

MİKRO İŞLEMCİLERLE ASENKRON MOTOR HIZ KONTROLÜ

Doç.Dr. Nurettin ABUT (*)
Elk. Müh. Cemil ÖZ (**)

Abstract:

A production variable-frequency drive is described which uses an asynchronous motor and a microprocessor controlled current inverter. The control loops of the drive have been arranged so that the performance of the drive is extended to zero speed and to theoretical upper limit speed. The method adaptively modulates the inverter switching times so as to produce the maximum possible torque in the attached motor for the minimum AC peak current.

1- GİRİŞ

İçerisinde bulunan yüzyılın sonlarına doğru büyük bir ilerleme gösteren ve adeta takip edilemez bir hızla gelişen elektronik, güç elektroniği ve bilgisayar teknolojisi; kontrol teknolojisinde ve otomasyonda yeni ufuklar açmıştır. Enerji, zaman ve hassasiyetin ön plana çıktığı günümüz endüstrisinde; prosesde, iş makinalarında ve çeşitli amaçlarla kurulmuş sayısız sistemlerde kullanılan elektrik motorlarının ve bunların içerisinde birçok avantaj ve sistem tasarımındaki uygunluğuyla özellikle AC motorların devirlerinin kontrolü önem kazanmıştır. AC motorların hızlarının kontrolü DC motor kontrolüne göre zor olmaktadır. Ancak DC motorların üretim ve amortisman giderleri çok büyüktür. Fırçalarından çıkan kıvılcıklardan dolayı patlamalı ortamlarda kullanılamamaktadırlar. Bunun yanında AC motorların üretim giderleri az ve amortisman giderleri ise ihmal edilebilir düzeydedir. Devirleri ise gerilimden bağımsız olarak frekansla ayarlanabilmektedir.

Dolayısıyla bugün AC motorların devirlerinin kontrolü cazip hale gelmiştir, özellikle üç fazlı asenkron motorların devirlerinin kontrolünde uluslararası düzeyde söz sahibi olan büyük firmalar çalışmaktadırlar.

Daha önceleri sabit devirde çalıştırılıp mekanik olarak sınırlı bir hız ayarı yaparak özellikle sanayi tesislerinde kullanılan üç fazlı asenkron motorlar, bugün mikroişlemci

kontrollü güç elektroniği devreleriyle kumanda edilmektedir. Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler paralelinde üç fazlı asenkron motor hız kontrol sistemleri de karmaşıklıktan kurtulmaktadır. Artık piyasada mikroişlemci kontrollü daha hassas kontrol sistemleri üretilmektedir.

2- DEVİR AYAR YÖNTEMLERİ

Üç fazlı asenkron motorların DC motorlardan daha üstün özelliklere sahip olması hız kontrolünün sağlanması yönünde bir çok çalışmaların yapılmasına yol açmıştır. Asenkron motorların hız ayarı temel olarak,

$$n = \frac{120f}{2p} (1-S) \dots\dots\dots (1)$$

denkleminde görüldüğü gibi şu şekilde mümkün olmaktadır:

- (2p) kutup sayısının değiştirilmesiyle,
- (f) frekansının değiştirilmesiyle.

2-1. (2p) Kutup Sayısının Değiştirilmesiyle Hız Ayarı

Sabit gerilim ve frekanslı şebekede çalışan bazı kısa devre rotorlu asenkron motorların kutup sayısını 1 ila 3 arasında azaltmak veya artırmak mümkündür. Motorun dakikadaki devir sayısı ise denklem (1)'deki gibidir. Görülmektedir ki, kutup sayısı devir sayısı ile ters orantılıdır. Yani kısa devre rotorlu asenkron motorun kutup sayısını değiştirerek hız ayarı yapılabilir. Bu hız ayar yöntemi sürekli hız ayarı istenmeyen, yalnız birkaç hız kademesi gereken sistemlerde kullanılabilir. Genelde üretilen asenkron motorların kutup sayıları sabit olmaktadır. Kutup sayısı değiştirilebilen motorlara dahlender bağlantılı motorlar denir. Bunların uygulama alanları oldukça sınırlıdır. Yarı iletken elemanlarla oluşturulan frekans dönüştürücülerin geliştirilmesiyle bu yöntem kullanılmamaktadır.

