

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ASENKRON MOTORUN ELEKTRONİK HIZ KONTROLÜ

Müh. Erhan KÜÇÜKGÜZEL

93720

F.B.E Elektronik Anabilim Dalında Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı

: Prof. Dr. Oruç BİLGİÇ

Prof. Dr. Atilla ATAMAN

Prof. Dr. Galip

Can sever

İSTANBUL, 2000

[Handwritten signatures and initials]

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. ASENKRON MOTORUN MATEMATİK MODELİ	2
2.1 Asenkron Motorun Şeması ve Denklemleri:	3
2.2 Moment İfadesi.....	7
2.3 dq koordinatlarına geçiş:	8
2.4 dq Koordinatlarında Denklemler:.....	9
3. ASENKRON MOTORUN SİMULASYONU	10
3.1 Matematik Modelin Simülasyona Uygun Hale Getirilmesi:	10
3.2 Örnek Bir Asenkron Motorun Simulasyonu	10
4. ASENKRON MOTORDA HIZ AYARI.....	15
4.1 Hız Ayarında v/f Kontrolü Metodu	15
4.2 Gerilim Aradevrelili Frekans Çeviriciler.....	17
5. FREKANS ÇEVİRİCİ VE MOTORUN SİMULASYONU.....	19
5.1 180° Karedalga Yöntemi	19

5.2	120° Karedalga Yöntemi	24
5.3	PWM Yöntemi	29
6.	DONANIM.....	34
6.1	Sürücü Kartı	34
6.2	Kontrol Kartı	37
6.3	Besleme Kartı	40
7.	KOMPONENTLERİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ	42
	ATMEL AT90S8535 Mikrobilgisayar.....	42
	IR2130 Üç Faz Köprü Sürücüsü:	45
8.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	48
	KAYNAKLAR.....	49
	EKLER.....	50
	ÖZGEÇMİŞ	54

SİMGE LİSTESİ

f_s	Döner alan frekansı
f_e	Şebeke frekansı
p	Motorun kutup sayısı
n_s	Döner alanın dakikada dönme sayısı
L_{sa}, L_{sb}, L_{sc}	Stator sargılarına ait endüktanslar
R_{sa}, R_{sb}, R_{sc}	Stator sargılarına ait dirençler
L_{ra}, L_{rb}, L_{rc}	Rotor sargılarına ait endüktanslar
R_{ra}, R_{rb}, R_{rc}	Rotor sargılarına ait dirençler
$\psi_{sa}, \psi_{sb}, \psi_{sc}$	Stator fazlarına ait hava aralığı akısı
$\psi_{ra}, \psi_{rb}, \psi_{rc}$	Rotor fazlarına ait hava aralığı akısı
v_{sa}, v_{sb}, v_{sc}	Stator faz gerilimleri
v_{ra}, v_{rb}, v_{rc}	Rotor faz gerilimleri
i_{sa}, i_{sb}, i_{sc}	Stator faz akımları
i_{ra}, i_{rb}, i_{rc}	Rotor faz akımları
B	Döner alan fazörü
B_m	Tek faza ait maksimum magnetik alan
$M_{sa,b}, M_{sa,c}, M_{sb,c}$	Stator sargıları arasındaki karşıt endüklemler
$m_{sa,ra}, m_{sa,rb}, \dots$	Stator ile rotor arasındaki değişken karşıt endüklemler
M_{sr}	Stator ile rotor arasındaki değişken karşıt endüklem maksimum değeri
M	Mıknatıslanma endüktansı
θ	Stator ile rotor arasındaki mekanik açı
θ_s	Statordaki akımın fazı
ω_s	Statordaki akımın açısal frekansı
ω_r	Rotordaki akımın açısal frekansı
ω	Rotorun mekanik açısal frekansı
J	Toplam eylemsizlik
J_m	Motorun eylemsizliği
J_y	Yükün eylemsizliği
m_m	Motor momenti

m_y	Yük momenti
K_s	Stator sargı faktörü
N_s	Stator sargı sayısı
Φ	Hava aralığı magnetik akısının toplam değeri



KISALTMA LİSTESİ

ASM	Asenkron Motor
ISP	In System Programming
PWM	Pulse Width Modulation
MIPS	Mega Instructions Per Second
RISC	Reduced Instruction Set Computer
CISC	Complex Instruction Set Computer
ADC	Analog to Digital Converter
UART	Universal Asynchronous Receiver / Transmitter
ALU	Arithmetic Logic Unit
UPS	Uninterrupted Power Supply



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Üç fazlı asenkron motorun elektrik şeması.....	3
Şekil 3.1 Sinüsoidal kaynakla uyarılan asenkron motorun çıkışları	13
Şekil 3.2 Bir faza ait akımın değişimi (Şekil 3.1.c nin büyütülmüş hali)	14
Şekil 4.1 Asenkron motorun stator gerilimi frekansının değiştirilmesi ve V_s/f_s in sabit tutulması halinde moment – dönme sayısı karakteristikleri	15
Şekil 4.2 Gerilim-frekans öz eğrisi	16
Şekil 4.3 Frekans çeviricinin blokları	17
Şekil 4.4 Üç fazlı frekans çeviricinin şeması	17
Şekil 4.5 PWM frekans çeviricinin çıkış akımı ve gerilimi	18
Şekil 5.1 Motorun fazlarına uygulanan gerilimlerin zamanla değişimi	19
Şekil 5.2 180 derece karedalga ile uyarılan asenkron motorun çıkışları.....	22
Şekil 5.3 Bir faza ait akımın değişimi (Şekil 5.2.c nin büyütülmüş hali)	23
Şekil 5.4 Motorun fazlarına uygulanan gerilimlerin zamanla değişimi	24
Şekil 5.5 120 derece karedalga ile uyarılan asenkron motorun çıkışları.....	27
Şekil 5.6 Bir faza ait akımın değişimi (Şekil 5.5.c nin büyütülmüş hali)	28
Şekil 5.7 Motorun bir fazına uygulanan PWM darbeler ve alçak frekans bileşeni.....	29
Şekil 5.8 PWM ile uyarılan asenkron motorun çıkışları	32
Şekil 5.9 Bir faza ait akımın değişimi (Şekil 5.8.c nin büyütülmüş hali)	33
Şekil 6.1 Sürücü kartının şeması	35
Şekil 6.2 6N135 Optokuplöre ait $I_O/I_F - I_F$ grafiği	37
Şekil 6.3 İkinci dereceden Butterworth tipi alçak geçiren süzgeç	37
Şekil 6.4 Şekil 6.3’deki filtrenin frekans cevabı	38
Şekil 6.5 Kontrol kartının şeması.....	39
Şekil 6.6 Besleme kartının şeması.....	41
Şekil 7.1 AT90S8535Pin Konfigürasyonu.....	42
Şekil 7.2 AT90S8535 Blok diagram	44
Şekil 7.3 IR2130 Pin konfigürasyonu	45
Şekil 7.4 IR2130’un fonksiyonel blok diagramı	46
Şekil 7.5 IR2130’un tipik kullanımı.....	47

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 7.1 IR2130 Doğruluk tablosu.....	46
--	----



ÖNSÖZ

Bu tezin amacı pratik bir mühendislik çalışması ortaya çıkarmaktır. Bunun için asenkron motor hız kontrolü konusunu seçmemin sebeplerinden biri asenkron motorların yaygın kullanım alanı bulmasıdır. Bu mühendislik çalışmasında elektronik, güç elektroniği, mikroişlemciler ve yazılım gibi birçok sahanın bulunması konuyu benim açımdan daha cazip hale getirmiştir.

Tezimde geldiğim noktaya tek başıma varmadığımı hatırlatarak ;

Tüm hayatımda olduğu gibi yüksek lisansımda da desteklerini esirgemeyen başta anneme, babama ve diğer aile fertlerine,

Beni planlı bir çalışmaya teşvik eden ve yabancı kaldığım konularda teknik destek ve cesaret aldığım hocam Prof. Dr. Oruç Bilgiç'e,

Böyle bir projeyi gerçekleştirmemde fikir babası olan, birlikte 1,5 sene çalışma şansına sahip olduğum Ferdi Akçelik ve DesTEK Elektronik firması çalışanlarına,

Tez yazımı ve diğer vakit alıcı işlerde desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Nuh Erdoğan, Serkan Topaloğlu, Elif Aydın ve diğer mesai arkadaşlarıma,

Denemelerimde kullandığım motoru tedarik eden Seyhan Kotan ve çalıştığı DAL Engineering firmasına,

Motor sürücü tümdevresini bana sağlayan Esin İnceoğlu ve çalıştığı ÖZDİSAN firmasına,

ATMEL mikrobilgisayar numunelerini sağlayan ATMEL Türkiye temsilcisi DELTA firmasına,

Pratik çalışmalarımnda teknik olanaklarından faydalandığım ve bana kolaylıklar sağlayan, çalışanı olmaktan gurur duyduğum Yeditepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'ne,

Bu konuda bana cesaret ve manevi destek veren herkese teşekkürü borç biliyorum

ÖZET

Hız kontrolü için bu çalışmada frekans çevirici ilkesi kullanılmıştır. Sistemin simülasyonu için önce asenkron motorun matematik modeli incelenmiştir. Bu model üç fazlı kaynakla simülasyon ortamında uyarılarak SIMNON programında simule edilmiş, daha sonra modele farklı sürme teknikleriyle frekans çevirici modeli de eklenerek simülasyonlar tamamlanmıştır. Avantajları sebebiyle PWM sürme tekniği baz alınarak frekans çevirici ve kontrol kartı tasarlanarak prototipleri üretilmiştir. Kontrol kartı için amaca uygun yazılım tamamlanmıştır.



ABSTRACT

Frequency convertor principle was used in this study. In order to simulate the system, math model of asynchronous motor was introduced. This model was simulated with SIMNON program assuming the motor was fed by three-phase sinusoidal voltage source. The simulation continues including the frequency convertor models of different drive techniques. PWM drive technique has been selected due to its advantages. And, maybe the most time-consuming part, design and prototyping of the drive and control cards followed by the control software was completed.



1. GİRİŞ

Elektrik enerjisinin mekanik enerjiye dönüştürülmesinde büyük ölçüde asenkron motorlar kullanılır. Elektrik motorları arasındaki payı %90 kadar tahmin edilmektedir. Bu rakam asenkron motorun önemini belirtmek için yeterlidir. Çok tercih edilme sebepleri arasında; en sağlam, en az arıza yapan, en ucuz motorlar olmaları, aynı güçte DC motorlardan daha hafif olmaları, fırçalı motorlar gibi kıvılcım riski taşımamaları sayılabilir. Bununla birlikte kontrolü ise diğer motorlara kıyasla daha karmaşıktır.

Asenkron motorların kontrolünde geçmişte engel teşkil edilen bu karmaşıklık, bugünün yarıiletken anahtarları ve mikroişlemci kapasiteleriyle aşılmıştır. Tümdevre üreticilerinin genel amaçlı ürünler yanında motor kontrolüne has ürünler geliştirdiği görülmektedir. Bunlar arasında Motorola'nın MC68HC908MR24 kodlu mikrobilgisayarı 3 fazlı bir motor kontrolü için çevrebirimlerle donatılmıştır. Daha yüksek performanslı kontrol için Analog Devices firmasının ADMC200 kodlu "motion coprocessor" diye adlandırdığı işlemci, bünyesinde PWM üretimi ve vektör transformasyonu gibi işlemleri 2.9 μ s gibi kısa bir sürede tamamlayarak vektör kontrolü için yeterli performansa sahiptir. Güç elektroniği tarafında da geleneksel olarak ayırık malzeme ile gerçekleştirilen MOSFET / IGBT sürme işlemlerini tek başına tamamlayan tümdevreler üretilmektedir.

Bu noktada güncel teknolojiyi kullanarak bir çalışma sergilenmeye çalışılmıştır.

2. ASENKRON MOTORUN MATEMATİK MODELİ

Asenkron motorları senkron motörlardan ayıran en büyük farklarından biri dönme hızının sabit olmayışıdır. Bu hız senkron hızdan küçüktür. Adındaki "asenكرون" bu özellikten ileri gelir.

Asenkron motor sabit duran bir stator ve dönen bir rotora sahiptir. Statorlarında bir, iki, üç ya da çok fazlı sargılar vardır. Üç fazlı ASM larda stator yapısı değişmediği halde, rotor biri kafes diğeri sargılı olmak üzere iki tiptir. Rotorun yapılış şekline göre bilezikli ASM ve sincap kafesli ASM olarak adlandırılırlar. Bu çalışmada sincap kafesli ASM kullanılacaktır.

ASM un çalışma ilkesi bir döner alanın varlığına dayanır. Çok fazlı bir stator sargısından aynı faz sayısında bir akım geçirilirse hava aralığında sabit genlikli bir döner alan oluşur. Stator sargılarının düzenine göre ASM 'lar p çift kutup sayısında üretilirler. Döner alanın frekansı f_s , uygulanan şebeke frekansı f_e ile orantılı, çift kutup sayısı ile ters orantılıdır.

$$f_s = \frac{f_e}{p} \quad (2.1)$$

$$B = \frac{3}{2} B_m e^{-j\omega_s t} \quad (2.2)$$

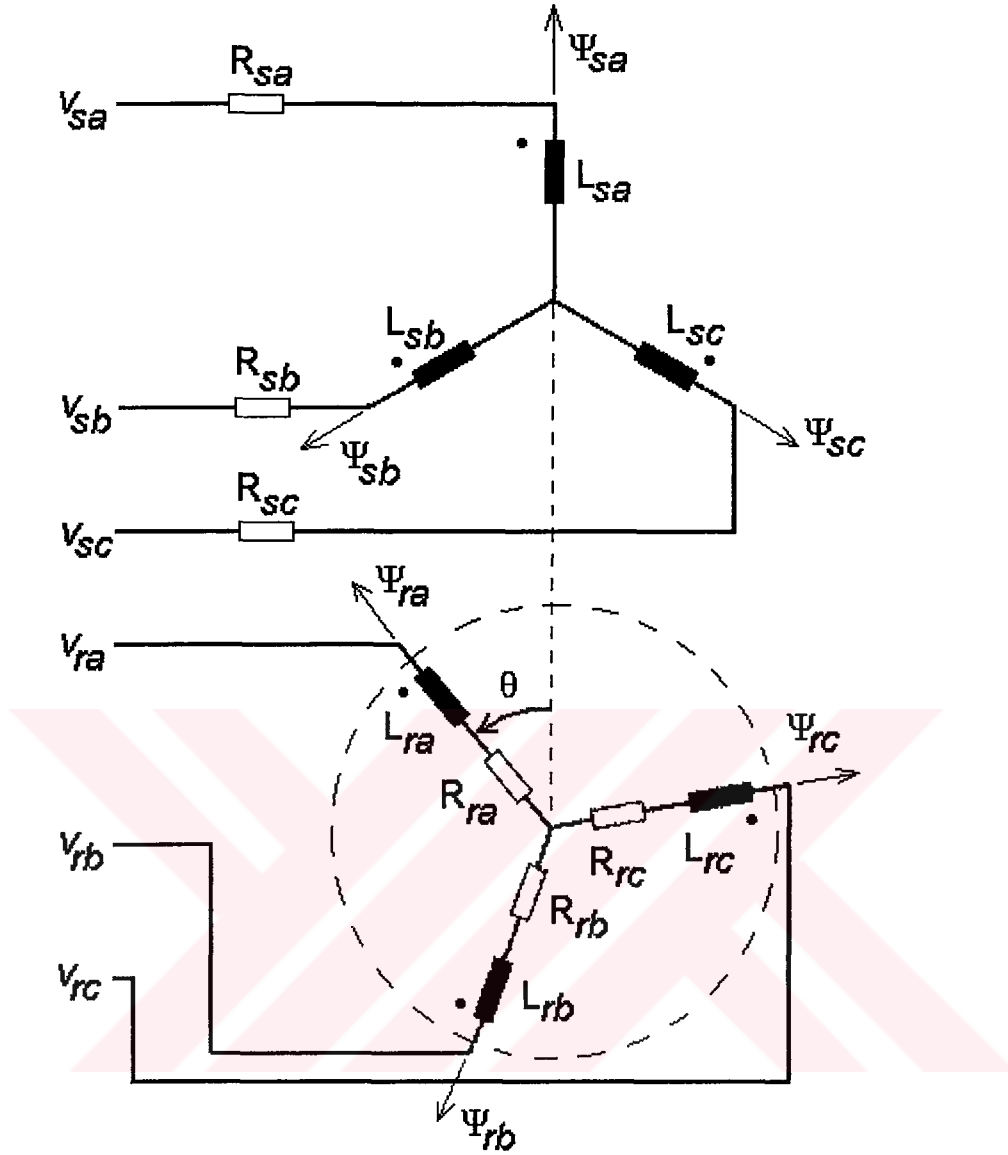
B : Döner alan fazörü

B_m : Statorun tek fazının oluşturduğu magnetik alanın maksimum değeri

Burada döner alanın dakikada dönme sayısı (n_s):

$$n_s = \frac{60f}{p} \quad (2.3)$$

Stator sargısı üç fazlı bir gerilimle beslenince hava aralığında oluşan döner alan, rotor sargısının iletkenlerinde $U = B.l.V$ (sincap kafesin çubuklarında) yasasına göre gerilim endükler ve rotor devresi kapalı olduğunda devrenin empedansına bağlı olarak rotor akımları oluşur. Döner alan (B) ve rotor akımları (i) $f = ilB$ yasasına göre bir döndürme momenti oluşturur ve rotor dönmeye başlar, daha sonra hızlanarak yüklenmenin belirlediği n devir hızına ulaşır. Boşta çalışmada bu hız pratik olarak senkron hıza eşit alınabilir.



