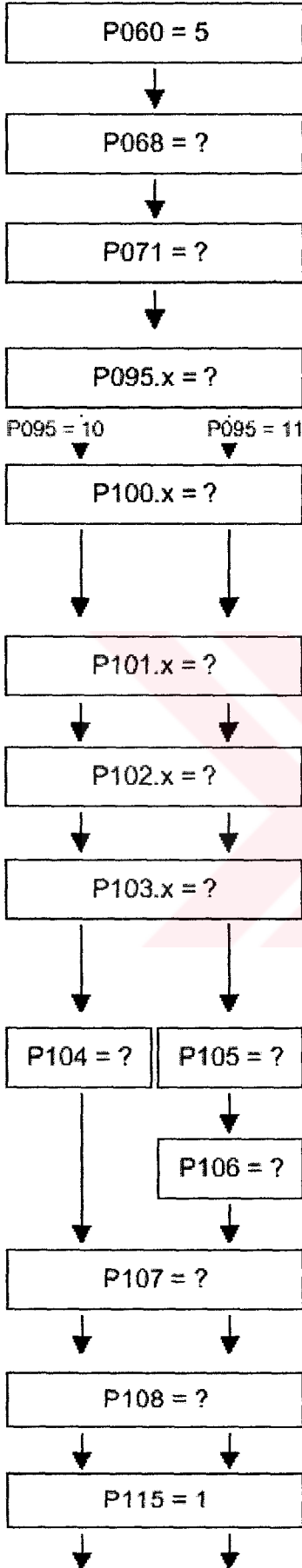
P970 = 0

Fabrika Ayarlarına veya Sabit Ayarlarının aktif edilmesi

0: Fabrika ayarları yap.

1: Fabrika Ayarları Yapma.

Sürücü fabrika ayarlarına veya sabit ayarlara uyarlanır ve bu menüden çıkılır.



Menu Seçimi “ Sürücü Ayarları (Drive Setting)”

Çıkış Filtresi 0 = Çıkış Filtresiz , 1=Sinüs çıkış Filtreli

2= dv/dt çıkış filtreli

Dönüştürücü besleme gerilimi (V)

Motor Tipi Girilmesi 10= Endüktif IEC

11=Endüktif NEMA

Kontrol sistem tipinin girilmesi

0 : V/f Açık çevrim kontrol + n kapalı çevrim kontrol

1:V/f Açık çevrim kontrol, 3: Algılayıcısız hız kontrol,

4:Algılayıcılı hız kontrol

Motor Besleme Geriliminin Girilmesi (V)

Motor Akımını Girilmesi (A)

Motoru magnetize edecek akımın motor akımının yüzdesi olarak girilmesi.

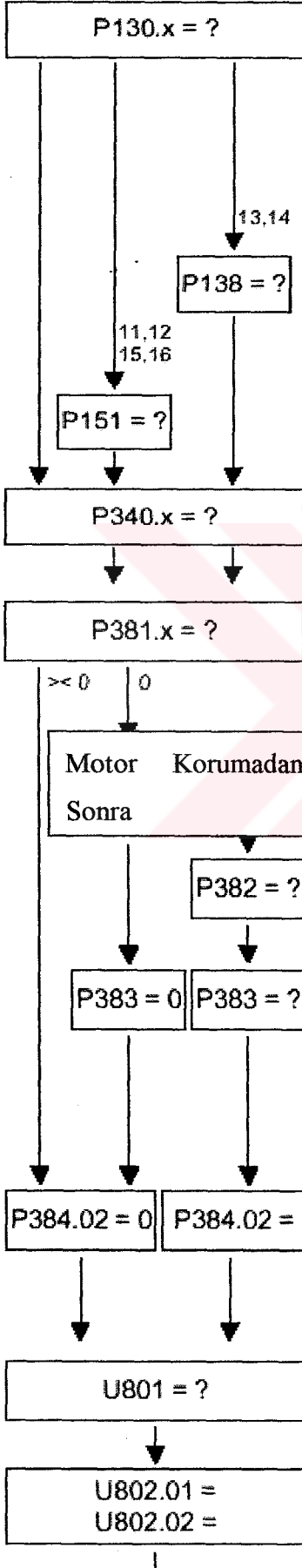
IEC motor : $\cos \phi$, NEMA motor : Güç (HP)

NEMA : Motor verimi.

Motor Frekansının Girilmesi (Hz)

Motor hızının girilmesi (rpm)

Motor modelinin otomatik olarak hesaplanması.



Motor Kodlayıcı (encoder) seçimi

10 : Kodlayıcısız, 11: darbe kodlayıcılı, 12: Kontrol izleyicili darbe kodlayıcılı, 13: Analog giriş 1'i kullanan takometre, 14: Analog giriş2'yi kullanan takometre, 15: Darbe kodlayıcı sıfır izleyicili, 16 :darbe kodlayıcı sıfır ve kontrol izleyicili

Analog takometre dengeleme.

Darbe kodlayıcının her dönüşteki darbe sayısı

Darbe Frekansının girişi

Motor sargı sıcaklık hatası

0: yok , 1: PTC ile, >1 : KTY ile sıcaklık eşğinin tespiti.