- (*) ABUT.N.: 1963 yılında Van'da doğdu, ilk ve orta öğrenimini aynı ilde tamamladı. Yıldız Üniversitesinde 1983'te lisans, 1985'te yüksek lisansı bitirdi. Almanya'da AEG ve M-Bahn GmbH firmalarında konuyla ilgili araştırmalar yaptı. Berlin Teknik Üniversitesi'nde araştırma projelerinde çalıştı. 1988 yılında Doktor, Mühendis oldu. Halen Y.Ü. Kocaeli Mühendislik Fakültesi Öğretim üyesidir.
- (**) ÖZ, C: 1967 yılında Çankırı'nın Kurşunlu ilçesinde doğdu. İlk öğrenimini aynı ilçede, ortaöğrenimini Ankara'da tamamladı. 1989'da Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi'nden mezun oldu.

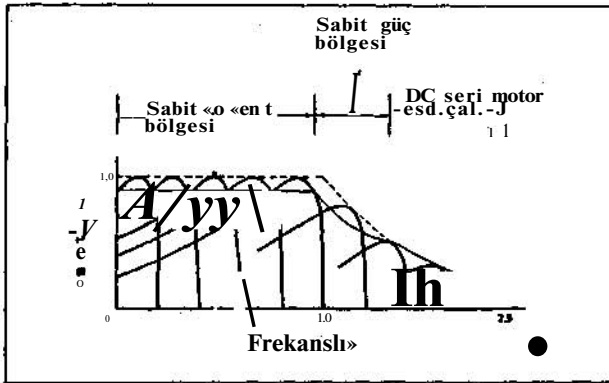
2-2. Frekans Değiştirilmesiyle Hız Ayarı

Bir asenkron motorun hızı (1) denkleminde gösterildiği gibidir. Görüldüğü gibi statora uygulanan gerilimin frekansı, (fs) değiştirilerek motorun hızı kontrol edilebilir. Asenkron motorlarda moment, gerilimin karesiyle doğru orantılıdır. Şebeke geriliminin 380V, 50 Hz olduğu göz önüne alındığında, frekansla hız ayarı gerçekleştirmede asenkron motorun kararlı çalışabilmesi için momentin sabit kalması gerekir.

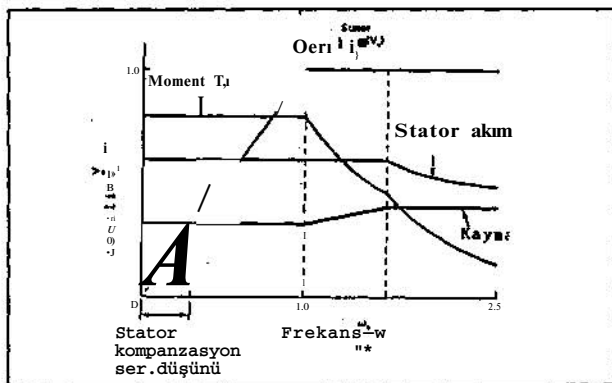
$$\text{Mom} = 3(P/2) (Vs/We) \frac{2 W s l m R r}{Rr + (Wslmlr)} \dots \dots \dots (2)$$

denkleminde görüldüğü gibi, momentin kararlı kalması için, frekans değiştiğinde momentteki Vs değiştirilerek oran sabitlenebilir.

Önceleri devir ayarı hassas olarak yapılamamıştır. 1960'lı yılların başından itibaren güç elektroniğinin gelişmesiyle, sonraki yıllarda güç elektroniği elemanlarının bilgisayarlarla kontrolü amacıyla mikroişlemcilerin kullanılması için çalışmalar yapıldı. Mikroişlemcili kontrol sistemlerinin geliştirilmesiyle asenkron motorlar büyük sistem tasarımlarında güvenilir bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil 1-1. a



Şekil 1-1. b

Asenkron motorlarda moment karakteristikleri
(a) Frekans-moment/dü Frekans-gerilim.

3- AC MOTORLARIN MİKROİŞLEMCİ İLE KONTROLÜ

1968 yılının başında Intel tarafından ilk mikroişlemci gerçekleştirilmiştir. Günümüzde değişik firmalar tarafından değişik özelliklerde birçok mikroişlemci üretilmektedir. Mikroişlemcinin sanayide kullanılmaya başlamasıyla kontrol ve otomasyon teknolojisi hızlı b'ş şekilde ilerleme göstermiştir.

