

PIC İŞLEMCİ DENETİMLİ ADIM MOTOR MİKROADIM SÜRÜCÜSÜ

Erhan AKDOĞAN

Marmara Üniversitesi Teknik Bilimler MYO, 81040, Göztepe
eakdogan@marmara.edu.tr

Hasan Çelik

Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, 81040, Göztepe
hcelik@marmara.edu.tr

ÖZET

Adım motorları, bilgisayar çevre birimlerinden endüstriyel robotlara, hidrolik servo valflerden birçok biyomedikal cihazlara kadar son derece geniş kullanım alanına sahiptir. Adım motorları, uygulanan giriş darbelerine göre belirli bir açıda dönerek, bu hareketi sonlandırırlar. Bu işleyiş tarzının temel avantajı, istenilen oranda hareket miktarı oluşturma ve durdurulduğu konumda sabit kalabilmesidir. Adım motorlarında en küçük hareket yeteneği bir adımdır. Üretim özelliğine bağlı olarak farklı adım büyüklüklerine sahip motorlar üretilmektedir. Ancak günümüzde 1.8 derecelik adım motorları üretim ve kullanımda yaygınlaşmıştır. Daha küçük adımlama özellikleri ise **mikroadımlama (microstepping)** tekniği ile mümkündür. Bu teknikte sürekli formda mikro hareketler yapılabilmektedir. Ayrıca mikroadımlama, adım motorlarında -adımlar arası duruşlar nedeniyle- düşük hızlarda ortaya çıkan süreksizlikleri ve vibrasyon etkisini ortadan kaldırmakta, yumuşak dönme hareketi sağlamaktadır. Bu teknikte, adım motorunun her iki sargısına uygulanan akımlar sinüs ve kosinüs fonksiyonları şeklinde kontrol edilir. Mikroadımlama tekniğinde, bir tam adımın yarısında bir sargıdaki akım sabit tutularak diğer sargıdaki akım değiştirilir. Tam adımın diğer yarısında ise ilk yarıda sabit tutulan akım değiştirilir iken diğer sargıdaki akım sabit tutulur. Bu çalışmada PIC16F877 işlemcisi ile bir mikroadım sürücü devresi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla mikroadımlamanın avantajları ortaya konmuş, mikroadımlama teorisi verilmiş ve gerçekleştirilen düzenek açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mikroadımlama, adım motor, PIC işlemciler

A MICROSTEP DRIVER FOR STEPPER MOTOR BY USING PIC MICROCONTROLLER

ABSTRACT

Stepper motors have many application areas: industrial robots, servo valves, biomedical equipment etc. Stepper motors, rotate with definite angle and stop according to input pulses. This method's advantage is make desired motion quantity and stopped to finish position. In stepper motors, produced different rotate angle. But mostly used that stepper motors have 1.8 degrees rotate angles. With microstepping, smaller stepping ability can possible. In this technique, in continuous form, micro movement can be maked. Separately, to remove discontinuous in low speed and vibration, provided to smooth rotation with microstepping. Applying current controlled to sinus and cosine functions, in windings. In one winding, current is

constant for a half of the full step and other winding current varying sinusoidal. Another half of the full step, this process changing. In this paper, a stepper motor driving for microstepping with PIC16F877 is realized. With this aim, microstepping advantages, microstepping theory and microstepping driver kit are explained.

Key Words: Microstepping, stepper motor, PIC microcontrollers

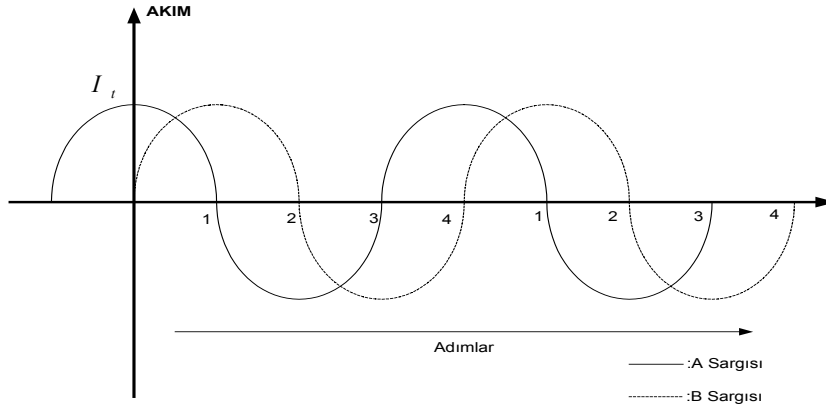
1.GİRİŞ:

Adım motorları günümüzde kendisine birçok uygulama alanı bulmuş elemanlardan biridir. Adım motorları, uygulanan giriş darbelerine göre belirli bir açıda dönerek, bu hareketi sonlandırır. Bu işleyiş tarzının temel avantajı, istenilen oranda hareket miktarı oluşturma ve durdurulduğu konumda sabit kalabilmesidir. Fakat bazı uygulamalar adım motorlarının mevcut dönme açılarından daha küçük açılar gerektirmektedir. Bu amaçla mikro adımlama adı verilen teknik geliştirilmiştir. Mikroadımlama tekniğinde 1.8 dereceden daha küçük açılarda dönme sağlanabilir. Eğer tam ve yarım adımlama da sargılara verilen akımlar incelenirse **“akım var yada yok”** şeklinde olduğu görülür, mikroadımlamada ise sargılara verilen akımlar, akımın genlik fonksiyonuna bağlıdır. Bu akımlar kontrollü şekilde sargılara uygulanarak mikroadımlama gerçekleştirilir. Bu yüzden mikroadımlama, rasgele adım motor sürme tekniklerinden daha karmaşık işlemler gerektirir. Mikroadımlama tekniğinin avantajları şu şekilde sıralanabilir: [1]

- Rezonans problemi düşük adım oranlarında meydana gelir. Mikroadımlama adım motorlarının rezonans problemini azaltır.
- Eğer bir adım motoru mikroadımlarla hareket ettirilirse yani tam adımın (full step) $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{32}$ oranlarında, aynı rpm için (4, 8, 16, 32) gibi faktörlerle adım oranı artırılır. Çok küçük rpm değerlerinde bu işlem adımlayıcı performansını artırır.
- Düşük hızlarda yumuşak hareket
- Adım pozisyonlama rezolüsyonunun artımı (küçük adım açıları vasıtası ile)
- Düşük ve yüksek adım oranlarında yüksek tork eldesi

2. MİKROADIMLAMA TEORİSİ:

Adım motora uygulanan akımlar incelendiğinde, tam yada yarım adımların ardarda gelmesi durumunda her dört adımdan sonra motorun dönme işlemini tamamladığı görülür. Adım motorunun bu durumu her dört adımda, bir elektriksel periyodun tamamlandığını gösterir. Elektriksel 360 derece, motorun dönme açısından farklıdır. Bir elektriksel periyot dört tam adımı içerir. Bu yüzden bir tam adım açısı 90 derecelik elektriksel açıya karşılık gelir. Eğer bu elektriksel açı daha küçük dilimlere bölünürse, stator sargıda bir akıma karşılık gelir. Şekil 1’ de bu açıkça görülmektedir. Değişen akım bir $\sin \theta$ veya $\cos \theta$ fonksiyonuyla ifade edilebilir. Bu akımlar adım motorun sargılarına uygulanarak mikroadımlama gerçekleştirilir.



Şekil 1. Mikroadımlamada stator akımlarının değişimi ve sonuç akımlar

Sargıya enerji verildiği zaman her sargıda bir akı oluşur. Akım, sargı akım vektörlerinin toplamı ile orantılıdır. Sonuç akımlar, elektriksel 90 ve 45 derecedir ve bu sırayla değişir. Gerekli dönme akısı elde edildiğinde sargı akımının genliği şu bağıntıyla elde edilir. [1]

$$\begin{aligned} I_a &= I_t * \sin \theta \\ I_b &= I_t * \cos \theta \end{aligned} \quad (1)$$