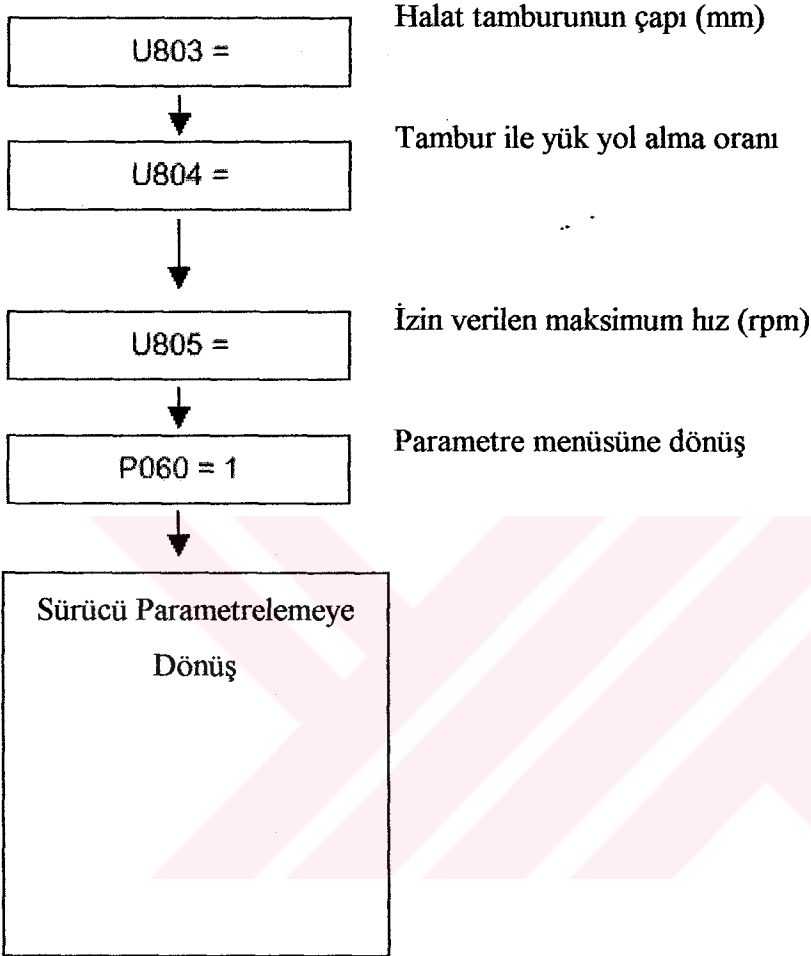
Motor soğutma bilgisi 0: kendinden fanlı, 1: Ayrıca fanlı

Motorun ısı zaman sabitinin girişi.

Motor yüklenme limiti (%)

Sistem hızı (m/s)

Dişli iletimi



Menü Seçimi "Parametre Seçimi"

Sürücünün çalışma izni girişi. (dijital giriş gibi..)

Sürücünün çalışması istenen 3.sabit hız değeri

Sürücünün çalışması istenen 4.sabit hız değeri

Sürücünün çalışması istenen 5.sabit hız değeri

Hızlanma ivmesi (m/s^2)

Yavaşlama ivmesi (m/s^2)

**Diğer ayarları fabrika
ayarlarından farklı olacak mı?**

evet

Diğer kontrol ayarları

SON

SONUÇ

Bu çalışmada ilk olarak elektronik devre tasarımı yapılarak uzay vektör PWM yöntemiyle bir DC motorun hızının kontrol edilmesi amaçlanmıştır. Bunun için önce genel amaçlı, sonra özellikle motor kontrol amaçlı tümleşik DSP devreleri araştırılmış ve bunlardan önemli görülenler ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Genel amaçlı bir DSP geliştirme kartı kullanılarak bir motor kontrol sistemi tasarlanarak gerçekleştirilmek istenmiştir. Yapılan araştırmalarla beraber karşılaştırıldığında bunun gerçekleştirilmesinin çok zor olduğu görülmüş ve böyle bir sistemi tasarlamak ve gerçekleştirmek için, içinde DSP bulunduran tümleşik bir motor kontrol devresi seçilmiştir.

Ancak ülkemizde yaygın olarak kullanılmadığından motor kontrol DSP'lerin temininde güçlük yaşanmıştır. Ancak motor kontrol DSP'leri üzerinde bulunan PWM ile ilgili çıkış ve zamanlayıcısının olması bu tip DSP kullanılarak vektör kontrol algoritmasının uygulanması için büyük kolaylık sağlamaktadır. Temin edilen Analog Devices'in motor kontrol DSP'si ADMCF326 ile motor kontrol kartı tasarlanmıştır. Ancak temin edilmesinde yaşanan gecikme dolayısıyla donanım üzerinde yazılım geliştirilmesi yetiştirilememiştir. Bu nedenle endüstride kullanılan hız kontrol cihazlarındaki vektör kontrol uygulamaları incelenmiştir.

Son olarak endüstride yaygın olarak kullanılan, sayısal işaret işleyicili uzay vektör PWM tekniğini kullanan hız kontrol cihazı ile bir uygulama tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Böylelikle motor kontrolünde gerekli olan parametreler hakkında bilgi verilmiş olup, motorun bu parametrelere verdiği cevap incelenmiştir.

DSP teknolojisi ile karmaşık olan indüksiyon motoru uzay vektör kontrol algoritmaları hızlı bir şekilde çalıştırılarak çok verimli ve dinamik motor kontrolüne izin vermiştir. Artık endüstride yaygın olarak kullanılan bir çok motor kontrol cihazları DSP tarafından kontrol edilmektedir. Böylece DSP'lerin endüstriyel kontrol uygulamalarında yaygın şekilde kullanılmasına neden olmuştur.