Mikroişlemciler genel amaçlı bir kontrol, işlem ve hesaplama yapabilmek için gerekli olan aritmetik, lojik, kontrol ünitelerinden oluşmuş bir tümleşik devredir. Bir program kontrolü altında aritmetik ve lojik işlemler yaparlar. Bellek ve giriş/çıkış üniteleri için kontrol sinyalleri üretirler. Mikroişlemciler yazılım programı ile yürütülen bir donanım sistemine sahiptirler.

Mikroişlemci sistem donanımına Hardware, sisteme girilen programa ise Software adı verilir. Programları hafızasında ardışıl ikili sayılarla oluşturulmuş kelimelerle depolarlar. Makina dilindeki programları işleyebilmektedirler.

Mikroişlemciler, bir program ile yürütülen bir donanım sistemine sahip olduklarından, bu program vasıtasıyla çeşitli sistemleri, sürekli zamanda bir günlük, bir yıllık vb. gibi çalıştırabilmektedirler. Ayrıca program, ihtiyaç ve istekler karşısında yeniden tasarlanabilir.

Bugün, teknolojinin gelişmesi, sahasının genişlemesi ile birlikte üretimde dünya çapında bir standardizasyona gidilmiştir. Günümüz üretim teknolojisinin ; seri üretim ve otomatik kontrol ilkesini benimsemesi, mikroişlemci kontrol sistemlerinin önemini de artırmıştır. Üretim teknolojisinde bağımsız çalışan iş elemanları çok azdır. Bunlar da, bir sıra dahilinde süreç akışı içerisinde birbirine bağılı olarak belli değerler ölçüsünde çalışmaktadırlar. Üç fazlı asenkron motorlar da bir iş makinası elemanıdır. Çoğu zaman, geniş çaplı sistemlerde bir program dahilinde belirli sınırlarda çalışması gerekirler.

Mikroişlemciyle kontrolde, önce tasarlanmış olan program işlemciye girilir. Kumandası istenen eleman karmaşık sistemlerde ve değişik işlerin yapımında kullanılacaksa, seri haberleşme yolu ile bilgisayara bağlanabilmektedir. Bilgisayarda yüksek seviyeli diller olarak adlandırılan Fortran, Basic, Cobol, Pascal gibi program dilleriyle veya probleme yönelik (Procedure-Oriented) diller kullanılabilir. Bu program dillerindeki her komut genelde birçok asembler komutunu kapsar. Derleyici (Compiler) adı verilen programlarla da yüksek seviyeli program dilleri makina diline çevrilir.

Mikroişlemci asenkron motor kontrolünde; girilen hız değerine göre güç elektroniği elemanları için düzenli bir vurum (pulse) üretir. Aynı zamanda istenilen hız değerinde (duyurga) sensörler yardımıyla kararlı çalışmayı sağlar. Kontrol edilen eleman bir sistem içerisinde kullanılıyor ise mikroişlemci programı, sistemden gelen verileri

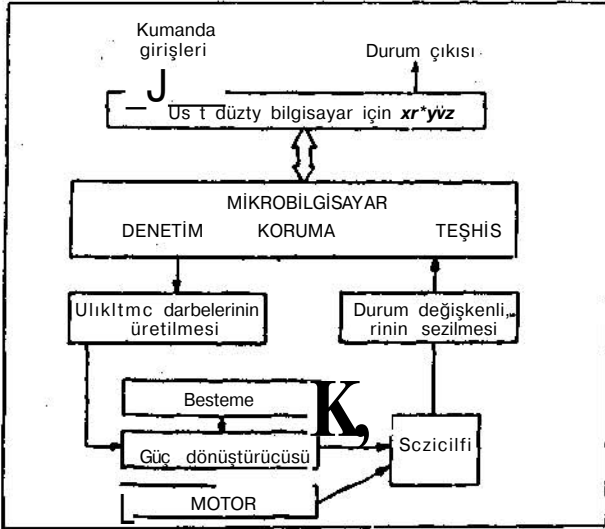
de değerlendirir. Sistem için de bilgi ve kontrol verileri hazırlar.

Motor hız kontrolünde mikroişlemcinin sağladığı yararlar:

- Gerilim, akım, hız ve moment değişkenlerinin sezilmesi ve kontrolü çok hassastır.