Şekil 2.1 Üç fazlı asenkron motorun elektrik şeması

2.1 Asenkron Motorun Şeması ve Denklemleri:

Şekil 2.1 ' deki tek faz alınırsa:

$$V_{sa} = R_{sa} \cdot i_{sa} + \frac{d\psi_{sa}}{dt} \quad (2.4)$$

elde edilir.

ψ_{sa} , i_{sa} 'nın oluşturduğu akıya ek olarak tüm diğer sargıların endüklediği akıları da içerir.

Şekil 2 gözönüne alındığında:

$$\psi_{sa} = L_{sa}.i_{sa} - M_{sa,b}.i_{sb} - M_{sa,c}.i_{sc} + m_{sa,ra}.i_{ra} + m_{sa,rb}.i_{rb} + m_{sa,rc}.i_{rc} \quad (2.5)$$

dir.

Simetrik makinada, $M_{sa,b} = M_{sa,c} = M_{sb,c} = M_s$ = stator sargıları arasındaki karşıt endüklemelerdir ve sabittirler. m ile gösterilen semboller de stator ile rotor arasındaki değişken karşıt endüklemeleri gösterir. Gene sargılar eşit kabul edildiğinde, M_{sr} bu endüklemelerin maksimum değeri ise:

$$m_{sa,ra} = M_{sr} \cos \theta \quad (2.6)$$

$$m_{sa,rb} = M_{sr} \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) \quad (2.7)$$

$$m_{sa,rc} = M_{sr} \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) \quad (2.8)$$

bu denklemlerde $2p > 2$ için θ yerine $p.\theta$ koymak gerekir.

$L_{sa} = L_{sb} = L_{sc} = L_a$, $R_{sa} = R_{sb} = R_{sc} = R_a$, $M_{sa,b} = M_{sa,c} = M_{sb,c} = M_s$ alalım.

$$i_{sa} + i_{sb} + i_{sc} = 0 \quad (2.9)$$

olduğundan;

$$-M_{sa,b}.i_{sb} - M_{sa,c}.i_{sc} = M_s.i_{sa} \quad (2.10)$$

olur ve (2.5) denklemini düzenlersek:

$$\psi_{sa} = L_{sa}.i_{sa} + M_s.i_{sa} + m_{sa,ra}.i_{ra} + m_{sa,rb}.i_{rb} + m_{sa,rc}.i_{rc} \quad (2.11)$$

elde edilir. Burada:

$L_a + M_s = L_s$; stator senkron özendüklemi,

$L_{ra} + M_r = L_{rs}$; rotor senkron özendüklemi

denir.

Bu bilgiler ışığında denklemler matris düzenine alındığında:

$$[\psi_s] = [L_s][I_s] + [M_{sr}][I_r] \quad (2.12)$$

$$[\psi_r] = [L_r][I_r] + [M_{rs}][I_s] \quad (2.13)$$

$$\begin{bmatrix} \psi_s \\ \psi_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [L_s] & [M_{sr}] \\ [M_{rs}] & [L_r] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_s \\ I_r \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

$$[L_{s,r}] = \begin{bmatrix} [L_s] & [M_{sr}] \\ [M_{rs}] & [L_r] \end{bmatrix} \text{ endüktans matrisi}$$

$$[\psi_s] = \begin{bmatrix} \psi_{sa} \\ \psi_{sb} \\ \psi_{sc} \end{bmatrix}; [\psi_r] = \begin{bmatrix} \psi_{ra} \\ \psi_{rb} \\ \psi_{rc} \end{bmatrix}; [I_s] = \begin{bmatrix} i_{sa} \\ i_{sb} \\ i_{sc} \end{bmatrix}; [I_r] = \begin{bmatrix} i_{ra} \\ i_{rb} \\ i_{rc} \end{bmatrix}$$

matrisleri elde edilir.

$[L_{s,r}]$ endüktans matrisi açık şekilde yazılırsa:

$$\begin{bmatrix} L_s & 0 & 0 & M_{sr} \cos \theta & M_{sr} \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) & M_{sr} \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) \\ 0 & L_s & 0 & M_{sr} \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & M_{sr} \cos \theta & M_{sr} \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) \\ 0 & 0 & L_s & M_{sr} \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) & M_{sr} \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & M_{sr} \cos \theta \\ M_{sr} \cos \theta & M_{sr} \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & M_{sr} \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) & L_r & 0 & 0 \\ M_{sr} \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) & M_{sr} \cos \theta & M_{sr} \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & 0 & L_r & 0 \\ M_{sr} \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & M_{sr} \cos(\theta + \frac{2\pi}{3}) & M_{sr} \cos \theta & 0 & 0 & L_r \end{bmatrix}$$

Modeldeki bilinmeyenlerin sayısı; 6 akım + 6 akı + θ açısı =13 tanedir. Elde edilen denklemler:

$$V_{sa} = R_s \cdot i_{sa} + \frac{d\omega_{sa}}{dt} \quad (2.15)$$

$$V_{sb} = R_s \cdot i_{sb} + \frac{d\omega_{sb}}{dt} \quad (2.16)$$

$$V_{sc} = R_s \cdot i_{sc} + \frac{d\omega_{sc}}{dt} \quad (2.17)$$

$$V_{ra} = R_s \cdot i_{ra} + \frac{d\omega_{ra}}{dt} \quad (2.18)$$

$$V_{rb} = R_s \cdot i_{rb} + \frac{d\omega_{rb}}{dt} \quad (2.19)$$

$$V_{rc} = R_s i_{rc} + \frac{d\omega_{rc}}{dt} \quad (2.20)$$

(2.14) nolu 6 denklem de katıldığında 12 denklemimiz var. θ ile ilgili olarak:

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega = \omega_s - \omega_r \quad (2.21)$$

ω : rotorun mekanik açısal hızı

ω_s : statordaki akımın açısal frekansı

ω_r : rotordaki akımın açısal frekansı

denklemini yazılabilir. Bu aynı zamanda makinanın sürekli enerji dönüşümü şartının sonucudur.

2.2 Moment İfadesi

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = m_m - m_y \quad (2.22)$$

şeklindedir.

$$J = J_m + J_y : \text{Motor ve yüke ait toplam eylemsizlik,} \quad (2.23)$$

m_m : Motor momenti,

m_y : Yük momenti.

Motorda endüklenen moment (m_m), motordaki akımların bir fonksiyonudur.

$$m_m = -\frac{1}{2} [i_{sa} i_{sb} i_{sc} i_{ra} i_{rb} i_{rc}] \frac{\partial [L_{s,r}]}{\partial \theta} \begin{bmatrix} i_{sa} \\ i_{sb} \\ i_{sc} \\ i_{ra} \\ i_{rb} \\ i_{rc} \end{bmatrix} \quad (2.24)$$

Sonuçta elimizde (2.14) ten (2.24) e kadar olan denklemler vardır. Bu 15 adet denklem 15 bilinmeyen içerdiği için model tamamlanmıştır. (2.14)...(2.20) 'den gelen akım-gerilim denklemleri düzenlenirse:

$$\begin{bmatrix} V_s \\ V_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [R_s] & 0 \\ 0 & [R_r] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [I_s] \\ [I_r] \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \left([L_{s,r}] \begin{bmatrix} [I_s] \\ [I_r] \end{bmatrix} \right) \quad (2.25)$$

elde edilir. Bu zamanla değişen bir sistemdir. Çünkü $[L_{s,r}]$ matrisindeki $\theta = \theta(t)$ zamanın fonksiyonudur. Böyle bir sistemde işlemler oldukça karmaşık olacaktır. Zamanla değişmeyen (sabit katsayılı) bir sisteme geçmek için Park dönüşümü gereklidir. Bu dönüşümle (a,b,c) eksenlerinden (d,q,0) eksenlerine geçmiş oluruz.

2.3 dq koordinatlarına geçiş:

Bu dönüşümün amacı rotor ve statordaki eksenleri izdüşümlerinden oluşan, statora göre ω_s açısı ile dönen, birbirine dik iki eksene indirgemektir. Bunun için, makinenin simetrik olduğu kabulü ile Park dönüşümü kullanılacaktır.

$$[A] = \begin{bmatrix} \cos \theta_s & \cos(\theta_s - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta_s + \frac{2\pi}{3}) \\ -\sin \theta_s & -\sin(\theta_s - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta_s + \frac{2\pi}{3}) \end{bmatrix} \quad (2.26)$$

$$[B] = \begin{bmatrix} \cos \theta_s & -\sin \theta_s \\ \cos(\theta_s - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta_s - \frac{2\pi}{3}) \\ \cos(\theta_s + \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta_s + \frac{2\pi}{3}) \end{bmatrix} \quad (\text{Ters Park Dönüşümü}) \quad (2.27)$$

$$[i_s]_{dq} = \begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} [A] \begin{bmatrix} i_{sa} \\ i_{sb} \\ i_{sc} \end{bmatrix} \quad (2.28)$$

aynı şekilde,

$$[V_s]_{dq} = \sqrt{\frac{2}{3}} [A] [V_s]_{abc} \quad (2.29)$$

$$[i_s]_{abc} = \sqrt{\frac{2}{3}} [B][i_s]_{dq} \quad (2.30)$$

$$[V_s]_{abc} = \sqrt{\frac{2}{3}} [B][V_s]_{dq} \quad (2.31)$$

2.4 dq Koordinatlarında Denklemler:

$$\frac{d\psi_{sd}}{dt} = V_{sd} + \omega_s \psi_{sq} - R_s i_{sd} \quad (2.32)$$

$$\frac{d\psi_{sq}}{dt} = V_{sq} - \omega_s \psi_{sd} - R_s i_{sq} \quad (2.33)$$

$$\frac{d\psi_{rd}}{dt} = V_{rd} + \omega_r \psi_{rq} - R_r i_{rd} \quad (2.34)$$

$$\frac{d\psi_{rq}}{dt} = V_{rq} + \omega_r \psi_{rd} - R_r i_{rq} \quad (2.35)$$

$$\psi_{sd} = (L_s + M)i_{sd} + M i_{rd} \quad (2.36)$$

$$\psi_{sq} = (L_s + M)i_{sq} + M i_{rq} \quad (2.37)$$

$$\psi_{rd} = (L_r + M)i_{rd} + M i_{sd} \quad (2.38)$$

$$\psi_{rq} = (L_r + M)i_{rq} + M i_{sq} \quad (2.39)$$

Mekanik denklemler:

$$m_m = \frac{3}{2} (\lambda_{sd} i_{sq} - \lambda_{sq} i_{sd}) \quad (2.40)$$

$$(J_m + J_y) \frac{d\omega}{dt} = m_m - m_y \quad (2.41)$$

$$\omega = \omega_s - \omega_r \quad (2.42)$$

3. ASENKRON MOTORUN SİMULASYONU

3.1 Matematik Modelin Simülasyona Uygun Hale Getirilmesi:

(2.36), (2.37), (2.38) ve (2.39) denklemlerinin simülasyonunda akımlar diğer akımlara bağlı olduğundan denklemler birbirlerinin sonuçlarını bekler, böylece bir “kısır döngü” oluşur (simülasyon programlarında “algebraic loop” uyarısına sebep olur). Bunun üstesinden gelmek için akımlar sadece akımların fonksiyonu olacak şekilde bu dört denklem tekrar düzenlenirse aşağıdaki dört denklem elde edilir.

$$i_{sd} = \frac{\psi_{rd} - (L_r + M).i_{rd}}{M} \quad (3.1)$$

$$i_{rd} = \frac{M.\psi_{sd} - (L_s + M).\psi_{rd}}{M^2 - (L_r + M)(L_s + M)} \quad (3.2)$$

$$i_{sq} = \frac{\psi_{rq} - (L_r + M).i_{rq}}{M} \quad (3.3)$$

$$i_{rq} = \frac{M.\psi_{sq} - (L_s + M).\psi_{rq}}{M^2 - (L_r + M)(L_s + M)} \quad (3.4)$$

Simülasyonda

(2.32),(2.33),(2.34),(2.35),(2.40),(2.41),(2.42),(3.1),(3.2),(3.3),(3.4)

denklemleri kullanılacaktır.

3.2 Örnek Bir Asenkron Motorun Simülasyonu

Parametreleri aşağıda verilmiş olan motorun 3 fazına 220V efektif değeri olan, fazlar arası 120° olan sinüzoidal gerilimler tatbik edilmiştir. Gerilimlerin frekansı yaklaşık 50Hz için $\omega_s = 2\pi f \cong 314 \text{ Rd/s}$ alınmıştır. Simülasyon dq koordinatlarında yapılacağı için V_{sq} ve V_{sd} nin hesaplanması gereklidir. Fazlara uygulanan gerilimler:

$$\begin{aligned}
V_{sa} &= V_s \cdot \cos(\omega_s t + \delta) \\
V_{sb} &= V_s \cdot \cos(\omega_s t + \delta - \frac{2\pi}{3}) \\
V_{sc} &= V_s \cdot \cos(\omega_s t + \delta + \frac{2\pi}{3})
\end{aligned} \tag{3.5}$$

Buradan dq koordinatlarına geçildiğinde

$$\begin{aligned}
V_{sd} &= -V_s \cdot \sin \delta \\
V_{sq} &= V_s \cdot \cos \delta
\end{aligned} \tag{3.6}$$

sabit gerilimleri elde edilir.

Örnek motor parametreleri:

$$R_s = 0.531 \Omega$$

$$R_r = 0.408 \Omega$$

$$M = 0.085 \text{H}$$

$$L_s = L_r = 0.0025 \text{H}$$

$$J_m = 0.01 \text{kg.m}^2$$

$$\delta = 0$$

$$J_y = 0$$

$$M_y = 0$$

Sisteme $t=0.5$ sn.de simülasyon ortamında $J_y=0.01 \text{ kg.m}^2$ ve $m_y=50 \text{ N.m}$ parametrelerine sahip bir yük uygulanmıştır.