KAYNAKLAR

Analog Devices, (1996), “ADSP-2100 Family DSP Microcomputers”, Analog Devices, Norwood

Analog Devices, (1999), “ADMCF32X Processor Board User’s Manuel ”, Analog Devices

Analog Devices, (2000a), “Implementing Space Vector Modulation with the ADMCF32X Applications Note”, Analog Devices

Analog Devices, (2000b), “Three-Phase Sine-Wave Generation using the PWM Unit of the ADMCF32X Applications Note”, Analog Devices

Analog Devices, (2001a), “Constant Volts/Hertz Operation for Variable Speed Control of Induction Motors Applications Note”, Analog Devices

Analog Devices, (2001b), “ADMCF32X DSP Motor Controller Developer’s Reference Manual” , Analog Devices

Analog Devices, (2001c), “ADMCF326 28-Lead Flash Memory DSP Motor Controller”, Analog Devices

Çiprut İ (1994) “DSP Tabanlı Bir Sistem ile Anahtarlama Relüktans Motorun Kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü.

Filippich M. (2002) “ Digital Control of a Three Phase Induction Motor ”, Lisans Tezi, The University of Queensland

Motorola , (2000) “DSP56F803 Digital Signal Processor”,

Siemens AG (1998) “Simover Masterdrives Vector Control Lift and Hoisting Gear Applications”, Siemens AG

Siemens AG (2001) “Simover Masterdrives Active Front End Operating Instructions”, Siemens AG

Siemens AG (2000) “Simover Masterdrives Vector Control Operating Instructions”, Siemens AG

Texas Instruments, (1998), “TMS320C240 User’s Guide”, Texas Instruments, Missouri

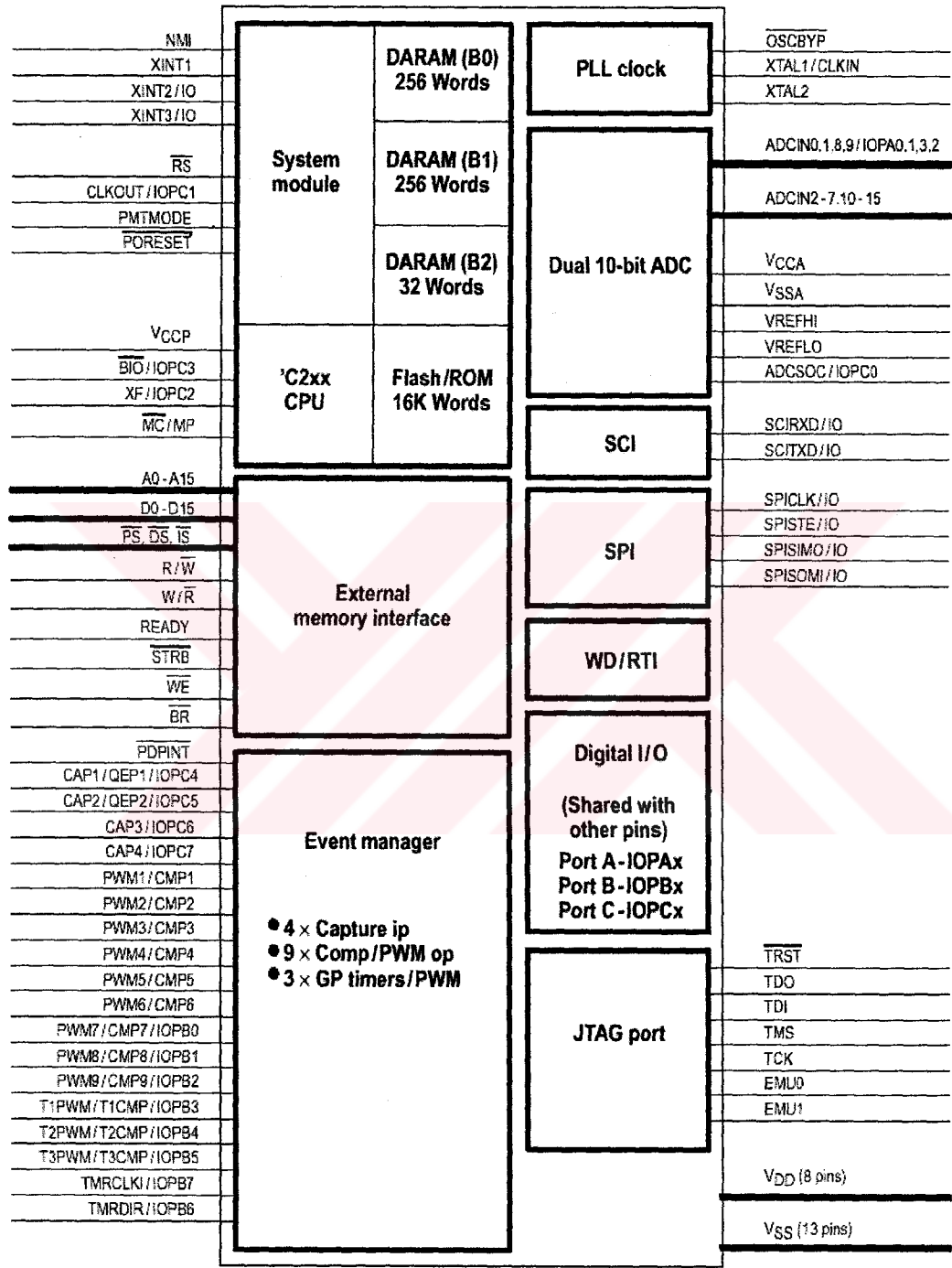
Texas Instruments, (1999), “TMS320F/C240 DSP Controllers Reference Guide”, Texas Instruments,