I_a : stator sargısı A akımı

I_b : stator sargısı B akımı

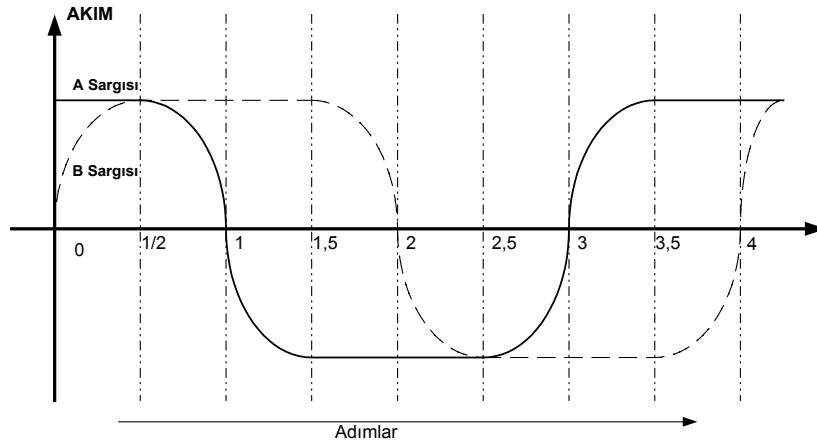
θ : bir tam adımda elektriksel açı (mikro adım açısı)

I_t : oranlanmış sargı akımı

sonuç stator akımı I_{stator} :

$$\begin{aligned} &= \sqrt{(I_t \sin \theta)^2 + (I_t \cos \theta)^2} \\ &= I_t * \sqrt{\sin^2 \theta + \cos^2 \theta} \end{aligned} \quad (2)$$

Şekil 1'de görüldüğü gibi her sargıdaki akım hava boşluğunda değişen dönme akısıyla eşleştirilmiş I_t ile değişir. Elektriksel açı θ 'nin her artımında, θ açılı I_t akımı bir akı ve tork oluşturur. Böylece sabit bir akı/tork oranı elde edilir. Fakat pratikte bir sargıdaki akım, tam adımın yarısında sabittir ve diğer sargılarda $\sin \theta$ 'nin bir fonksiyonu olarak değişir. Bu ilişki şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Faz-Akım ilişkisi

Sonuç akımı ise;

$$= \sqrt{I_t^2 + (I_t * \sin \theta)^2} = I_t \sqrt{1 + \sin^2 \theta}$$

şeklinde elde edilir.

3. PIC 16F877 DENETİMLİ ADIM MOTOR MİKROADIM SÜRÜCÜ DEVRESİ:

Teoride, 32'den fazla mikroadım olabilir. Fakat bunun pratikte sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmesi mümkün değildir. Performans vermediği yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır [1]. Motor, her iki sargıdaki akımın kontrolü ile sürülür. Akımın değişimi **bölüm 2'** de izah edildiği gibi sinüs ve kosinüsün bir fonksiyonudur. Alternatif olarak tek bir sargıda akım sabit tutulur iken diğerinde değiştirilerek mikroadımlama gerçekleştirilir. Bu işlem farklı iş sürelerine (duty cycle) sahip PWM darbelerinin bir sürücü vasıtasıyla motora verilmesi ile gerçekleştirilir.

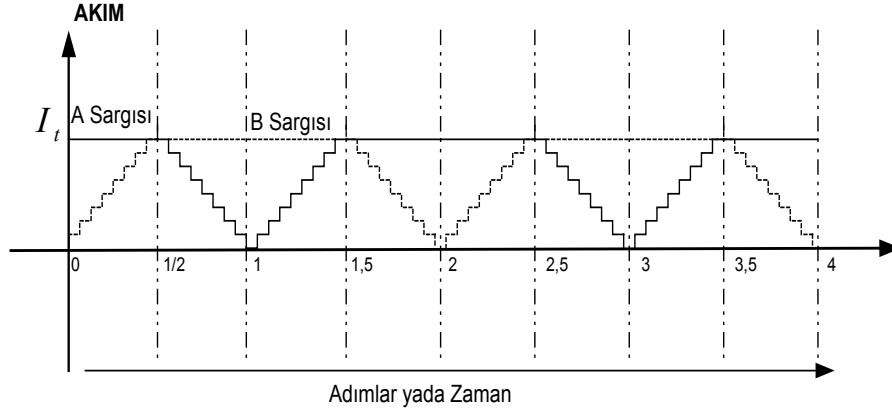
PIC işlemciler düşük maliyetleri, programlama kolaylığı, geniş giriş yelpazesi ve uygulama alanlarından dolayı endüstriyel uygulamalarda son yıllarda sıkça kullanılmaya başlanmıştır.