* ölçülen sistem değerlerinin kontrol için uygun bir biçime sokulması,

- Akım, hız ve ivme sınırlaması,
 - Programlı hızlanma ve yavaşlama,
 - Şebeke gerilimine eş zamanlama,
 - Güç elektroniği elemanlarını uygun bir sırada tetikleyecek işaretlerin üretilmesi,
 - Kontrol algoritmasının gerçekleştirilmesi,
 - Kararlılık ve geçici rejimlerin cevaplarının istenilen düzeye getirilmesi,
 - Gecikmelerin denetlenebilmesi,
 - Hatalı çalışma durumlarının sezilmesi, nedenlerinin otomatik olarak bulunması,
- şeklinde sıralanabilir.



Şekil 1 -2. Bir mikroişlemci temelli kontrol sisteminin blok şeması.

Şekil 1-2'de bir asenkron motorun mikroişlemciyle kontrolünün blok şeması görülmektedir. Bilgisayara girilen kontrol değerleri seri haberleşme yolu ile mikroişlemciye aktarılır. Mikroişlemci aktarılan bu kontrol verilerine göre tetikleme devrelerine tetikleme vurumları üretir. Tetikleme devreleri, güç dönüştürücülere (de kıyıcı, inverter) kumanda eder sonuçta genliği ve frekansı değişken bir üç fazlı asenkron motor beslemesi elde edilir. Besleme, güç dönüştürücülere ve asenkron motordan alınan gerilim, akım ve hız örnek değerleri ile motorun değerleri ile istenilen ayarda kararlı çalışması sağlanır.

4- MİKROİŞLEMCI DEVİR KONTROLÜ PRENSİPLERİ

Mikroişlemciyle devir kontrolü temelde iki tür olmaktadır. Devir ayar değerleri, giriş ünitesi yardımıyla bir A/D dönüştürücü devresinden girilmekte veya mikrobilgi-

sayardan bir programla işlemciye aktarılmaktadır.

I. Prensip

Bu kontrol sisteminde devir ayar referans değerleri bir potansiyometre tarafından üretilmektedir. Potansiyometre, hız değerleri karşılığı bir gerilim üretmektedir. Bu üretilen gerilim, motorun istenilen devirde çalışıp çalışmama durumunu sezme için devirle orantılı olarak motor milinden alınan gerilimle karşılaştırılır. Bu karşılaştırma devresine ise hız denetleyici adı verilmektedir.

Hız denetleyiciden elde edilecek akım üç fazlı şebekeden alınan referans akımıyla karşılaştırılır. Bu devreye ise akım denetleyici adı verilmektedir. Akım denetleyicisi sonunda elde edilen analog ayar verileri, A/D converter yardımıyla, mikroişlemcinin değerlendirebileceği sekiz bitlik (1 byte)'lık sayısal değerlere dönüştürülerek mikroişlemciye girilir. Mikroişlemci tasarlanmış olan programa göre, girilen ayar değerleri karşılığında denetim vurumlarını üretmek devir ayarını sağlar ve bu ayarda kararlılığı korur.

Şekil 1-3'te blok şeması görülmekte olan denetim sistemi ayrıca seri haberleşme yolu ile bilgisayara bağlanabilmektedir. Mikroişlemci, tetikleme devrelerine kumanda etmektedir. Tetikleme devreleri, güç dönüştürücüler olarak bilinen DC kıyıcılar, darbeleri evirgeç veya altı darbeleri genliği ayarlanabilir evirgeç için tetikleme vurumlarını üretir.