EKLER

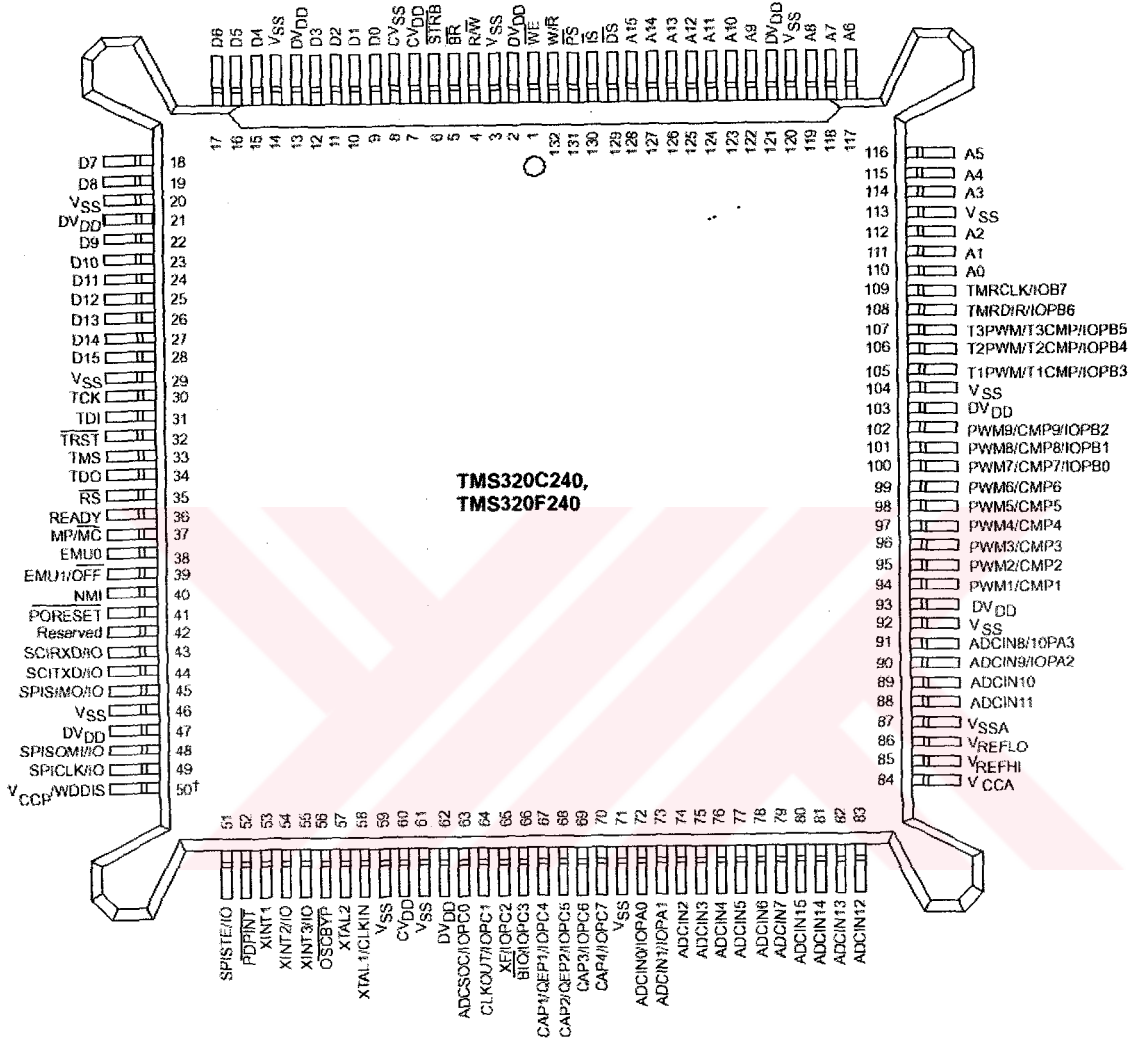
- Ek 1 TMS320C240 Blok Diyagramı.
- Ek 2 TMS320C240 Uç Görünüşü.
- Ek 3 ADMCF326 Kataloğu
- Ek 4 ADMCF 326 ile Tasarlanmış Motor Kontrol Kartı
- Ek 5 Siemens İnverter Bağlantı Şeması
- Ek 6 Tek Eksenli Sürücü Sistemi Örneği
- Ek 7 Üç Eksenli Sürücü Sistemi Örneği
- Ek 8 Doğrultuculu İki Eksenli Sürücü Örneği



Ek 1 TMS320C240 Blok Diyagramı



Ek 2 TMS320C240 Uç Görünüşü



Ek 3 ADMCF 326 Kataloĝu



28-Lead Flash Memory DSP Motor Controller

ADMCF326

TARGET APPLICATIONS

Washing Machines, Refrigerator Compressors, Fans,
Pumps, Industrial Variable Speed Drives

MOTOR TYPES

AC Induction Motors
Permanent Magnet Synchronous Motors (PMSM)
Brushless DC Motors (BDCM)

FEATURES

20 MIPS Fixed-Point DSP Core
Single Cycle Instruction Execution (50 ns)
ADSP-21xx Family Code Compatible
Independent Computational Units
ALU
Multiplier/Accumulator
Barrel Shifter
Multifunction Instructions
Single Cycle Context Switch
Powerful Program Sequencer
Zero Overhead Looping
Conditional Instruction Execution
Two Independent Data Address Generators

Memory Configuration

512 × 24-Bit Program Memory RAM
512 × 16-Bit Data Memory RAM
4K × 24-Bit Program Memory ROM
4K × 24-Bit Program Flash Memory
Three Independent Programmable Sectors
Security Lock Bit
10K Erase/Program Cycles

Three-Phase 16-Bit PWM Generator

16-Bit Center-Based PWM Generator
Programmable Dead Time and Narrow Pulse Deletion
Edge Resolution to 50 ns
150 Hz Minimum Switching Frequency
Double/Single Duty Cycle Update Mode Control
Programmable PWM Pulsewidth
Special Crossover Function for Brushless DC Motors
Individual Enable and Disable for Each PWM Output
High Frequency Chopping Mode for Transformer
Coupled Gate Drives
External PWMTRIP Pin