SIMNON Program Dökümü

```
continuous system asm
time t
```

```
state fsq fsd frq frd w
der dfsq dfds dfrq dfrd dw
```

```
"-----
"Asenkron Makinenin Matematik Modeli
"-----
```

```
dfds=vsd+ws*fsq-Rs*isd
dfsq=vsq-ws*fsd-Rs*isq
dfrd= wr*frq-Rr*ird
dfrq=-wr*frd-Rr*irq
```

```
irq=(M*fsq-(M+Ls)*frq)/(sqr(M)-(Ls+M)*(Lr+M))
ird=(M*fsd-(M+Ls)*frd)/(sqr(M)-(Ls+M)*(Lr+M))
isd=(frd-(Lr+M)*ird)/M
isq=(frq-(Lr+M)*irq)/M
```

```
mm=1.5*(fsd*isq-fsq*isd)
dw=(mm-my)/(Jm+Jy)
wr=ws-w
```

```
"-----
"      deney
"-----
```

```
my=if t<0.5 then 0 else 50
jy=if t<0.5 then 0 else 0.01
```

```
ws=314
vs=220 " gerilimin efektif degeri
```

```
"-----
"  MOTOR
```

```
Rs: 0.531
Rr: 0.408
M : 0.085
Ls: 0.0025
Lr: 0.0025
jm: 0.01
```

```
"-----
"sabitler:
```

```
pi:3.141593
pd=2*pi/3 "fazlar arasi faz farkı (Rad)
d : 0 "döner alan - gerilimler arası faz farkı (Rad)
```

```
"-----
" FAZLARA UYGULANAN GERİLMELER
```

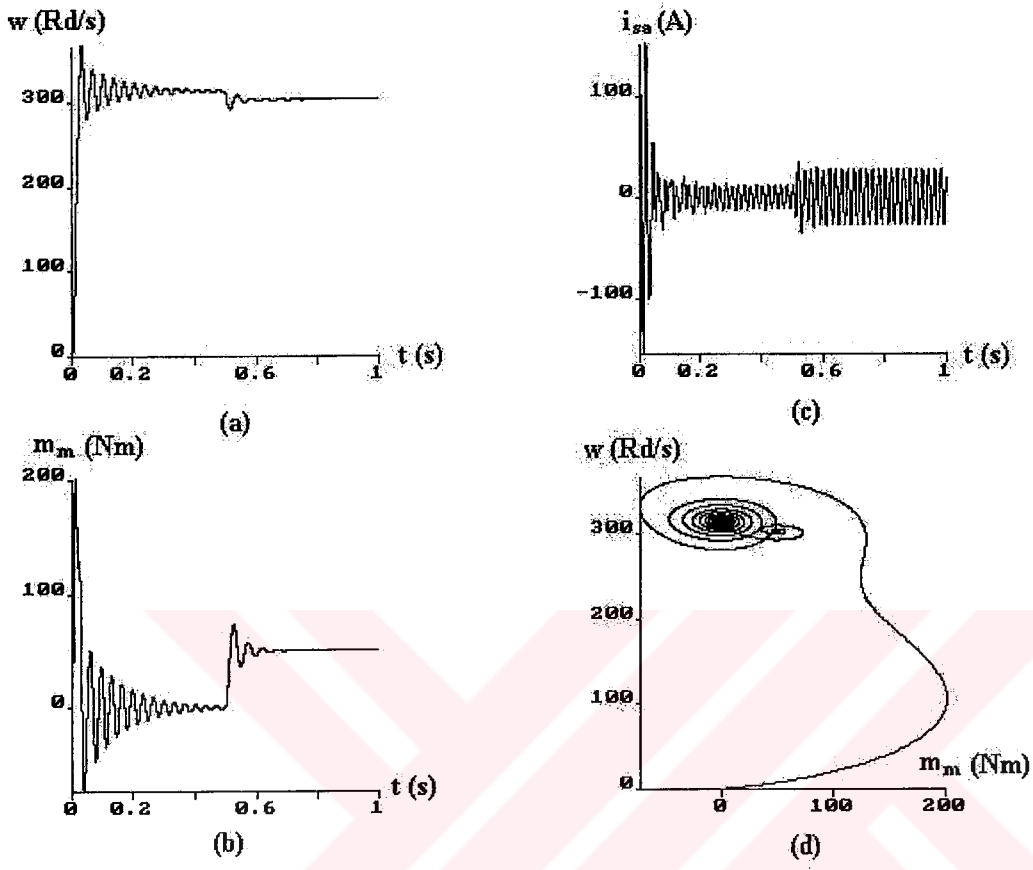
```
teta=ws*t
vsa=1.41*vs*cos(teta+d)
vsb=1.41*vs*cos(teta+d-2*pi/3)
vsc=1.41*vs*cos(teta+d+2*pi/3)
```

```
"-----
" DQ KOORDİNATLARINA GEÇİŞ (PARK DÖNÜŞÜMÜ)
```

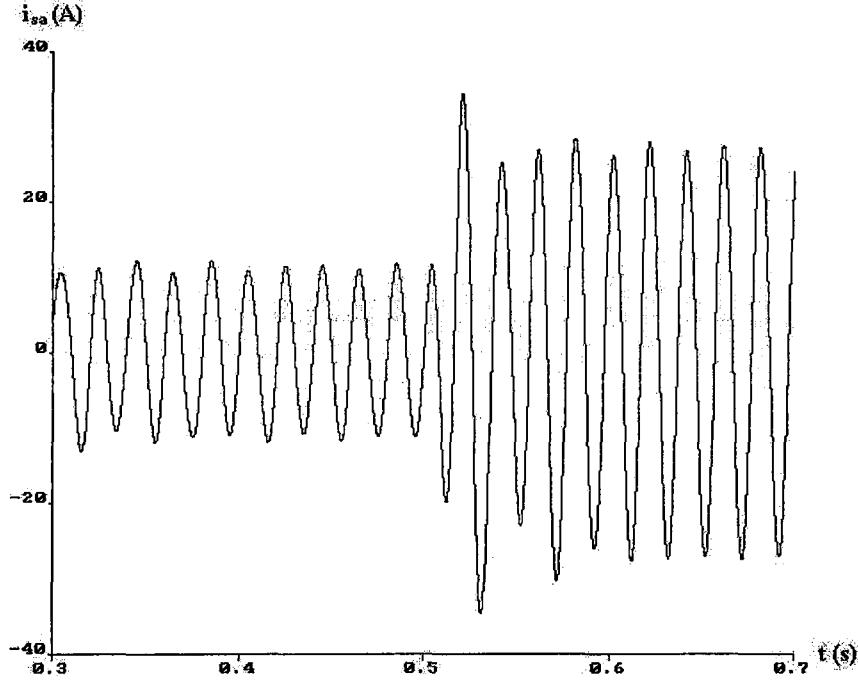
```
vds= sqr(2/3) * ( cos(teta)*vsa + cos(teta-pd)*vsb + cos(teta+pd)*vsc )
vsq= - sqr(2/3) * ( sin(teta)*vsa + sin(teta-pd)*vsb + sin(teta+pd)*vsc )
```

```
"-----
end
```

SIMNON Çıktıları



Şekil 3.1 Sinüsoidal kaynakla uyarılan asenkron motorun çıkışları



Şekil 3.2 Bir faza ait akımın değişimi (Şekil 3.1.c nin büyütülmüş hali)

4. ASENKRON MOTORDA HIZ AYARI

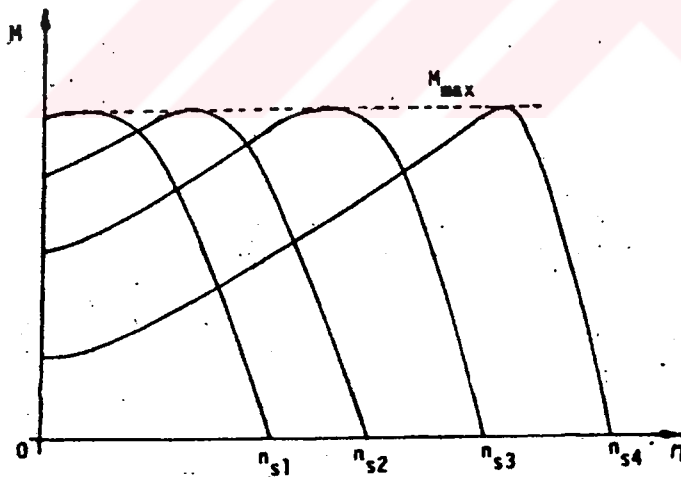
4.1 Hız Ayarında v/f Kontrolü Metodu

Bir asenkron motorun senkron hızı ya da teorik boşta çalışma hızı stator sargılarına uygulanan gerilimin frekansı f_s ve kutup sayısı $2p$ olduğuna göre, aşağıdaki bağıntı ile verilir:

$$n_s = 60 f_s / p \quad (4.1)$$

O halde asenkron motorun senkron hızı, belli p kutup sayısında, stator geriliminin f_s frekansı ile değiştirilip kontrol edilebilir. Frekansı değiştirerek yapılan hız kontrolünde asenkron motorun momentinin maksimum değerinin sabit kalması sağlanır. Bu amaçla V_s/f_s oranı yaklaşık olarak sabit tutulur. Stator sargısının direnç ve kaçak reaktansı ihmal edilirse, gerilim formülüne göre hava aralığı magnetik akısı bütün yüklerde gerilimle doğru, frekansla ters orantılıdır.

$$\Phi_M = \frac{V_s}{4,44 \cdot K_s \cdot f_s \cdot N_s} \quad (4.2)$$

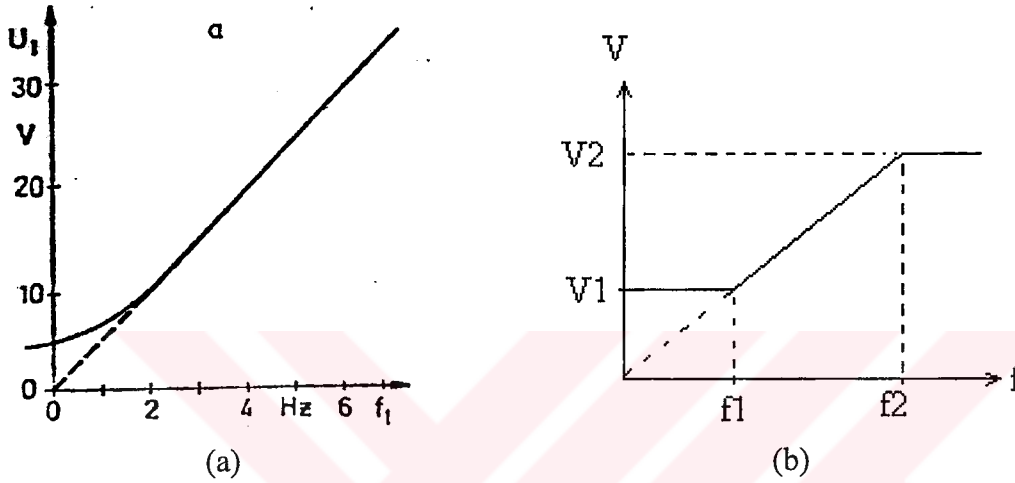


Şekil 4.1 Asenkron motorun stator gerilimi frekansının değiştirilmesi ve V_s/f_s in sabit tutulması halinde moment – dönme sayısı karakteristikleri

$K_s = \text{sabit} = \text{stator sargı faktörü}$

$N_s = \text{sabit} = \text{stator sargı sayısı}$

V_s/f_s oranının sabit tutulması, stator direncinin egemen eleman olduğu düşük frekanslarda yetersiz kalır. Bu durumda hava aralığı akısı ve onunla beraber döndürme momenti düşer. Bu sakıncayı giderecek olan gerilim – frekans özeğrisi Şekil 4.2.a da verilmiştir. Pratikte ise gerçekleştirmesi kolay olan şekil 4.2.b deki özeğri yaygın olarak kullanım alanı bulur.



Şekil 4.2 Gerilim-frekans özeğrisi

Gerilim frekansı oranının sabitliğine dayanarak, anma değerleri V_{IN} , f_{IN} olan üç fazlı bir asenkron motorun V/f oranı:

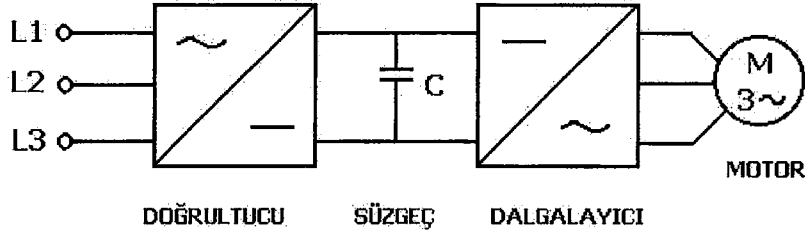
$$K = V / f = V_{IN} / f_{IN} \quad (4.3)$$

Şekil 4.2.b deki V_1 , f_1 değerleri pratik olarak motora yol verebilen minimum değerler olarak alınabilir

4.2 Gerilim Aradevrelili Frekans Çeviriciler

Bir gerilim aradevrelili frekans çevirici üç kısım olarak düşünülebilir.

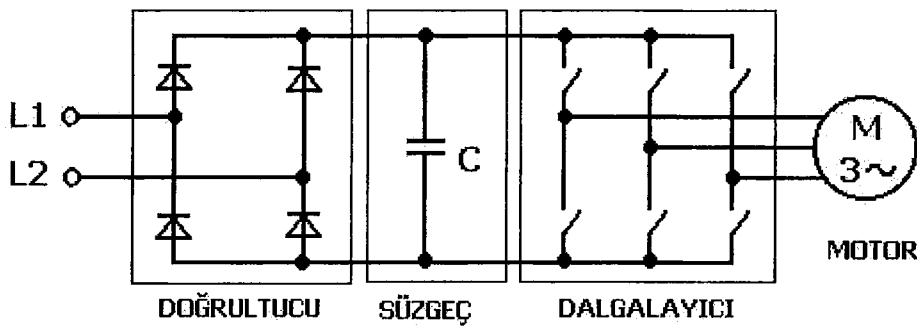
Doğrultucu , Süzgeç Kapasitesi , Dalgalayıcı



Şekil 4.3 Frekans çeviricinin blokları

Şebekeden doğrultulan gerilim, C kapasitesi ile dalgalanması az bir DC gerilime çevrilir. Dalgalayıcı ise, kontrol metoduna bağlı olarak istenen frekansta alternatif gerilim üretir. DC hattaki gerilimin seviyesi, yaklaşık olarak şebekeden doğrultulan gerilimin tepe değerindedir. V/f oranı ile hız kontrolü yapılacaksa motora uygulanan gerilimin genliği kontrol edilebilir olmalıdır. Bunun için bir yol doğrultucunun tristörlerden oluşup kontrol edilmesi veya doğrultucu ile dalgalayıcı arasında bir gerilim kısıyıcı bulunmasıdır.

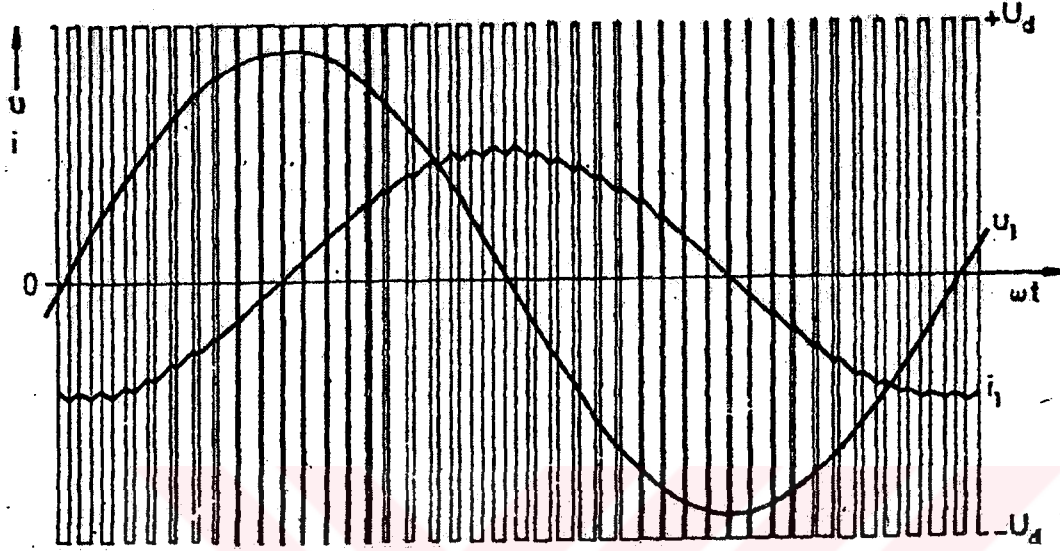
Bu yöntemlerde tepki süresi, süzgeç kapasitesi sebebiyle gecikir ve doğrultucu kumandalı olduğundan şebekede olumsuz etkiye sebep olur. Dalgalayıcının motora uyguladığı dalga biçimi kare dalga olduğundan yüksek frekans harmoniklerine sahiptir. Bu da motorda ısı kayıplara, düzensiz çalışmaya yol açar.