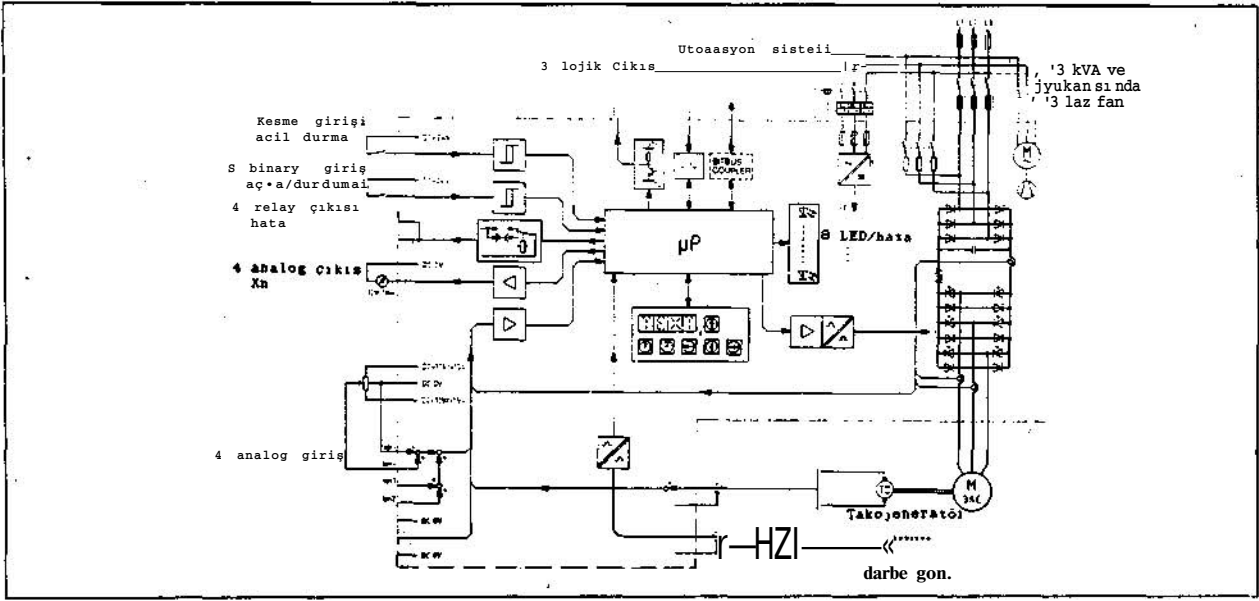
6802 mikroişlemcinin veri işleme büyüklüğü 1 (byte)'lıktır (00\$-\$FF arası), 256 değişik veri işlenebilmektedir. Genelde asenkron motorların devirleri yüksek olduğundan ancak kısıtlı bir devir kontrolü olacaktır. Fakat 00\$ minimum devir referansı ve FF\$ maksimum devir referansı kodlaması ile belirli bir devir ayar kademesi elde edilip ara ayar değerleri ise tasarlanacak mekanik bir devre ile seçilebilmektedir. Ancak kontrol devrelerinde mekanik düzenler kullanılması istenilmez.

II. İlke

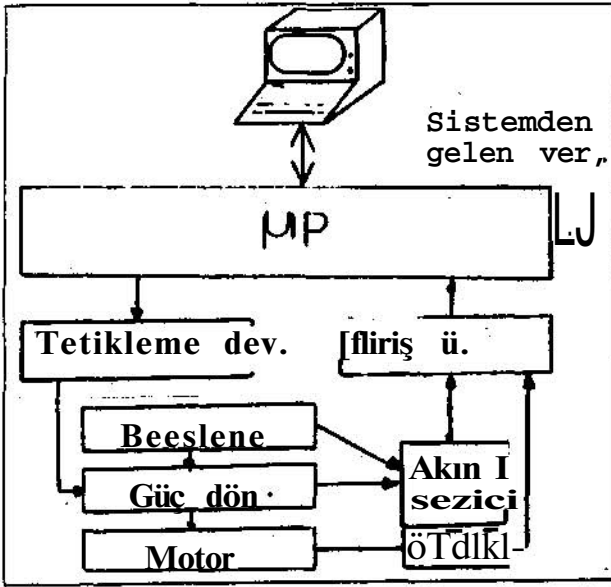
Mikroişlemcilerle devir kontrolünde izlenen ikinci yol ise ayar değerlerinin mikroişlemciye klavye vasıtasıyla sayısal olarak girilmesidir. Böylece bir ayar kısıtlaması olmadığı gibi giriş ünitesi PIA yardımıyla sistem içi ve sistem dışı değişik veriler de değerlendirilerek zor amaçlı ve değişik kullanım alanı oluşturulmaktadır.

Bu ilkeyle de I. ilkede olduğu gibi mikroişlemci, devir ayarını gerçekleştirmek için denklem (1)'deki stator geriliminin frekansını değiştirirken diğer taraftan da moment kararlılığını sağlamak için stator geriliminin genliğini ayarlar. Motor devrinin ayarlanan devirde devamını sağlamak amacıyla motor milinden (optik-çift) opto-coupler yardımıyla alınan düzenli değerler (zamanlayıcıya) timer'a saydırılır. Böylece ayarlanan devirde düzenli çalışması sağlanmış olur.