Integrated ADC Subsystem

Six Analog Inputs
Acquisition Synchronized to PWM Switching Frequency
Internal Voltage Reference

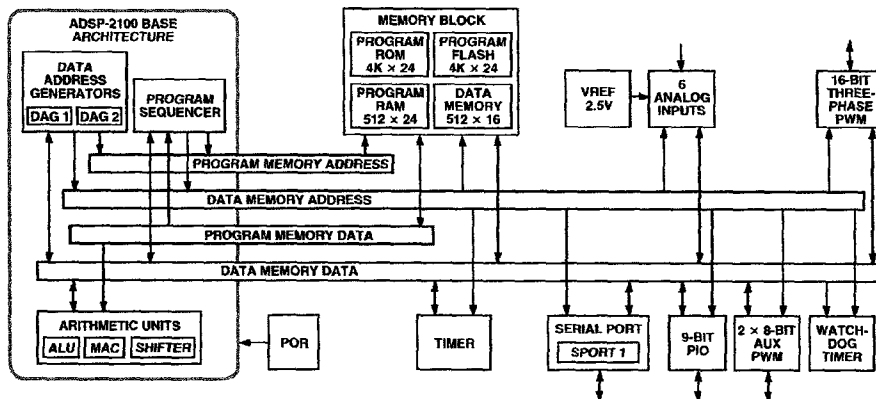
9-Pin Digital I/O Port

Bit Configurable as Input or Output
Change of State Interrupt Support
Two 8-Bit Auxiliary PWM Timers
Synthesized Analog Output
Programmable Frequency
0% to 100% Duty Cycle
Two Programmable Operational Modes
Independent Mode/Offset Mode

16-Bit Watchdog Timer

Programmable 16-Bit Internal Timer with Prescaler
Double Buffered Synchronous Serial Port
Hardware Support for UART Emulation
Integrated Power-On Reset Function Options
28-Lead SOIC Package