Adım motorun sürülmesi için iki farklı PWM darbesine ihtiyaç vardır. Bu maksatla gerçekleştirilen uygulamada iki PWM çıkışına sahip olan PIC 16F877 kullanılmıştır. PIC 16F877' nin diğer bazı önemli özellikleri şunlardır:[2]

- 20 Mhz saat girişi
- 8K Flash Bellek
- 35 komut
- RISC mimari
- Direkt, dolaylı ve relatif adresleme
- Power on Reset (POR)
- Power up Timer (PWT)
- Programlanabilir kod koruma

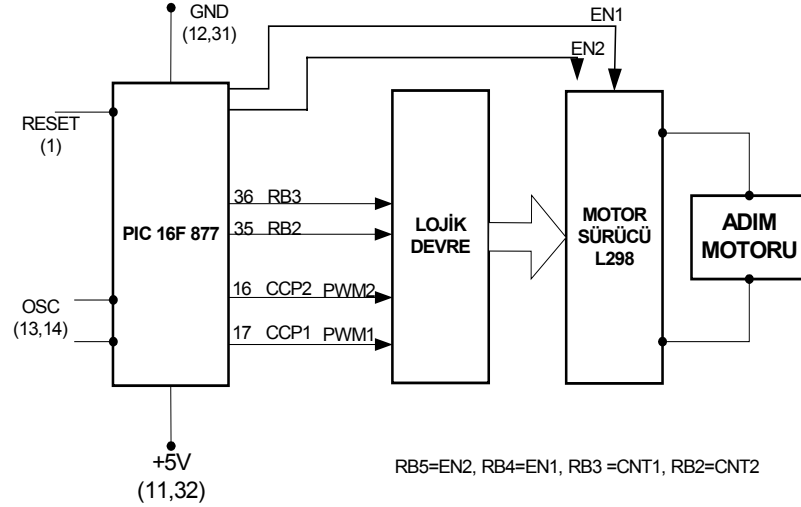
- 3 adet zamanlayıcı
- 10 Bit A/D çevirici

Mikroadımlama, bir tam adımın yarısında motor sargılarının birinde akım sabit tutulur iken diğerinde akımın sinusoidal olarak değiştirilmesi prensibine dayanır. Bu işlem şekil 3' te görülmektedir.



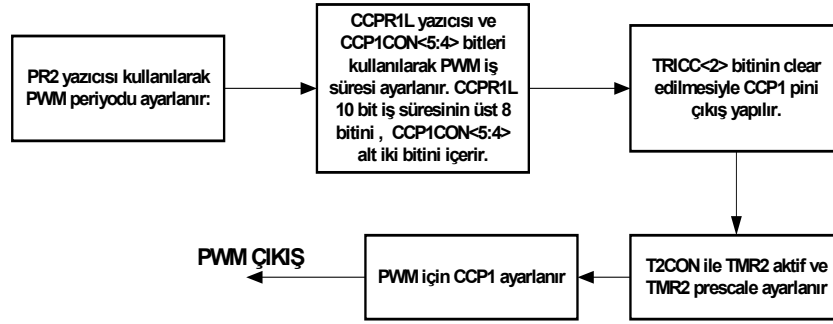
Şekil 3. Stator sargılarındaki akım değişimi

Uygulama düzeneği üç bölümden oluşmaktadır. PIC işlemci, lojik devre ve motor sürücü. PWM çıkışları ve kontrol uçları PIC işlemci ile üretilip hangi sargıya akım verileceğini seçen lojik devreye iletilir, lojik devrenin çıkışları ise adım motor sürücüsüne bağlanmıştır. Şekil 4' te devrenin blok diyagramı görülmektedir. Motor sürücü olarak L298 (H-Bridge) kullanılmıştır. Lojik devre bir NOT(7404) ve bir AND (7408) kapısından meydana gelmektedir.



Şekil 4 . Mikroadımlama devresi blok diyagramı

PIC 16F877 PWM çıkışlarının ayarlanmasına dair işaret akış diyagramı Şekil 5' te verilmiştir.