Şekil 4.4 Üç fazlı frekans çeviricinin şeması

Nispeten daha yeni bir yöntem darbe genişlik modülasyonu (PWM) yöntemidir. Dalgalayıcıdaki anahtar elemanı (tristör, IGBT, güç MOSFET'i..) statorda oluşturulan akımın frekansına göre daha yüksek frekansta kare dalga ile kontrol edilir. (1kHz - 15 kHz) PWM

teknikinde bir mikroişlemci yardımıyla genliği ve frekansı ayarlanabilir bir sinüs elde edilebilir. Motorun alçak geçiren süzgeç karakteristiği PWM frekansını bastırdığında akım sinüs biçimli olur. Tam yükte dönüştürücü verimi %98'i geçer. Giriş doğrultucusu kumandasız çalıştığından şebekeye etkisi azdır ve güç katsayısı yaklaşık 1'e eşittir.



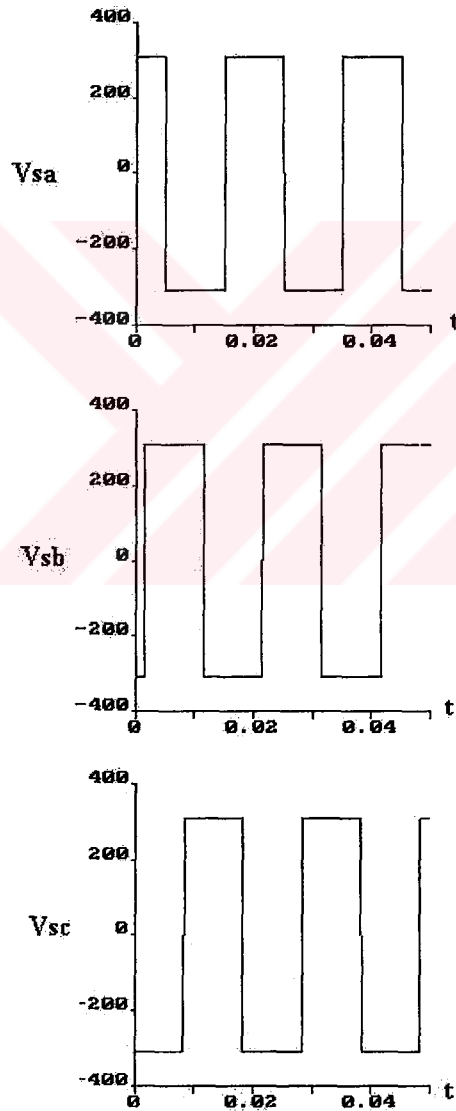
Şekil 4.5 PWM frekans çeviricinin çıkış akımı ve gerilimi

5. FREKANS ÇEVİRİCİ VE MOTORUN SİMULASYONU

Simülasyonda kullanılan motor ayırıt 3.2’de kullanılanın aynısıdır ve sisteme $t=0.5$ sn.de $J_y=0.01 \text{ kg.m}^2$ ve $m_y=50 \text{ N.m}$ parametrelerine sahip bir yük uygulanır.

5.1 180° Karedalga Yöntemi

Motorun fazlarının Şekil 5.1’deki gerilimlerle sürülmesi simule edilmiştir.



Şekil 5.1 Motorun fazlarına uygulanan gerilimlerin zamanla değişimi

SIMNON Program Dökümü

```

continuous system asm
time t

state fsq fsd frq frd w
der dfsq dfds dfrq dfrd dw

"-----
" 180' KAREDALGA UYGULAMASI
"-----
"Asenkron Makinenin Matematik Modeli
"-----

dfds=vsd+ws*fsq-Rs*isd
dfsq=vsq-ws*fsd-Rs*isq
dfrd= wr*frq-Rr*ird
dfrq=-wr*frd-Rr*irq

irq=(M*fsq-(M+Ls)*frq)/(sqr(M)-(Ls+M)*(Lr+M))
ird=(M*fsd-(M+Ls)*frd)/(sqr(M)-(Ls+M)*(Lr+M))
isd=(frd-(Lr+M)*ird)/M
isq=(frq-(Lr+M)*irq)/M

mm=1.5*(fsd*isq-fsq*isd)
dw=(mm-my)/(Jm+Jy)
wr=ws-w

"-----
" ÇIKIŞ
"-----

isa=sqrt(2/3) * (cos(teta)*isd-sin(teta)*isq)

"-----
" deney
"-----

my=if t<0.5 then 0 else 40
ws=314
vs=220 " gerilimin efektif degeri

"-----
" MOTOR
Rs: 1
Rr: 1
M : 0.085
Ls: 0.0025
Lr: 0.0025
jm: 0.02
jy: 0

"-----
"sabitler:
pi:3.141593
pd=2*pi/3 "fazlar arasi faz farkı (Rad)
d : 0 "d"ner alan - gerilimler arası faz farkı (Rad)
"-----
" FAZLARA UYGULANAN GERİLİMLER

```

```

teta=ws*t
vsa=1.41 * vs * sign(cos(teta+d))
vsb=1.41 * vs * sign(cos(teta+d-2*pi/3))
vsc=1.41 * vs * sign(cos(teta+d+2*pi/3))

"-----
"  DQ KOORDINATLARINA GEÇİŞ

vsd= sqrt(2/3) * ( cos(teta)*vsa + cos(teta-pd)*vsb + cos(teta+pd)*vsc )
vsq= - sqrt(2/3) * ( sin(teta)*vsa + sin(teta-pd)*vsb + sin(teta+pd)*vsc )

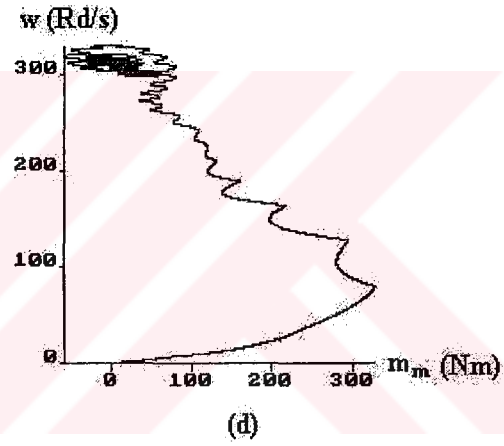
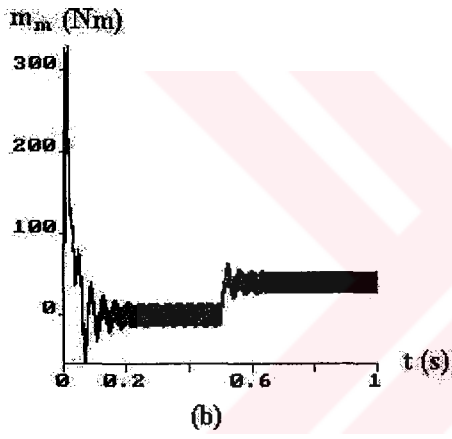
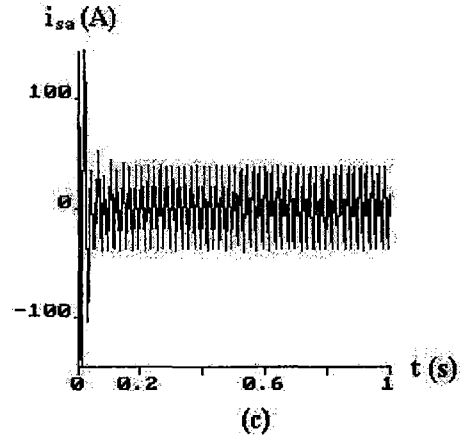
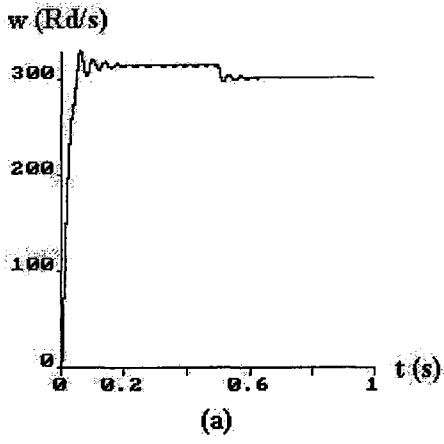
"-----

end

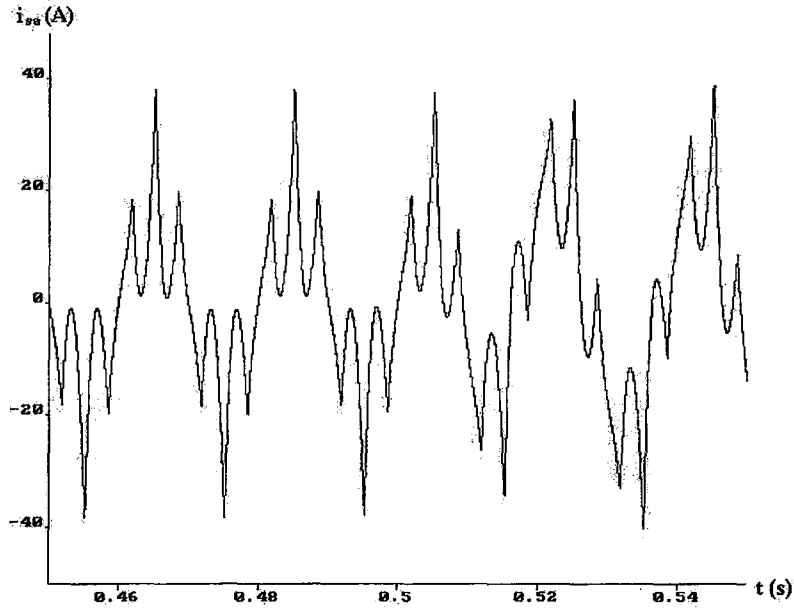
```



SIMNON Çıktıları



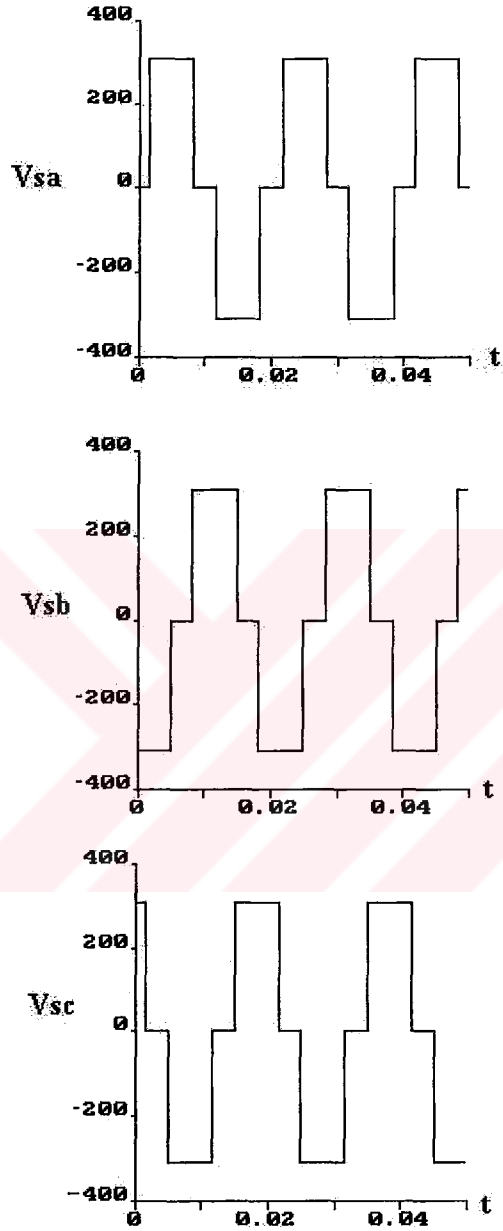
Şekil 5.2 180 derece karedalga ile uyarılan asenkron motorun çıkışları



Şekil 5.3 Bir faza ait akımın değişimi (Şekil 5.2.c nin büyütülmüş hali)

5.2 120° Karedalga Yöntemi

Motorun fazlarının Şekil 5.4'deki gerilimlerle sürülmesi simule edilmiştir.



Şekil 5.4 Motorun fazlarına uygulanan gerilimlerin zamanla değişimi

SIMNON Program Dökümü

```

continuous system asm
time t

state fsq fsd frq frd w
der dfsq dfds dfrq dfrd dw

"-----

" 120' KAREDALGA UYGULAMASI

"-----
"Asenkron Makinenin Matematik Modeli
"-----

dfds=vsd+ws*fsq-Rs*isd
dfsq=vsq-ws*fsd-Rs*isq
dfrd= wr*frq-Rr*ird
dfrq=-wr*frd-Rr*irq

irq=(M*fsq-(M+Ls)*frq)/(sqr(M)-(Ls+M)*(Lr+M))
ird=(M*fsd-(M+Ls)*frd)/(sqr(M)-(Ls+M)*(Lr+M))
isd=(frd-(Lr+M)*ird)/M
isq=(frq-(Lr+M)*irq)/M

mm=1.5*(fsd*isq-fsq*isd)
dw=(mm-my)/(Jm+Jy)
wr=ws-w

"-----
" ÇIKIŞ
"-----

isa=sqrt(2/3) * (cos(teta)*isd-sin(teta)*isq)

"-----
" deney
"-----

my=if t<0.5 then 0 else 20
ws=314
vs=220 " gerilimin efektif degeri
vsm=vs*sqrt(2) " gerilimin maksimum degeri
"-----
" MOTOR
Rs: 1
Rr: 1
M : 0.085
Ls: 0.0025
Lr: 0.0025
jm: 0.02
jy: 0

"-----
"sabitler:
pi:3.141593
pd=2*pi/3 "fazlar arasi faz farkı (Rad)
d : 0 "d"ner alan - gerilimler arası faz farkı (Rad)
"-----
" FAZLARA UYGULANAN GERİLİMLER