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM

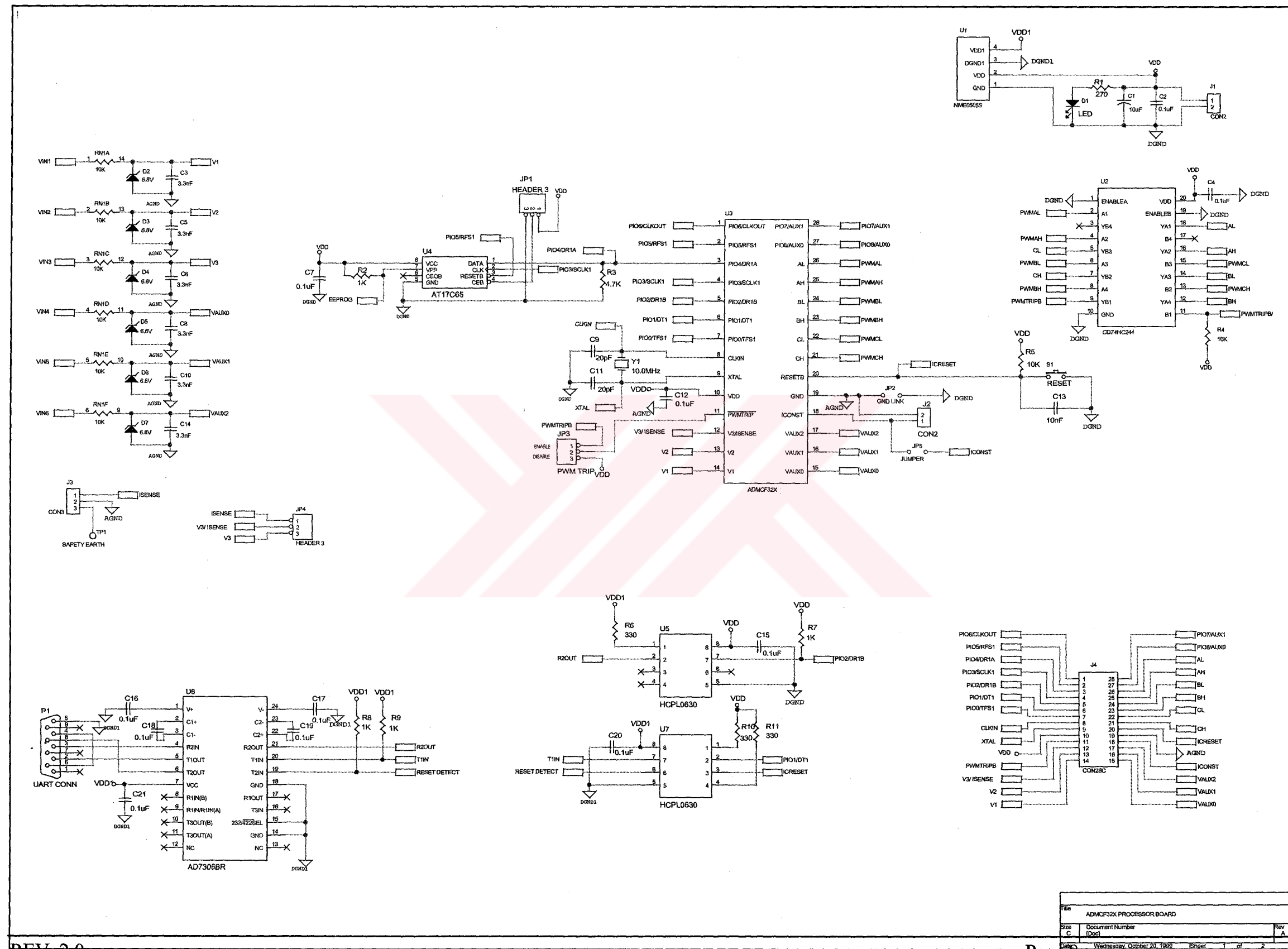


REV. 0

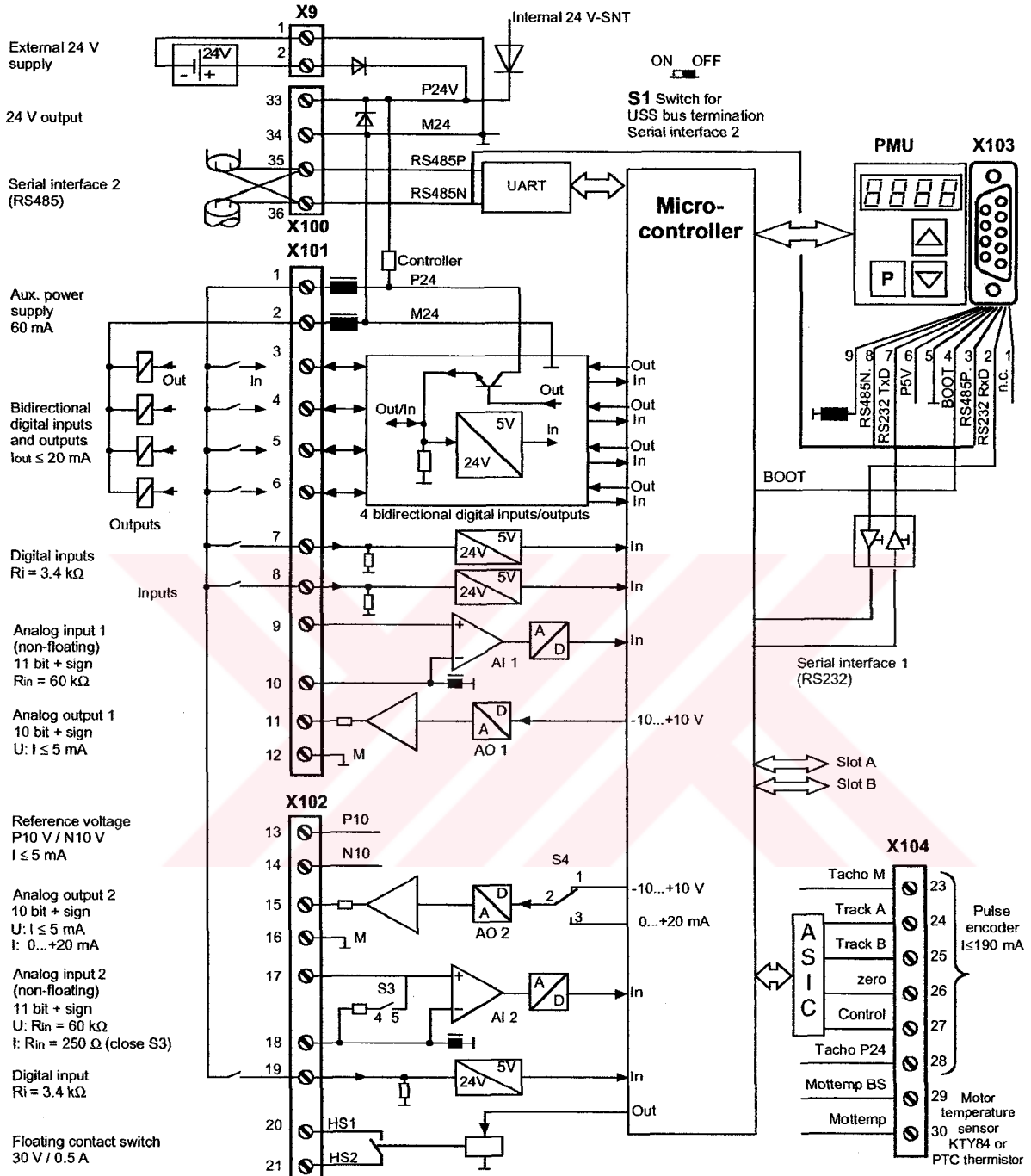
Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 781/329-4700
Fax: 781/326-8703