Şekil 5. PIC 16F 877 PWM çıkışının ayarlanmasına ilişkin akış diyagramı

Adım motorun 32 mikroadım/adım oranla dönmesi için elektriksel 5.6 derecelik (90/16) artımlarla akımın sargılara verilmesi gerekir. Bu amaçla;

ilk 16 adım (0-15) için A sargısına uygulanması gereken akım $\rightarrow \sin(n \times 5,6^0)$, $n=1..16$
sonraki 16 adım (16-31) için B sargısına uygulanması gereken akım $\rightarrow \cos(n \times 5,6^0)$, $n=1..16$

sargılara uygulanır. Bir tam adımın ilk yarısında A sargısına akım uygulanırken B sargısında akım sabit tutulur. Tam adımın diğer yarısında akım B sargısına uygulanır, A sargısında sabit tutulur. Bu işlemin gerçekleştirilmesi için 3kHz frekanslı PWM darbelerinin iş süreleri hesaplanmış ve Tablo 1 oluşturulmuştur. Tablo 32 mikroadım/adıma göre hesaplanmıştır. 16,8,4, yarım adım ve tam adım oranlarında dönme değerleri tablodan elde edilebilir. Oluşturulan tablo "bir tam adıma" yani bölüm 2' de bahsedildiği gibi "elektriksel 90 derece" ye karşılık gelir.

Tablo1. Mikroadımlama tablosu

ADIM	AKIM SARGI B	PWM1 İŞ SÜRESİ	PWM2 İŞ SÜRESİ	ADIM	AKIM SARGI A	PWM1 İŞ SÜRESİ	PWM2 İŞ SÜRESİ
0	Sin 5,6	%100	%9,8	16	Cos 5,6	%9,8	%100
1	Sin11,25	%100	%20	17	Cos11,25	%20	%100
2	Sin16,8	%100	%29	18	Cos16,8	%29	%100
3	Sin22,5	%100	%38	19	Cos22,5	%38	%100
4	Sin28	%100	%47	20	Cos28	%47	%100
5	Sin33,75	%100	%56	21	Cos33,75	%56	%100
6	Sin39	%100	%63	22	Cos39	%63	%100
7	Sin45	%100	%71	23	Cos45	%71	%100
8	Sin50,6	%100	%77	24	Cos50,6	%77	%100
9	Sin56,25	%100	%83	25	Cos56,25	%83	%100
10	Sin61,8	%100	%88	26	Cos61,8	%88	%100
11	Sin67,5	%100	%93	27	Cos67,5	%93	%100
12	Sin73,1	%100	%95,6	28	Cos73,1	%95,6	%100
13	Sin78,75	%100	%98	29	Cos78,75	%98	%100
14	Sin84,35	%100	%99,5	30	Cos84,35	%99,5	%100
15	Sin90	%100	%100	31	Cos90	%100	%100

4. SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMA:

Mikroadımlama, küçük dönme açıları ve yumuşak dönme hareketi gerektiren hassas uygulamalarda kullanılır. Bu amaçla bu çalışmada günümüzde maliyet, kullanım kolaylığı, geniş uygulama alanı gibi özellikleri nedeniyle son yıllarda endüstriyel uygulamalarda sıkça kullanılan PIC işlemci ile mikroadım adım motor sürücü gerçekleştirildi. Piyasada bulunan adım motor sürücü devreleri bu işlemciler yoluyla daha düşük maliyetlerle imal edilebilir. Uygun PIC işlemci yardımıyla gerçekleştirilecek bir yazılımla bilgisayar kontrollü adım motor sürme işlemi gerçekleştirilebilir. Böylece hız, adım sayısı, ileri/geri dönme kontrol edilebilir. Ayrıca mühendislik ve teknik eğitim fakülteleri, meslek yüksekokulları ve liselerinin ilgili bölümlerinde adım motor sürülmesi ile ilgili deneylerde eğitim amaçlı kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1]. Microchip Technology Inc., “Stepper Motor Microstepping with 18C452”, Microchip Application Notes- AN822, 2002.
- [2]. Microchip Technology Inc.,”28/40 pin 8-bit CMOS FLASH Microcontrollers”, Microchip Data Sheets PIC16F87X, 1999.