```

```

teta=ws*t

t1=mod(teta+d , 2*pi ) / (pi/6)
t2=mod(teta+d+4*pi/3 , 2*pi ) / (pi/6)
t3=mod(teta+d+2*pi/3 , 2*pi ) / (pi/6)

kd1=if t1<1 then 0 else if t1<5 then 1 else if t1<7 then 0 else 1
kd11=if t1>7 and t1<11 then -1 else if t1>11 then 0 else kd1

kd2=if t2<1 then 0 else if t2<5 then 1 else if t2<7 then 0 else 1
kd22=if t2>7 and t2<11 then -1 else if t2>11 then 0 else kd2

kd3=if t3<1 then 0 else if t3<5 then 1 else if t3<7 then 0 else 1
kd33=if t3>7 and t3<11 then -1 else if t3>11 then 0 else kd3

vsa=1.41 * vs * kd11
vsb=1.41 * vs * kd22
vsc=1.41 * vs * kd33

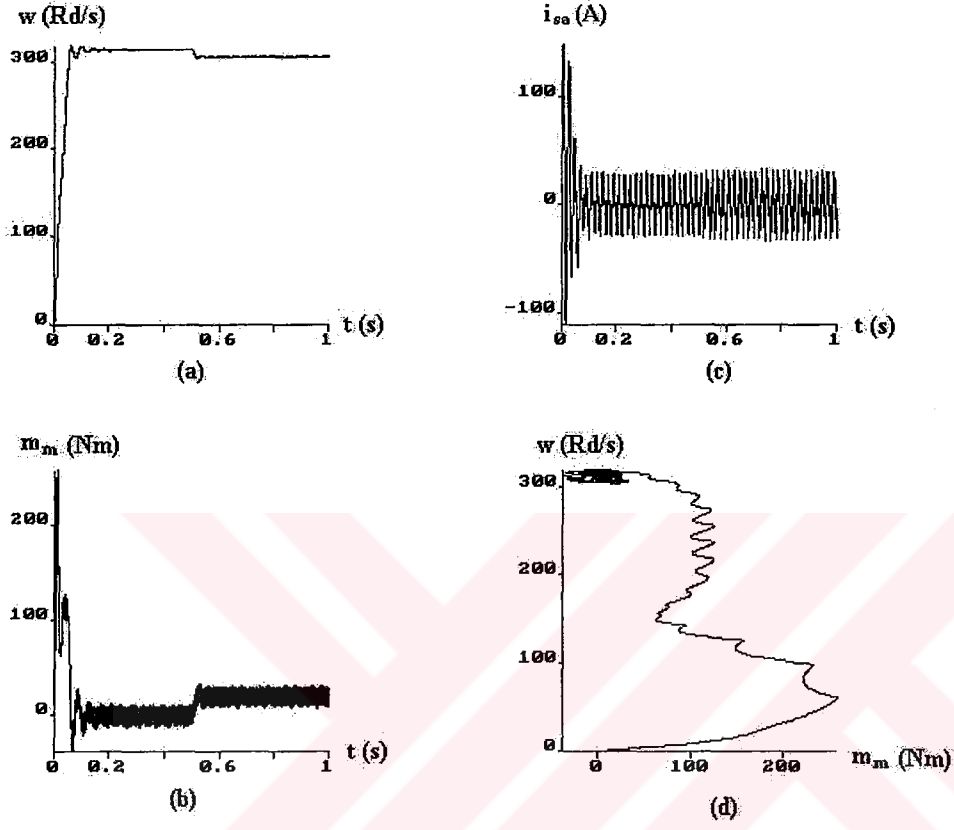
"-----
" DQ KOORDINATLARINA GEÇİŞ

vsd= sqrt(2/3) * ( cos(teta)*vsa + cos(teta-pd)*vsb + cos(teta+pd)*vsc )
vsq= - sqrt(2/3) * ( sin(teta)*vsa + sin(teta-pd)*vsb + sin(teta+pd)*vsc )

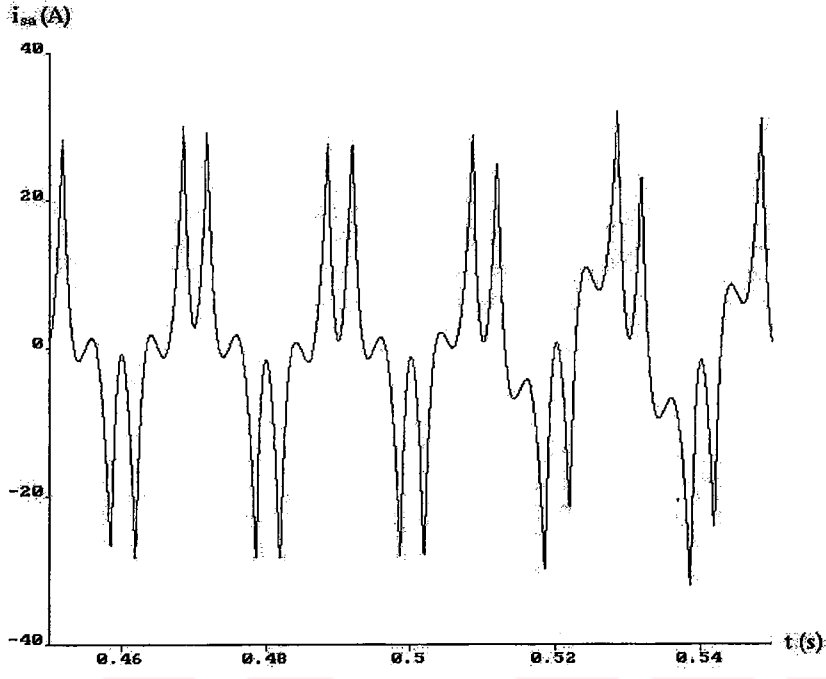
"-----

end

```

SIMNON Çıktıları

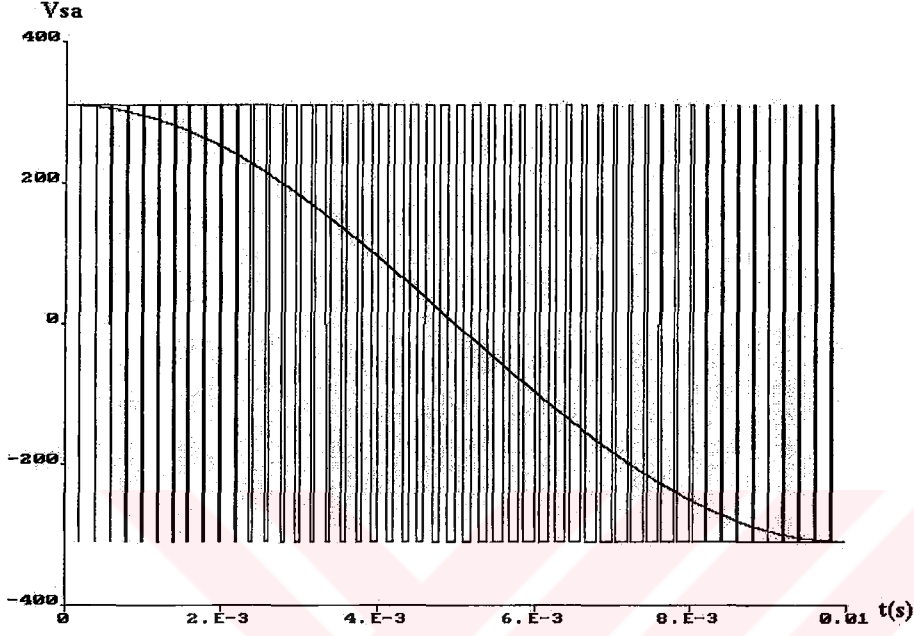
Şekil 5.5 120 derece karedalga ile uyarılan asenkron motorun çıkışları



Şekil 5.6 Bir faza ait akımın değişimi (Şekil 5.5.c nin büyütülmüş hali)

5.3 PWM Yöntemi

Motorun bir fazına Şekil 5.7'deki gerilim, diğerlerine de 120° faz farkıyla aynı dalga biçimi tatbik edilmiştir.



Şekil 5.7 Motorun bir fazına uygulanan PWM darbeler ve alçak frekans bileşeni

SIMNON Program Dökümü

```

continuous system asm
time t

state fsq fsd frq frd w
der dfsq dfds dfrq dfrd dw

"-----

" PWM UYGULAMASI

"-----
"Asenkron Makinenin Matematik Modeli
"-----

dfds=vsd+ws*fsq-Rs*isd
dfsq=vsq-ws*fsd-Rs*isq
dfrd= wr*frq-Rr*ird
dfrq=-wr*frd-Rr*irq

irq=(M*fsq-(M+Ls)*frq)/(sqr(M)-(Ls+M)*(Lr+M))
ird=(M*fsd-(M+Ls)*frd)/(sqr(M)-(Ls+M)*(Lr+M))
isd=(frd-(Lr+M)*ird)/M
isq=(frq-(Lr+M)*irq)/M

mm=1.5*(fsd*isq-fsq*isd)
dw=(mm-my)/(Jm+Jy)
wr=ws-w

"-----
" ÇIKIŞ
"-----

isa=sqrt(2/3) * (cos(teta)*isd-sin(teta)*isq)

"-----
" deney
"-----

my=if t<1.5 then 0 else 20
ws=314
vs=220 " gerilimin efektif degeri
vsm=vs*sqrt(2) " gerilimin maksimum degeri

"-----
" MOTOR
Rs: 1
Rr: 1
M : 0.085
Ls: 0.0025
Lr: 0.0025
jm: 0.02
jy: 0

"-----
"sabitler:
pi:3.141593
pd=2*pi/3 "fazlar arasi faz farkı (Rad)
d : 0 "döner alan - gerilimler arası faz farkı (Rad)

"-----

```

```

"
" FAZLARA UYGULANAN GERİLİMLER
" PWM ÜRETİLMESİ :
" pwmc : testere dişi işareti (frekansı : pwmf)
" vsac , vsbc , vscc : 120 derece faz farkli sinus işaretler
" vsa , vsb , vsc : motora uygulanan gerilimler
" algoritma : vsac > pwmc ise vsa = max
"               vsac < pwmc ise vsa = min

teta=ws*t
pwmf=5000
pwm=250*sqrt(2)
pwmc=2*pwm*mod(t,1/pwmf)*pwmf-pwm

vsac=1.41*vs*cos(teta+d)
vsbc=1.41*vs*cos(teta+d-2*pi/3)
vscc=1.41*vs*cos(teta+d+2*pi/3)

vsa= if vsac>pwmc then 1.41*vs else -1.41*vs
vsb= if vsbc>pwmc then 1.41*vs else -1.41*vs
vsc= if vscc>pwmc then 1.41*vs else -1.41*vs

"-----
" DQ KOORDINATLARINA GEÇİŞ

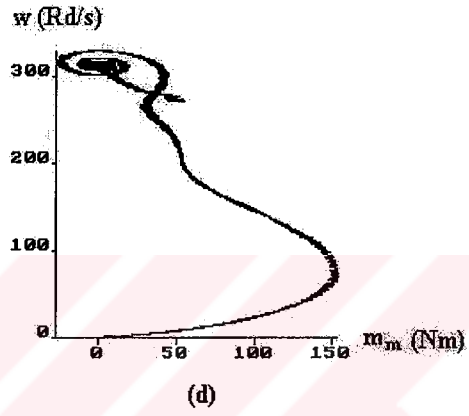
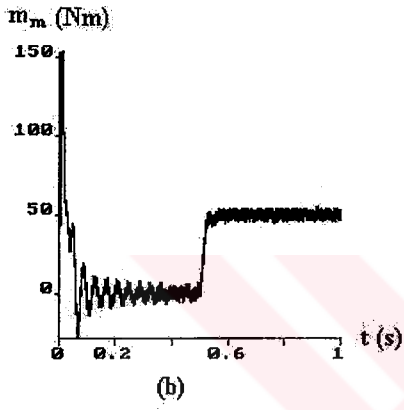
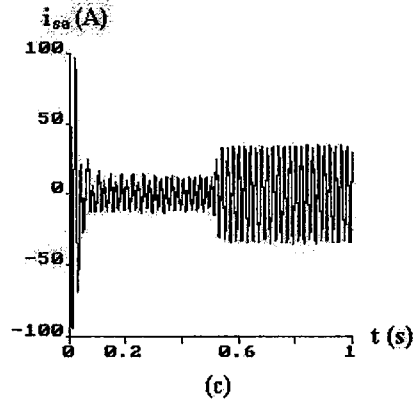
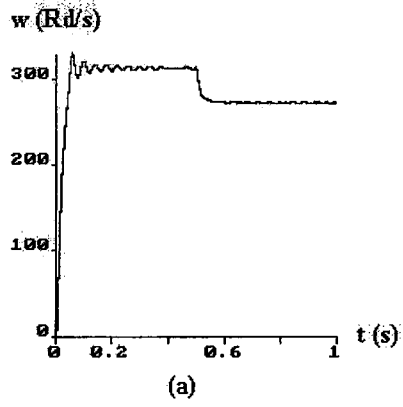
vds= sqrt(2/3) * ( cos(teta)*vsa + cos(teta-pd)*vsb + cos(teta+pd)*vsc )
vsq= - sqrt(2/3) * ( sin(teta)*vsa + sin(teta-pd)*vsb + sin(teta+pd)*vsc )

"-----

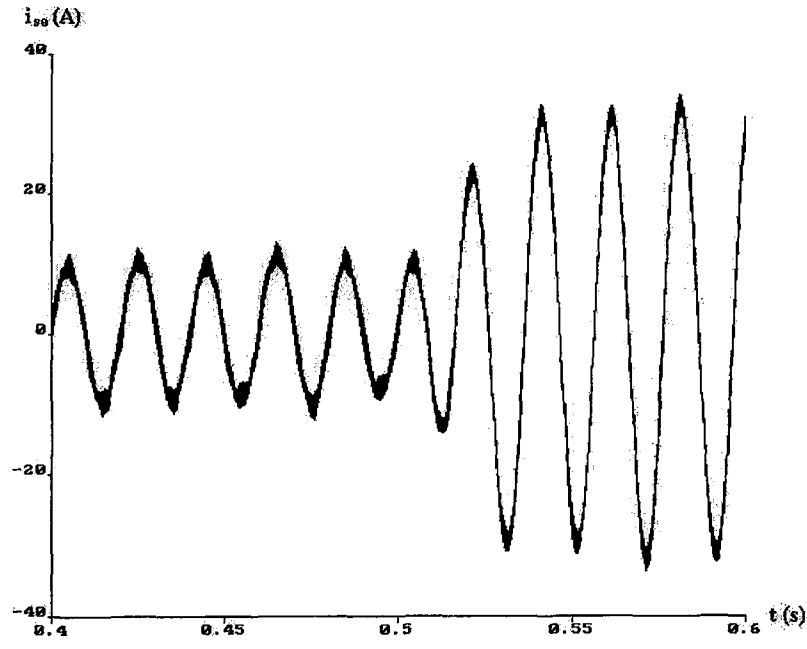
end

```

SIMNON Çıktıları



Şekil 5.8 PWM ile uyarılan asenkron motorun çıkışları



Şekil 5.9 Bir faza ait akımın değişimi (Şekil 5.8.c nin büyütülmüş hali)

6. DONANIM

Sistem 2 faz şebekeden 3 faz gerilim üreten bir doğru gerilim aradevrelili frekans çevirici ve kontrol kartından oluşmaktadır (bkz Şekil 4.4). Fiziksel olarak 3 kartta sistemi gerçeklemek pratikte uygun görülmüştür.

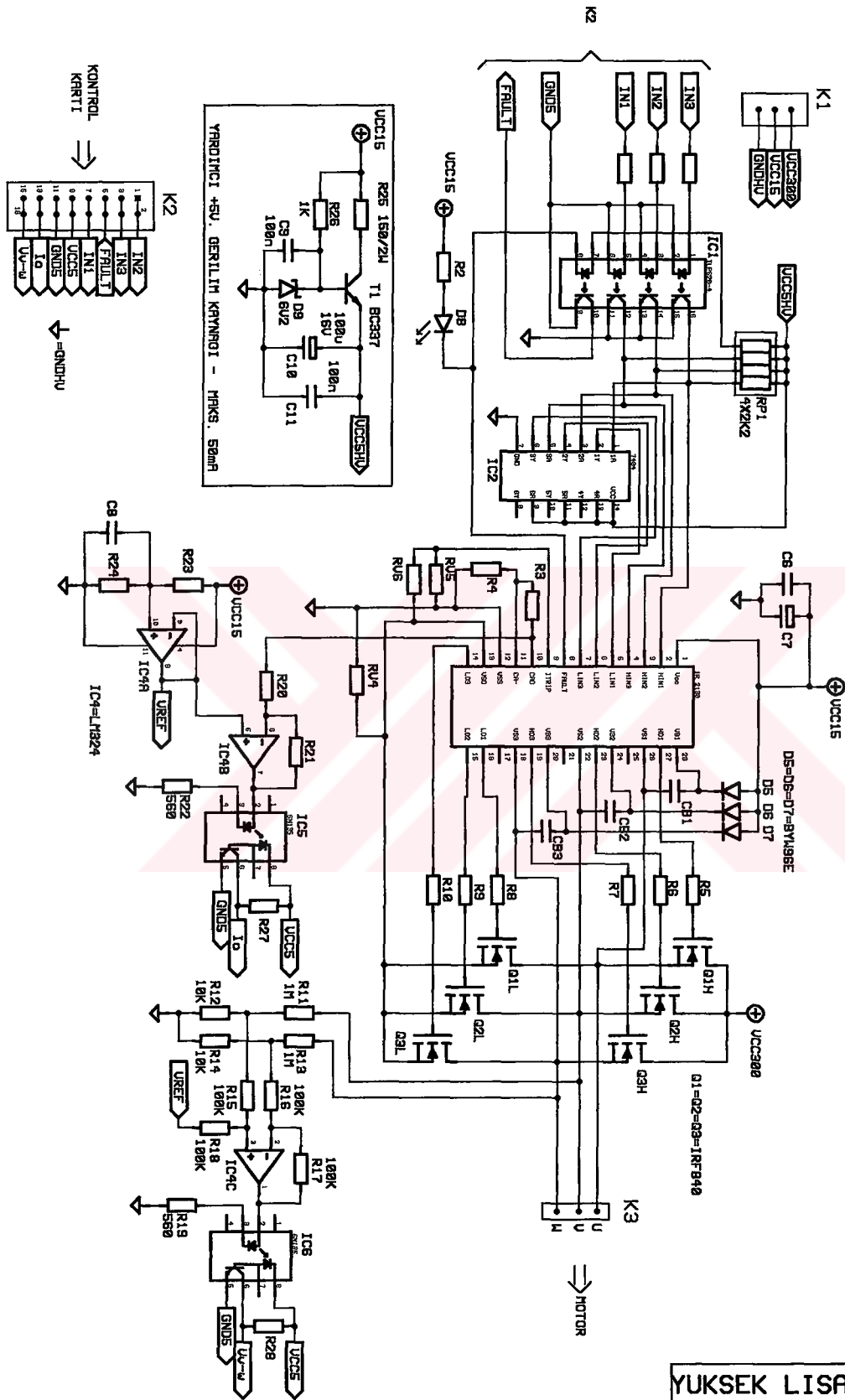
1. Sürücü Kartı
2. Kontrol Kartı
3. Besleme Kartı

Çeviriciye ait doğrultucu ve süzgeç kapasitesi güç kartında olup dalgalayıcı kısmı sürücü kartında bulunmaktadır.