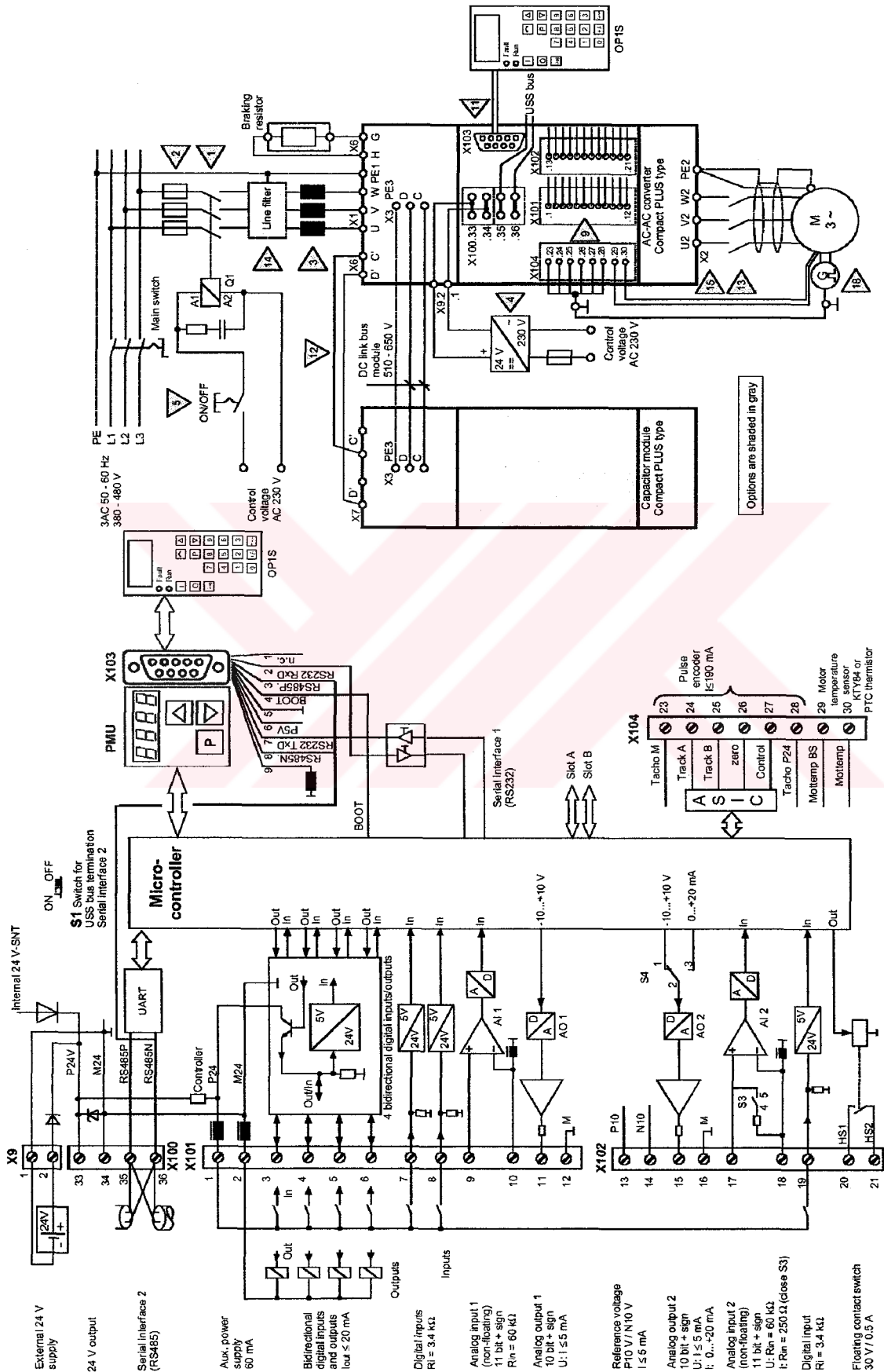
www.analog.com
© Analog Devices, Inc., 2001