Mikroişlemcinin bilgisayara bağlanmasıyla motor; seri üretimde, değişik sistemlerde programlı sürelerde kullanılmaktadır.



Şekil 1-3. // İlkeye göre mikroşlemciler denetim sistemi blok şeması



Şekil 1-4. // İlkeye göre düzenlenmiş mikroşlemciler denetim sistemi blok şeması.

Pratik Tasarım

5- ECCB-6802 MİKROŞLEMCI DENEY SETİYLE YAPILAN BİR PRATİK TASARIM

ECCB-6802 kartı, kullanıcının motorola 6802 Asembler dili ile onaltılık sayı sistemine göre düzenlenmiş tuş takımından hafızaya yükleyebildiği ve yüklemiş olduğu programı çalıştırabildiği bir eğitim amaçlı deney setidir. ECCB-6802'de yüksek seviyeli dil derleyicisi yoktur. Fakat karışık uzun ve ileri düzeyde programlar için elle

kodlama zor olacağından program önce bilgisayarda Asembler dilinden makina diline çevrilir ve RS 232 giriş/çıkış sisteminden ECCB-6802'ye yüklenir.

ECCB-6802, herşeyden önce bir deney seti olduğundan kullanıcının geliştirmiş olduğu programları EPROM'a kaydedilmesi için bir EPROM programlayıcısı vardır. Kendine has onbeş tane komutu bulunmaktadır. Deney setinde kaydedilmiş bir monitör programı vardır. Komutlar da bu programa göre işlemektedirler. ECCB-6802 deney setiyle asenkron motor hız kontrolü yapmak, kartı oldukça iyi kullanmakla mümkün olabilecektir. Ayrıca monitör programında bazı değişikliklerin ve eklerin yapılması gerekmektedir, örneğin en büyük problemlerden birisi, deney setinin program çalıştırma komutu olan 7 komutu işlerken mikroşlemciye herhangi bir değer girilememektedir. Öncelikle bu problemin çözülmesi gerekiyor.

Burada üzerinde durulacak olan prensip daha çok II. denetim ilkesidir. Deney setinin kontrolü altında şehir şebekesinden alınan 380 V, 50 Hz üç fazlı besleme, üçfazlı değişken gerilim ve frekanslı bir beslemeye dönüştürülmektedir. Önce üç fazlı kontrolsüz tam dalga doğrultucu ile sabit bir DC gerilim elde edilir. Bu DC gerilim ise,

$$K = \frac{US}{fs} \dots \dots \dots (3)$$

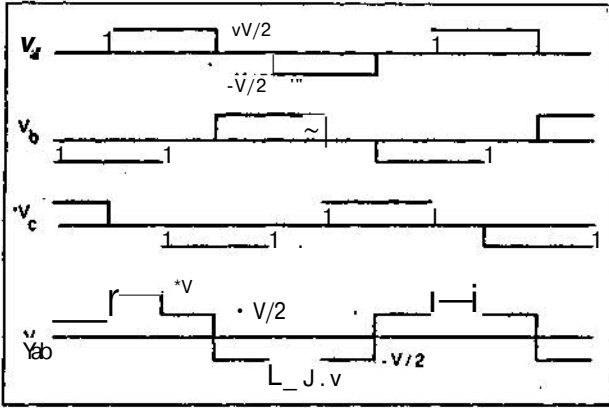
eşitliğini koruyacak şekilde üç fazlı genliği ve frekansı değiştirilebilen besleme haline getirilir. Genlik ayarlanması, DC gerilim kısıcısıyla denklem (4)'e göre yapılır.

$$US = \frac{UTe}{T} \dots \dots \dots (4)$$

Sonra altı darbeli evirgeç ile denklem (4)'e göre frekansa bağlı olarak ayarlanan DC gerilimler, frekansı değiştirilen üç fazlı besleme haline getirilir.