6.1 Sürücü Kartı

Devrenin en önemli komponenti “International Rectifier” firmasının (IR) bir ürünü olan “3 fazlı köprü sürücü” tümdevresi IR2130’ dur.(IC3)

Şemadaki gibi bir bağlantı sağlandığında tümdevre HIN1, HIN2, HIN3, LIN1, LIN2, LIN3 girişlerine uygulanan TTL-CMOS uyumlu (0-5V) lojik seviyelere göre sırasıyla Q1H, Q2H, Q3H, Q1L, Q2L, Q3L MOSFET’lerini sürer. Kumanda kontrol kartından gelir ve iki kart IC1 tümdevresi TLP620-4 üzerinden tamamen optik izolasyona tabidir. Yüksek taraftaki MOSFET’ ler (QXH) ile alçak taraftakiler (QXL) sırasıyla tetiklenmelidir. Yani ilgili girişlere (örn.: HIN1, LIN1) birbirinin tümleyeni olan lojik sinyaller uygulanacaktır. Böylece altı güç MOSFET’inin tetiklemek için üç farklı sinyal yeterlidir. Bunlar da kontrol kartından gelir ve HIN1, HIN2, HIN3 girişlerine uygulanır. Lojik evirici tümdevresi 7404 (IC2) ile de LIN1, LIN2, LIN3 sinyalleri elde edilir.



YUKSEK LISANS TEZİ

MOTOR SURUCU KARTI

CIZEN:	TARİH:
ERHAN KUCUKGUZEL	30.08.2000
VERSİYON:	PCB: ACINU7.PCB
2.0	SCH: ACINU3.SCH

Devrenin çıkışları

MOSFET lerden gelen toplam akım RV4 üzerinde gerilim düşümüne sebep olur. DC hat akımı diyeceğimiz bu akım MOSFET’lerdeki bir sorun veya aşırı yüklenme sonucu oldukça artar. RV5, RV6 ile bölünen gerilim tümdevrenin ITRIP (Input for over-current shutdown) girişine verilmiştir. Bu gerilim tümdevredeki karşılaştırmacı OPAMP (bkz. Şekil 7.4) ta 0.5 V ile karşılaştırılır ve dirençlerle ayarlanan tehlike seviyesini geçtiğinde tümdevre çıkışları kapatarak FAULT çıkışından hata sinyali verir.

Normal çalışmada RV4 üzerinde düşen gerilim IR2130’ un iç yapısındaki OPAMP kuvvetlendirici ile (bkz. Şekil 7.4) kuvvetlendirilir. Çıkış sinyali CAO pininden optik izolasyon üzerinden kontrol kartına gönderilir.

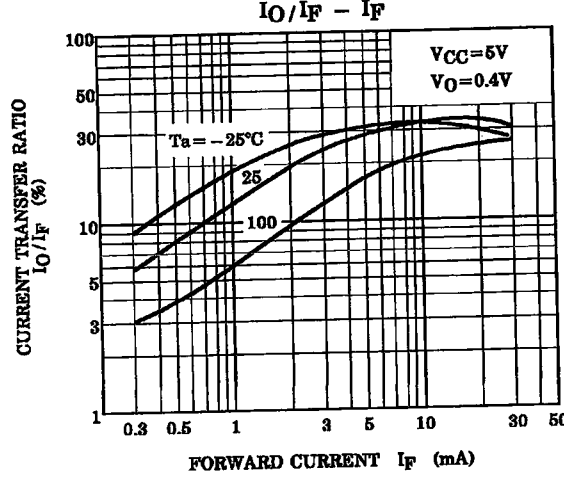
Devrede motora verilen fazlar U, V, W olarak isimlendirilmiştir. V – W hatları arasındaki gerilim R11, R12, R13, R14 dirençleriyle bölündükten sonra IC4C ile oluşturulan fark kuvvetlendiriciye tatbik edilir. Negatif değerleri de işleyebilmek amacı ile kuvvetlendiricinin referans gerilimi (V_{REF}) IC4a ile 7.5 V seviyesinde oluşturulur.

Devrede üç tip besleme söz konusudur. Bunlardan IR2130 için gerekli olan 15V ve yüksek voltaj hattı için gerekli gerilim K1 konnektörü üzerinden güç kartından sağlanmaktadır. Devrenin lojik kısmı için gerekli 5V ise kart üzerindeki “yardımcı güç kaynağı” ile 15V tan sağlanır. Yardımcı güç kaynağı 50 mA.’e kadar sağlıklı çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır.

Optik izolasyon

Devre kontrol kartından tamamen izole edilmiştir. TLP620 (IC1) 5000 V_{RMS} ; 6N135 (IC5, IC6) ise 2500 V_{RMS} izolasyon sağlamaktadır. IC1, dört adet optokuplör içerir. Giriş çıkış ilişkisi doğrusal olmasa da sayısal işaretler için bunun önemi yoktur. Optokuplörden üç tanesi kontrol kartından gelen üç faz PWM sinyali izole eder. Kalan optokuplör ise IC3’te üretilen hata işaretini kontrol kartına iletir.

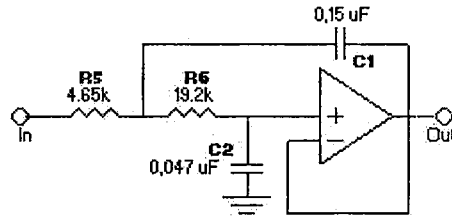
IC5 ve IC6 DC Hat akımı (I_0) ve Hat geriliminin (V_{V-W}) kontrol kartına iletmek için kullanılır. Şekil 6.2 de görüleceği gibi 10 mA giriş akımı (I_F) civarında çıkış akımı (I_0) doğrusala yakın biçimde değişmektedir. IC4A ile sağlanan 7.5 V. ile yaklaşık 10 mA akıtmak için giriş LED’ine düşen gerilim ($V_F=1.7$ V) göze alındığında R19 ve R22 560 Ω seçilebilir.



Şekil 6.2 6N135 Optokuplöre ait $I_O/I_F - I_F$ grafiği

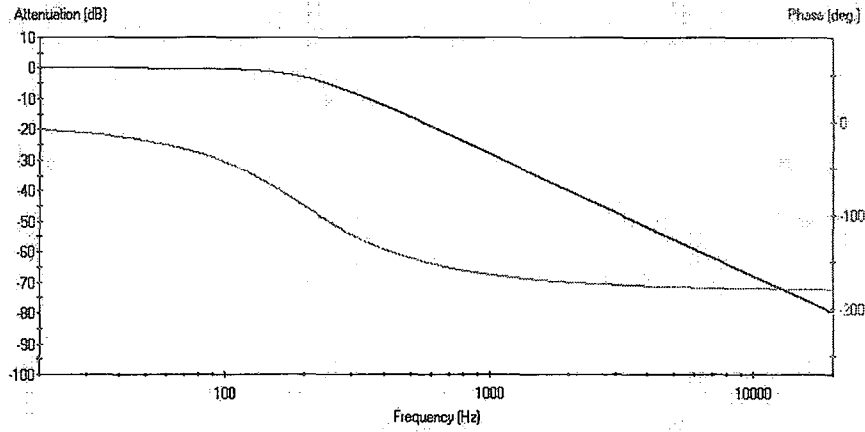
6.2 Kontrol Kartı

Kontrol kartında tüm kumanda ATMEL AT90S8535 mikrobilgisayardadır (bkz. Şekil 6.5). En temel fonksiyonu kullanıcı tarafından girilen hızı elde etmek için gerekli PWM sinüs işaretlerini üretmektir. Bunun için mikrobilgisayarın içindeki çevrebirimlerinden olan üç adet PWM üretici kullanılır. Sürücü kartından optik izolasyonla gelen V_{V-W} , I_0 değerlerinden I_0 direkt olarak, V_{V-W} ise alçak geçiren bir süzgeç (U3 ve çevre elemanları) üzerinden mikrobilgisayarın ADC girişlerine uygulanır. U3 OPAMP'ı ile oluşturulan 2. Dereceden Butterworth tipi alçak geçiren süzgece ait komponent değerleri (R5, R6, C1, C2) Filterlab programı ile kolayca hesaplanmıştır. Köşe frekansı 200 Hz tedir. Böylece 2 KHz civarındaki PWM frekansı bastırılmış olup maksimum 100 Hz olan sinusoidal gerilim rahatça ölçülür.



Şekil 6.3 İkinci dereceden Butterworth tipi alçak geçiren süzgeç

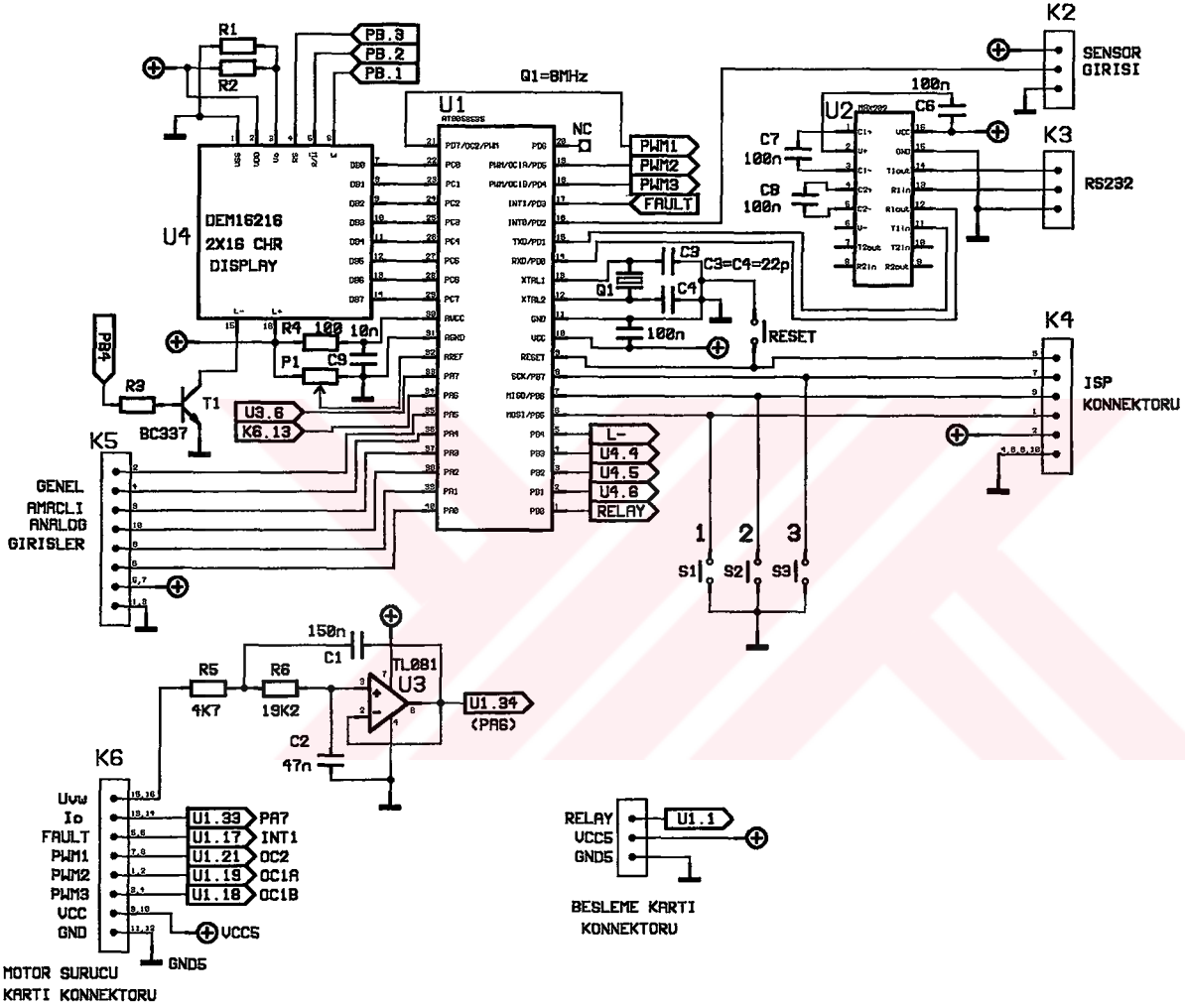
Kartta PC ile haberleşme amaçlı RS232 arabirimi mevcuttur. AT90S8535'in dahili çevrebirimlerinden UART, RS232 adaptörü olan MAX202 (U2) tümdevresi üzerinden bu amaçla K3 konnektörüne verilmiştir. Yazılıma bağlı olarak bu kanal vasıtasıyla ölçülen parametreler PC'ye gönderilebileceği gibi, hız kontrol işlemi PC'den de yürütülebilir.



Şekil 6.4 Şekil 6.3'deki filtrenin frekans cevabı

ATMEL firmasının AVR ailesine ait 8-bit mikrobilgisayar AT90S8535'in zengin çevrebirimlerine ek olarak bir diğer üstünlüğü de devre üzerinde proramlanabilir (ISP: IN System Programmable) Flash belleğe sahip olmasıdır. Bu işlem için ayrılmış olan pinler K4 konnektörüne verilmiştir. Bu konnektör PC'nin paralel portuna bağlanarak ATMEL firmasının sağladığı ISP programı ile pratik olarak yazılım yüklenebilir. Bu özellik yazılım geliştirme-güncelleme işlemleri için hızlı, pratik ve ucuz bir olanaktır (bu çalışmada da sıkça kullanılmıştır).

Devrenin kullanıcı arabirimi için giriş olarak 1, 2, 3 nolu tuşlar, çıkış olarak 2*16 karakter LCD gösterge modülü DEM16216 (U4) kullanılmıştır. Bu modül Display Elektronik GmbH ürünü olup LCD sürme işlemlerini içindeki kontrol devresi ile otomatik olarak yürüttüğü için mikrobilgisayarın C portu ile rahatça kullanılabilir (kullanım detayı için bkz. Ek X.Y.).