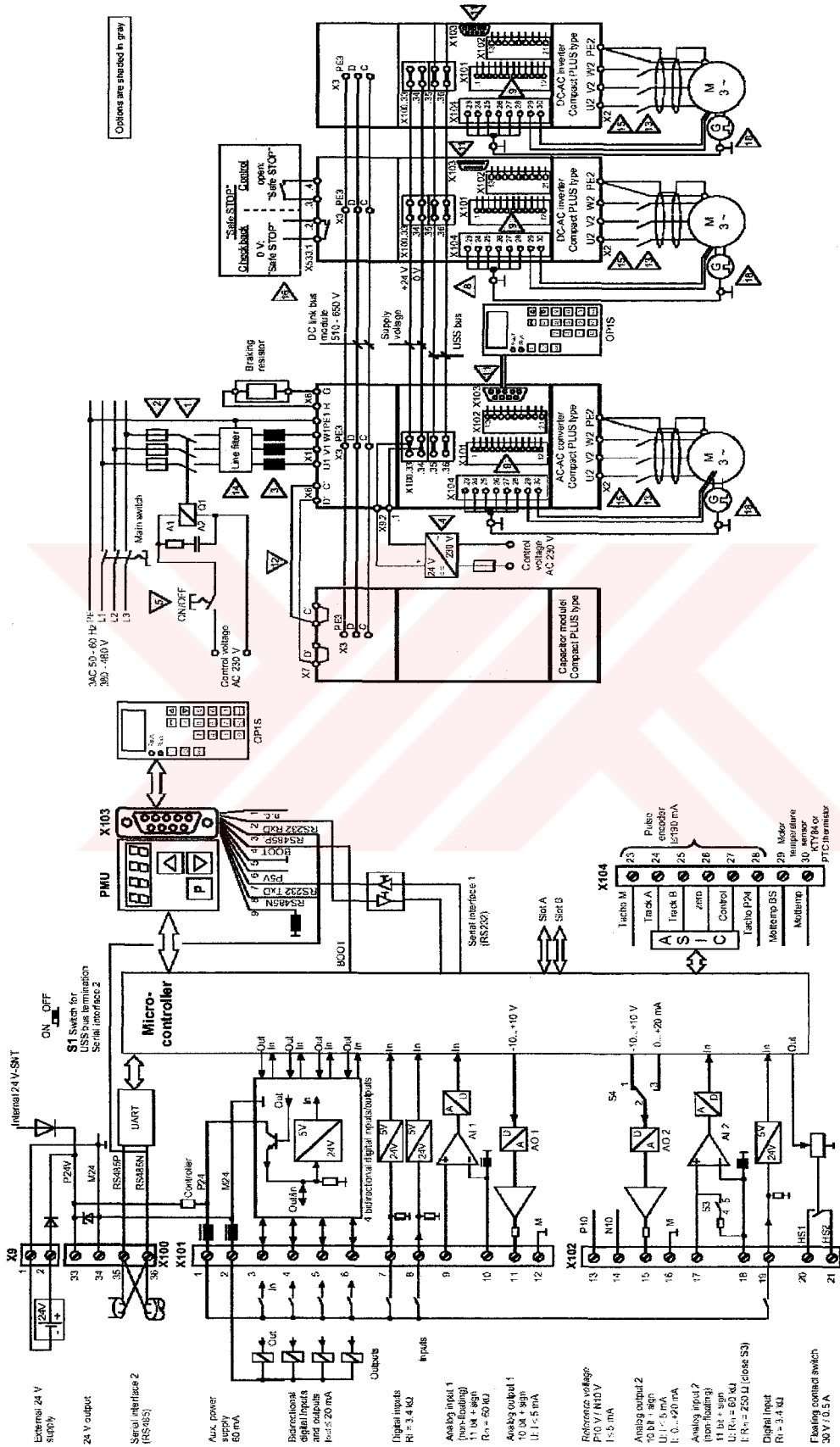
Ek 5 Siemens İverter Bağlantı Şeması



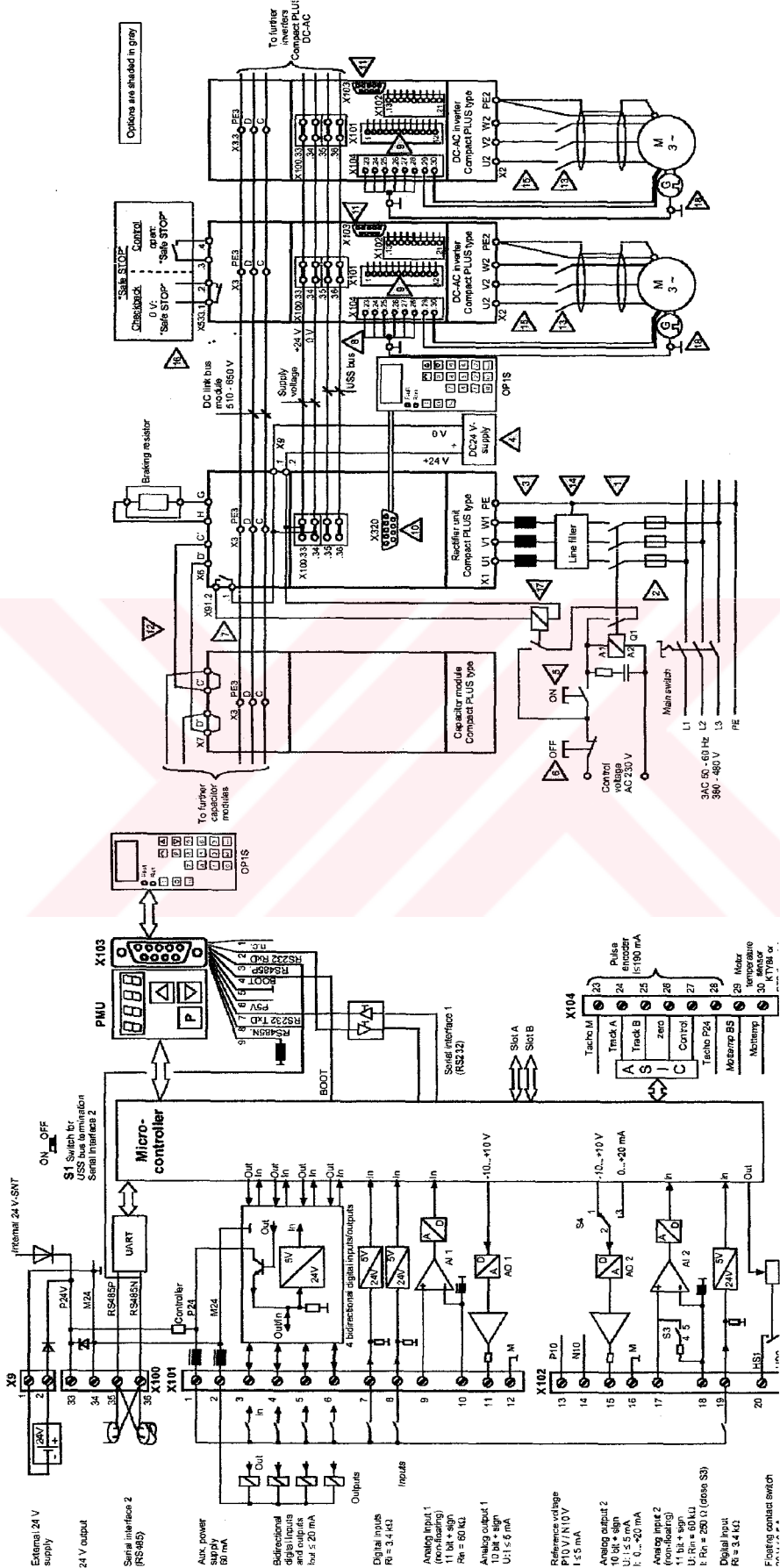
Ek 6 Tek Eksenli Sürücü Sistemi Örneği.



Ek 7 Üç Eksen Sürücü Sistemi Örneği



Ek 8 Doğrultuculu İki Eksenli Sürücü Sistemi Örneği



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	17.01.1976	
Doğum yeri	Düzce	
Lise	1990-1993	Bolu Atatürk Lisesi
Lisans	1993-1997	Yıldız Üniversitesi Elektrik- Elektronik Fak. Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2001-2003	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Haberleşme Mühendisliği

Çalıştığı Kurumlar

1997-2000 Cimes Elektronik San. Ve Tic. A.Ş.
2001-Devam ediyor Termo Makina San ve Tic. A.Ş.