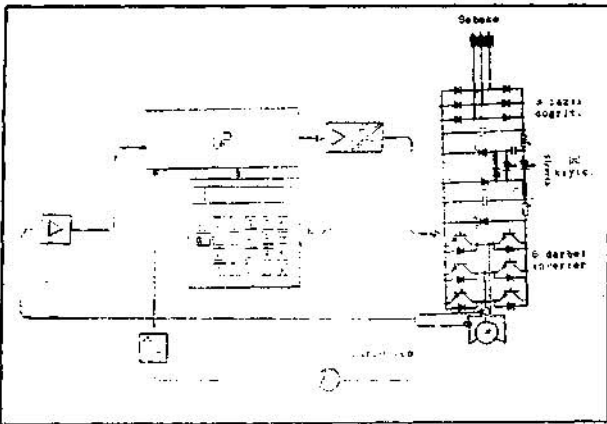
ECCB-6802 kartı, DC kıyıcı ve inverter için kontrol vuruşları üretir. İstenilen devirde sabit momentle motoru kararlı olarak çalıştırır. Üretilen sekiz vuruşdan ikisi DC kıyıcı için, altı tanesi ise evirgeç devresi için kullanılır.

Altı vuruş periyodunun değişimi, elde edilecek gerilimin frekansını değiştirir. Altı transistörün mikroişlemciyle tetiklenmesi sağlandığında; bir periyodu, yani 360 derecesi 60 derecelik tetikleme aralıklarına ayırır, örneğin bir fazın pozitif aletnansını elde etmede ilk 120 derecede transistör tetiklenir. Bu belirli bir dereceye kadar oluşan harmonikleri önlemek içindir.



Şekil 1-5. Yukarıdaki örneğe göre faz gerilim şekilleri.

Devrinin frekansla değişmesi gerçekleştirilen asenkron motorun yüklenmesi sırasında denklem (4)'le verilen moment sabitini koruyabilmesi gerekir. Bunun için Frekans değişikliği karşısında DC kıyıcıyla U_s gerilimi ayarlanır. Ancak olabilecek hataları önlemek amacıyla motor miline optik-Çiftli bir doğanım takılarak devir örneklenebilir. Bu örnekleme zamanlayıcı vasıtasıyla mikrocipte değerlendirilerek motorun kararlı çalışması sağlanır. Sonuçta aşağıdaki şekilde üç fazlı asenkron motor denetim sistemi oluşturulabilir.



Şekil 1-6. ECCB-6802 deney seti ile asenkron motor hız denetim şeması.

Aşağıda DC gerilimin, üç fazlı frekansı ayarlanabilen bir gerilim haline getirilmesi için altı darbeli evirgeç denetimini sağlayan assembler programı verilmiştir.

CLR	A		
STA	A	«Fnm	PIA'nın A portunu çıkış
COM	A	* t u u i	Portu olarak seçen
STA	A	\$E000	Program
LDA	A	#\$04	
STA	A	\$E001	
ÖZ	LDA	A	#\$09
	JRS		DELEY
	LDA	A	#\$21
	JRS		DELEY
	LDA	A	#\$24
	JRS		DELEY
	LDA	A	#\$06
	JRS		DELEY
	LDA	A	#\$12
	JRS		DELEY
	LDA	A	#\$18
	JMP		ÖZ
	SWI		
DELEY	STA	A	#\$E000
ÖZ1	LDX		\$ Gecikme programı.
	DEX		
	BNE		ÖZ1
	RTS		
	SWI		

Yukarıdaki programda evirgeç tetikleme çıkışları programın ikinci kısmındaki sıra ile çıkar ve gecikme programında \$.... kısma yazılacak olan \$0000-\$FFFF arası değer, programın ve dolayısıyla üretilen üç fazlı gerilimin frekansını değiştirir.

DEC	\$....
BNE	L

Yukarıdaki gibi geciktirme komutları eklenerek zamanın daha uzun olması sağlanabilir.

KAYNAKLAR

1. ABUTJf. "Lineer Machine» Control with Microprocessor" Research report. TU Berlin, Institute für Elektrische Machine. Berlin Vfest Germany, 1989.
2. BOSE, B.K. "Potver Electronic* and AC Drive" Prentice Hall, EngUwood cliffs, New Jerry, 1986.
3. SLEMON, G.R., STRAUGHEN, A. "Electric Machine*" Addison ivesley Publishiny co. Inc. 1980.
4. HILBURN, J.L., JUUCH, P.M., "Microcomputeral Microprotetort; Hardware, Software, And Applications" Prentice Hall, Inc. 1976.
5. ÖZ. C. "MikroUlemciUrle Üç Fazlı Atemitvın Motorların Hız Kontrolü" Y.Ü. Kocaeli Müh. Fak. Elektro-nik ve Haberleşme Böl. Bitirme Projesi. 1989.