YUKSEK LISANS TEZİ	
KONTROL KARTI	
CİZEN:	TARİH:
ERHAN KUCUKGUZEL	31.08.2000
VERSİYON:	PCB: CONTROL6.PCB
1.0	SCH: CONTROL1.SCH

6.3 Besleme Kartı

Devrenin girişı K1 konnektöründen şebeke gerilimidir. Koruma için hemen girişte 3A'lık bir sigorta bulunur. Üç adet çıkış vardır: i) Yüksek gerilim DC (şebekenin tepe değerinde, pratik olarak 305 V ölçülmüştür), ii) 15 Volt DC. iii) 5 Volt DC

i) Yüksek Gerilim doğrultucu

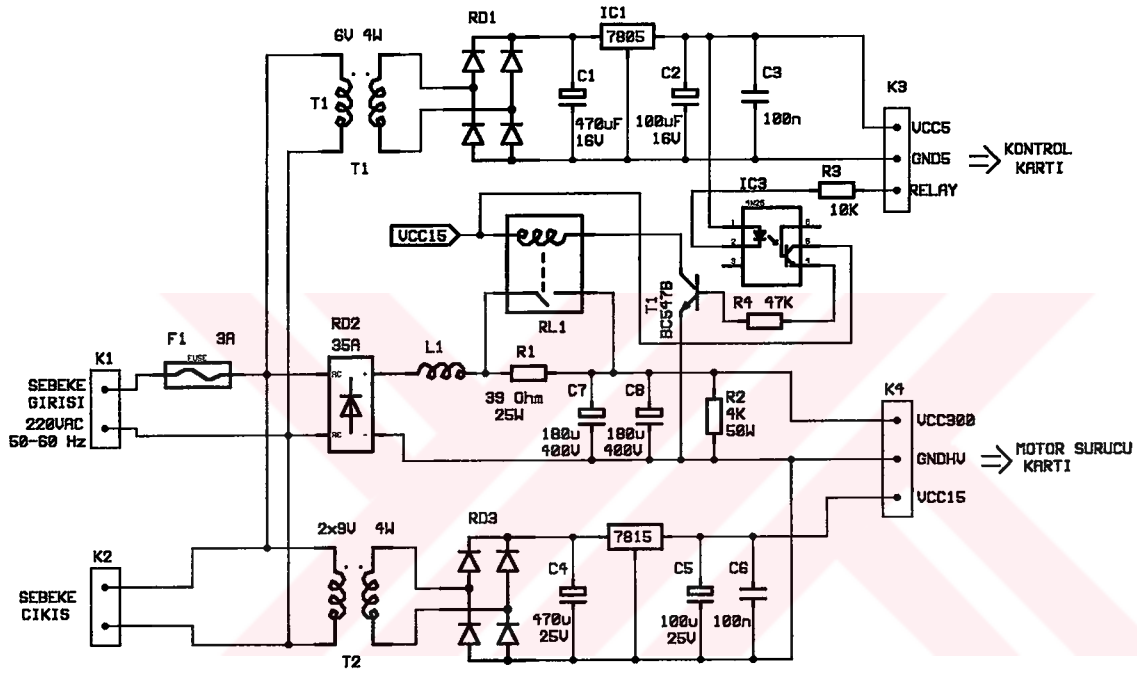
Şebeke gerilimi RD2 köprü doğrultucu ile doğrultulduktan sonra C7, C8 kapasiteleri ile süzülür. L1 şok bobini olup ani gerilim tepelerini engellemek içindir. R2 direnci devreden güç kesildiği zaman kapasiteleri deşarj eder. R1 direncinin önemli bir görevi vardır. R1 direnci yerine kısadevre konulduğunda kapasiteler ilk güç vermede çok yüksek akım çekerek şebekeyi aşırı yüklemektedirler ($i_C = C \frac{dV_C}{dt}$). Şarj süresini uzatmak için R1 önce devrededir. Şarj bittikten sonra güvenilir bir süre sonra kontrol kartı tarafından RL1 rölesi ile R1 devredışı bırakılır. Rölenin kumandası bir optokuplör (IC3) ile sağlanmıştır.

ii) 15 VDC Gerilim Kaynağı:

T2 trafosu ile düşürülen gerilim RD3 köprü diyotları ile doğrultulup C4 ile süzüldükten sonra 7815 15 Volt gerilim regülatörü (IC2) ile stabilize edilir. Referans ucu yüksek gerilim kaynağının referansına bağlıdır.

iii) 5 VDC Gerilim Kaynağı:

T1 trafosu ile düşürülen gerilim RD1 köprü diyotları ile doğrultulup C1 kapasitesi ile süzüldükten sonra 7805, 5 V. DC gerilim regülatörü (IC1) ile stabilize edilir. Bu gerilim kaynağı diğer iki kaynaktan tamamen izoledir. Böylece kontrol kartının izolasyonu ilkesi korunmuş olur.



YUKSEK LISANS TEZI

GUC KAYNAGI KARTI

CIZEN:
ERHAN KUCUKGUZEL

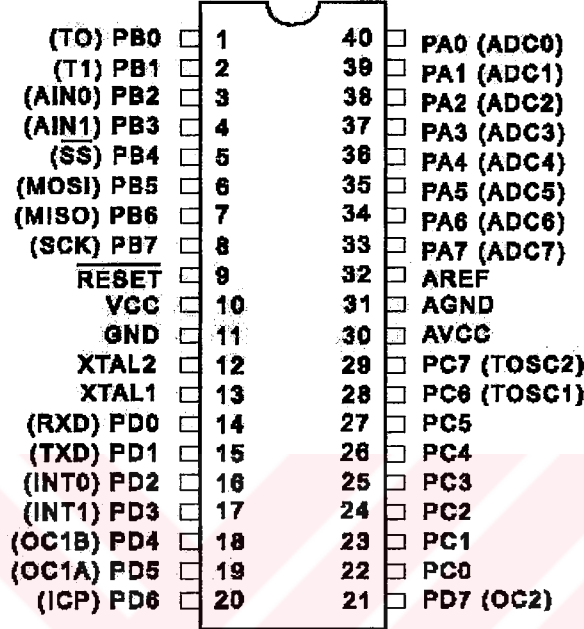
TARİH:
30.08.2008

VERSİYON:
2.0

PCB:
SCH: POWER2.SCH

7. KOMPONENTLERİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

7.1 ATMEL AT90S8535 Mikrobilgisayar



Şekil 7.1 AT90S8535Pin Konfigürasyonu

Teknik Özellikler

- Yüksek Performans düşük güç tüketimli RISC mimari
- Çoğu tek saat çevriminde işletilen 118 komut
- 32*8 genel amaçlı yazmaç
- 8 MHz'de 8 MIPS'e varan performans
- Uçucu olmayan Program ve Veri Bellekleri

8K bayt sistem üzerinde programlanabilir Flash Bellek (minimum 1000 yazma/silme garantili)

512 bayt EEPROM (min. 100 000 yazma/silme garantili)

- Yazılım güvenliği için Program Kilidi

- Çevre Birimler

8 kanal / 10-bit ADC

Programlanabilir seri UART

2 adet 8-bit zamanlayıcı (sayıcı, ölçekleme ve karşılaştırma özellikleri)

1 adet 16-bit zamanlayıcı (sayıcı, ölçekleme ve karşılaştırma özellikleri)

Programlanabilir Watchdog zamanlayıcı

Analog karşılaştırıcı

3 adet PWM kanalı

- Diğer Özellikler:

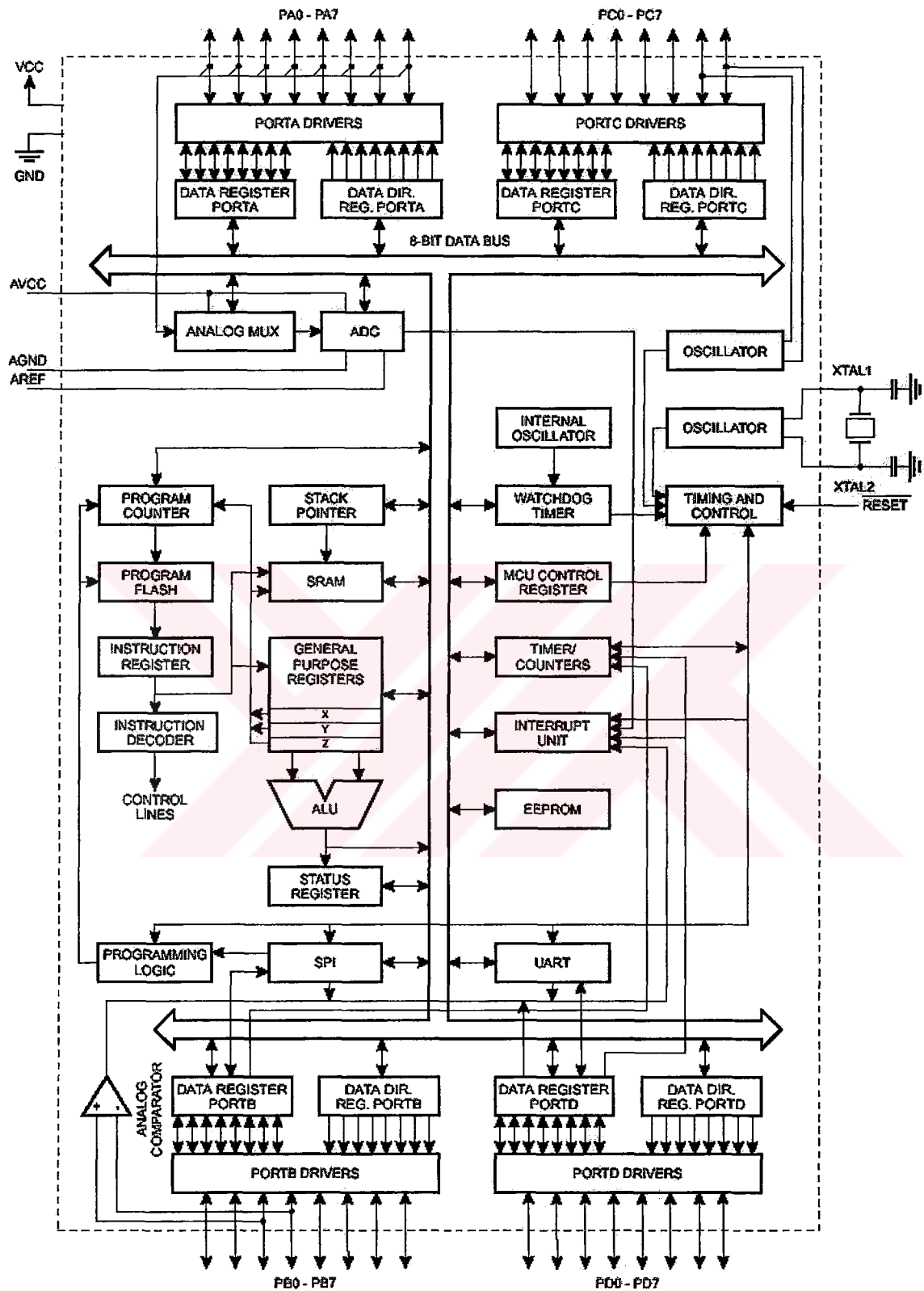
Power-On Reset devresi

Ayrık saat girişli Gerçek zaman saati

Üç farklı uyku modu

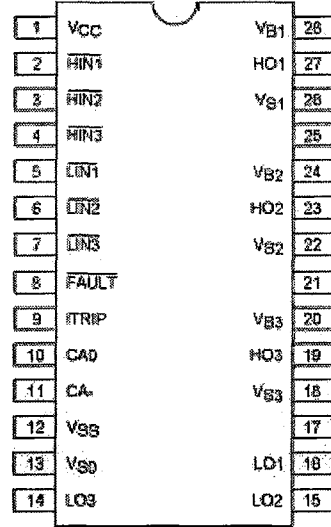
Mikroişlemci Birimi

AT90S8535 gelişmiş RISC yapısında düşük güç tüketimli CMOS 8-bit mikrobilgisayardır. Birçok komutu tek saat çevriminde işletmesi sonucu MHz başına 1 MIPS'e yakın performans elde eder ki bu da verimi, işlem gücünü ve güç tüketimini olumlu yönde etkiler. 32 adet yazmacı ALU'ya doğrudan bağlıdır. Bu sayede sağlanan performans geleneksel CISC mikrobilgisayarlardan on kat kadar daha fazladır. Yakın geçmişte geliştirilen bir mikroişlemcidir ve komut seti C derleyiciler için optimize edilmiş yapıdadır. ATMEL mikrobilgisayarlar için birkaç firmanın C derleyicisi mevcuttur.



Şekil 7.2 AT90S8535 Blok diagram

7.2 IR2130 Üç Faz Köprü Sürücüsü:



Şekil 7.3 IR2130 Pin konfigürasyonu

Motor sürme, UPS gibi uygulamalarda 600 V.DC seviyede sıkça kullanılan MOS-kapılı transistörler iletim durumuna geçmek için gerilimle sürülmelidirler. Bu sürücü sinyal aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

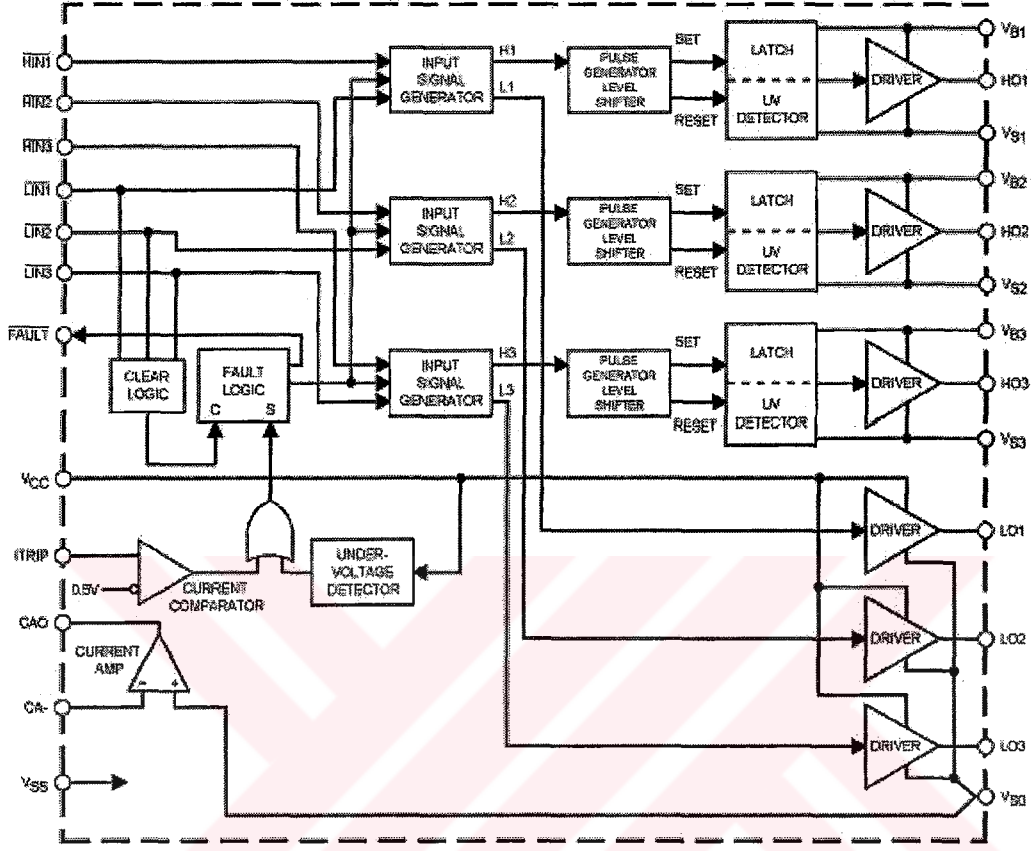
1. 10 V – 15 V genlik
2. MOS-kapısının giriş kapasitesini hızla şarj/deşarj etmek için düşük kaynak direnci
3. Yüksek voltaj yanındaki yarı iletken anahtarları sürmek için kayan çıkışlar (floating outputs).

Alçak gerilim yanındaki anahtarları da aynı anda kontrol edebilecek bir tümdevre de şu özellikleri sağlamalıdır:

1. Yüksek frekanslarda düşük güç kaybı
2. Toprak referanslı lojik seviyeli girişler
3. MOS anahtarın (düşük gerilim seviyesi sebebiyle) sürülememesi halinde yarıiletken anahtarı korumak amacıyla tüm çıkışların alçak seviyede alınması
4. Aşırı akım ölçülmesi sonucu kapanma

5. Girişin bağlantısı kesildiği takdirde gene tüm çıkışların durdurulması

Geçmişte ayrı malzemelerle sağlanan bu fonksiyonların tümü IR2130 'un bünyesinde, tek tümdevrede toplanmıştır.



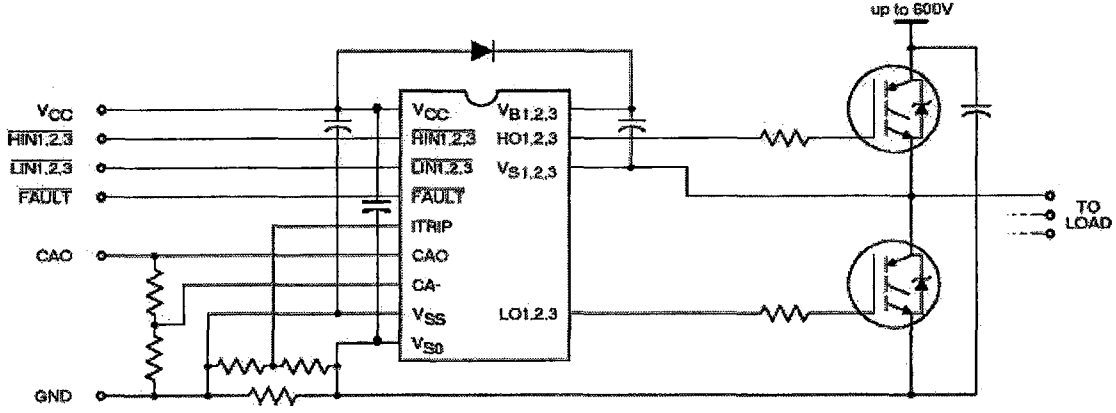
Şekil 7.4 IR2130'un fonksiyonel blok diagramı

Tümdevrede güvenlik amacıyla, aynı hatta ait yüksek ve alçak seviyeli çıkışlar (ÖR/ HO1, LO1) asla aynı anda "1" seviyesine çıkarılamaz. Bununla ilgili doğruluk tablosu şöyledir:

Çizelge 7.1 IR2130 Doğruluk tablosu

HIN	LIN	HO	LO
1	1	0	0
1	0	0	1
0	1	1	0
0	0	0	0

Ayrıca HO çıkışı ile LO çıkışı ard arda “1” seviyesine çıkarılmak istendiğinde tümdevre 2.5 μ s gecikme (ölüzaman: deadtime)oluşturur. Böylelikle yarı iletken anahtarın, giriş kapasitesi deşarj olmadan aynı hattaki yarı iletken anahtar tetiklenmemiş olur.



Şekil 7.5 IR2130'un tipik kullanımı

8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Simülasyonlarda elde edilen sonuçlarda PWM tekniğinin en kazançlı yöntem olduğunu ve Voltaj genliğini ayarlama imkanı verdiği için V/f kontrol metodu için de iyi bir yöntem olduğu görülmüştür. Denemeler sırasında motor 120° karedalga yöntemi ile sürülmüş ve motor döndürülmüştür. PWM tekniği ile sürme çalışmaları sonucunda motor düşük hızlarda bile başarıyla hareket ettirilmiştir.

Tasarlanan kontrol kartı V/f oran kontrolü için yeterli hızda olup, daha yüksek seviyeli uygulamalarda (örneğin vektör kontrolü) mikroişlemci kapasitesi yetersizdir. Ancak yazılımda ufak bir değişiklik yapılarak kontrol kartı motorun kontrolünü seri bağlı bir PC'ye bırakabilir. Böyle bir durumda devre sadece PC'den gelen genlik ve frekans bilgisine uygun PWM sinyallerini üretir ve ölçtüğü parametreleri (hız, gerilim, akım) en yüksek hızda PC'ye iletir. Böylece devre konuyla ilgilenenlerin faydalı deneyler yapabilecekleri bir deney cihazı olma özelliğine de sahip olur.



KAYNAKLAR

ATMEL, (1997) “AVR Enhanced RISC Microcontroller Databook”

International Rectifier “Motor Drive Control IC Designer’s Manual”

Sarioğlu K., (1983) “Asenkron Makinalar”, Çağlayan Kitabevi

Schuiskey W. ve Çetin İ., (1987) “Elektrik Motörleri”, Fatih Yayınevi Matbaası

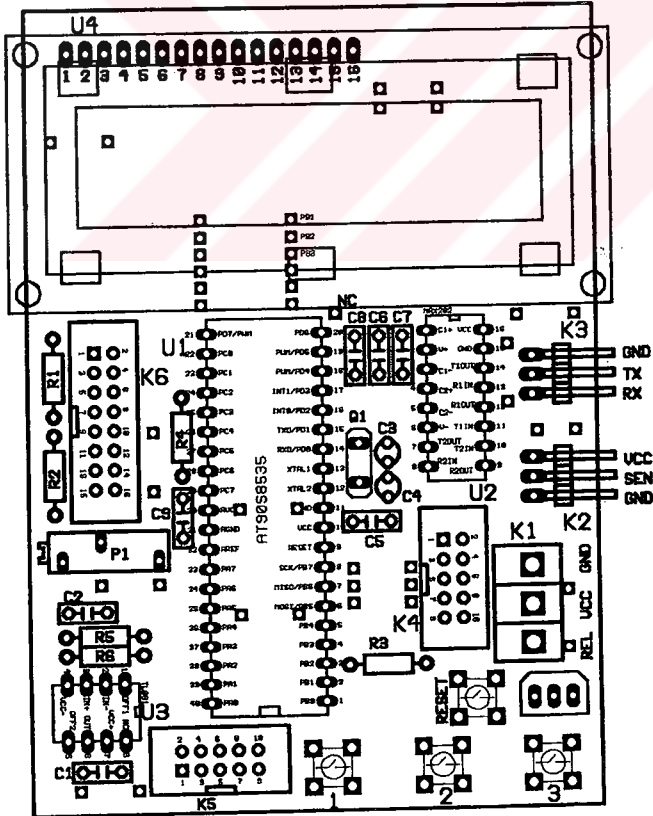
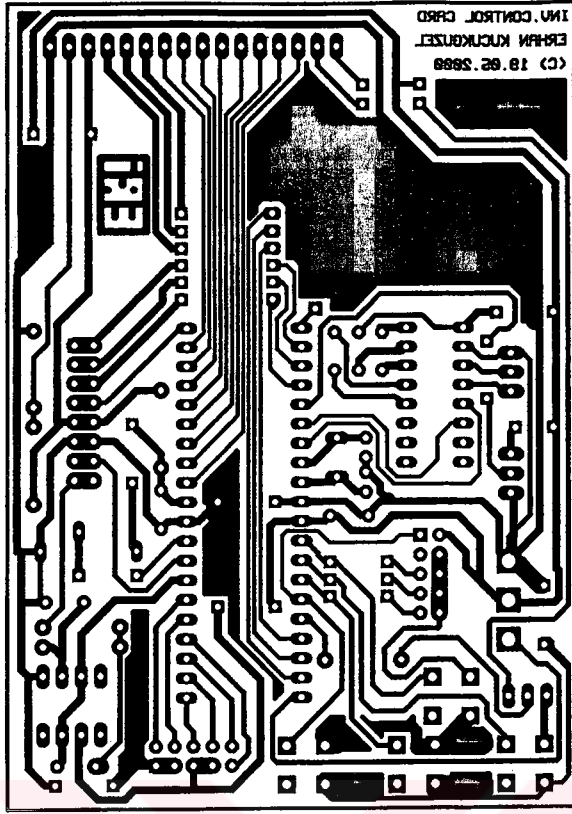
Vas P., (1990), “Vector Control of AC Machines”, Clarendon Press . Oxford



EKLER

- Ek 1 Kontrol kartı baskılı devre şeması
- Ek 2 Sürücü kartı baskılı devre şeması
- Ek 3 Display Elektronik DEM 16216 model LCD göstergeye ait teknik döküman





DEFINITION OF TERMINALS

Valid for all modules except DEM 16224/40491)

N NO.	SYMBOL	FUNCTION
1	V_{SS}	Ground terminal of module
2	V_{DD}	Supply terminal of module +5V
3	V_0	Power supply for Liquid crystal Drive
4	RS	Register Select RS = 0 ... Instruction Register RS = 1 ... Data Register
5	R/W	Read/Write R/W = 1 ... Read R/W = 0 ... Write
6	E	Enable
- 14	DB0-DB7	Bi-directional Data Bus, Data Transfer is performed once, thru DB0-DB7, in the case of interface data. Length is 8-bits; and twice, thru DB4-DB7, in the case of interface data length is 4-bits. Upper four bits first then lower four bits.
15	L-	LED or EL lamp power supply terminals.
16	L+	

OPERATING SPECIFICATIONS

	STANDARD TEMP
Operating temperature range	0°C to +50°C
Storage temperature range	-10°C to +60°C
Operating relative humidity	90% max
	WIDE TEMP
Operating temperature range	-20°C to +70°C
Storage temperature range	-30°C to +75°C
Operating relative humidity	90% max

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (To = +25°C)

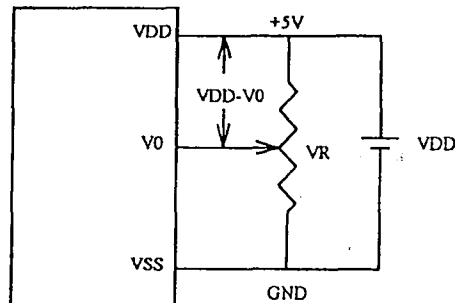
PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNIT
Supply voltage	V_{DD}		4.5	5.0	5.5	V
LCD Drive Voltage	$V_{DD}-V_0$		4.2	4.5	4.8	V
Normal Temp Model (TN/STN)	(V_{LCD})		6.4	6.8	7.5	V
Supply Current ¹	I_{DD}	$V_{DD} = 5V$ $V_0 = 0V$ min	-	1.0	2.0	mA
1 x 16 DMM			-	1.0	2.0	mA
2 x 16 DMM			-	1.5	3.0	mA
1 x 20, 2 x 20 DMM			-	2.5	4.0	mA
4 x 20, 2 x 40 DMM			-			mA
Input voltage ²	V_{IL} V_{IH}		0 2.2	- -	0.6 V_{DD}	V V
Output voltage ³	V_{OL} V_{OH}	$I_{OL} = 1.6$ mA $I_{OH} = 0.2$ mA	- 2.4	- -	0.4 -	V V
LED Lightpipe Current	I_{LED}	$L+ - L- = 5V$	20 40		60 80	mA mA
1 x 8, 1 x 16, 2 x 16 DMM						
2 x 20 DMM						
LED Lightbox Current			40 40 150		100 250 300	mA mA mA
1 x 8, 1 x 16 DMM						
2 x 16 DMM						
1 x 20, 2 x 20, 4 x 20 DMM						

DRIVE VOLTAGE (V_{LCD}) IS NOT IDENTICAL FOR LCD MODULES MANUFACTURED BY DIFFERENT MANUFACTURERS. ACCEPTABLE RESULTS CAN BE OBTAINED BY ADJUSTING V_{LCD} . IF THIS DOES NOT WORK, DISPLAY CAN MODIFY DISPLAY TO MEET CUSTOM NEEDS.

Note: 1. Applies to DB0 - DB7, E, RS and R/W
2. Applies to DB0 - DB7
3. Supply current may slightly exceed MAX. Rating if SAMSUNG controller is used without pull-up resistor for DB0 - DB7.

POWER SUPPLY REQUIREMENTS

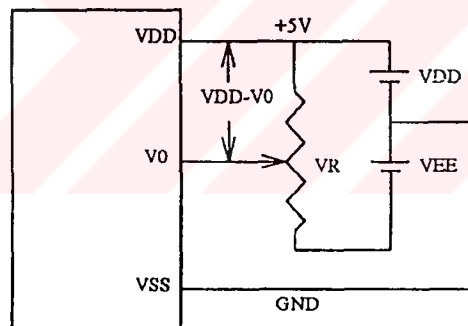
- **Standard Temperature and Wide Temperature Range**
 - Only 5 Volt (V_{DD}) - FLUID SOLUTION



$V_{DD} - V_0$: LCD Driving Voltage

V_r : 10K - 20K

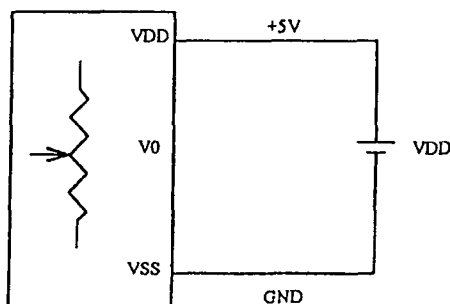
- **Wide Temperature Range Type A**
 - Requires V_{EE} (negative Voltage to V_{DD})



$V_{DD} - V_0$: LCD Driving Voltage

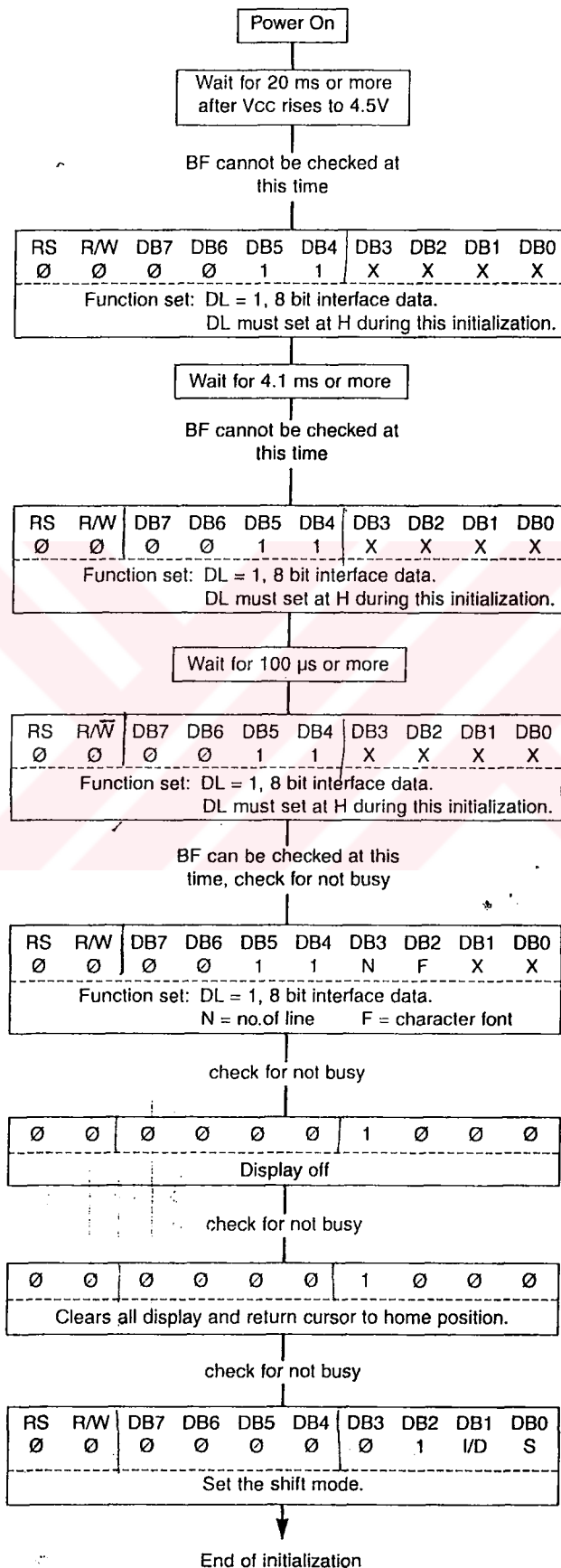
V_r : 10K - 20K

- **Wide Temperature Range Type B**
 - Only 5 Volt Type (V_{DD}) - DC/DC SOLUTION
 - Contrast adjustment and Temp. Compensation on Board



INITIALIZATION

FOR 8 BIT DATA
INTERFACING



* NOTE: IN NORMAL OPERATION; SET S TO 0

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 01.12.1974

Doğum yeri İstanbul

Ortaokul & Lise 1986-1993 Hüseyin Avni Sözen Anadolu Lisesi

Lisans 1993-1997 Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak.
Elektronik ve Hab. Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 1997-devam ediyor Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri
Enstitüsü Elektronik Anabilimdalı

Çalıştığı kurum(lar)

1997-1999 DesTEK Mühendislik Ltd Şti.

1999-devam ediyor Yeditepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Araştırma Görevlisi