

MİKRODENETLEYİCİ TABANLI SERVO SİSTEM DENETİMİ

Mehmet Fatih IŞIK¹

İsmail COŞKUN²

¹Hitit Üniversitesi Çorum Meslek Yüksekokulu Teknik Programlar Bölümü, 19169, Çorum

¹e-posta: ifatih@gazi.edu.tr

²Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü, 06500, Ankara

²e-posta: icoskun@gazi.edu.tr

Anahtar sözcükler: Servomotor, Servo Sistem, Mikrodenetleyici, Pozisyon Kontrol.

ABSTRACT

Servomotors are preferred in industry to realize high performance position control. In this paper, control of angles position and speed has been carried out by using DC servomotor. On the designed system, required position knowledge has been entered by using buttons attached to the system. While the system runs, required and realized position values can be seen on the LCD screen and an indicator connected to the shaft.

1. GİRİŞ

Endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılan elektrik motorları yapı olarak birbirlerine göre farklılıklar gösterirler. Bu motorlarının ortak yanı; elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürmeleridir. Konum ve hız kontrolü için her elektrik motoru uygun olmayabilir. Bu durumda kontrol edilmek istenilen büyüklüğe uygun bir motor seçimi yapılmalıdır.

Konum kontrolü yapılması gereken uygulamalarda genellikle adım motoru ya da servomotor kullanılır. Adım motorları daha çok küçük güçlü sistemlerde ve düşük moment gerektiren kontrollerde tercih edilir. Bunun yanında büyük güç, yüksek moment ve hızlı tepki gerektiren sistemlerde ise daha çok servomotorlar kullanılır [1]. Ayrıca motorun kalkış ve duruş anında, motorun kontrolünü daha yumuşak bir şekilde yapmak kolaydır. Böylelikle motorun kalkış ve duruş sırasında, mile bağlı yükün ve ürünün zarar görmesi önlenebileceği gibi aynı zamanda motorun kalkış anında yüksek akım çekmesi de önlenmiş olur.

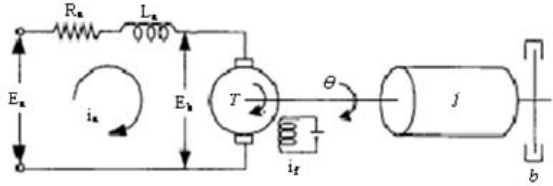
Servomotorun pozisyon denetiminde, motor milinden hız ve pozisyon bilgileri takometre ve enkoder ile ölçülerek klasik denetim ve Bulanık Mantık gibi yöntemler uygulanabilmektedir [2-4].

Motor hızının değiştirilmesi, motora uygulanan gerilimin ayarlanması ile yapılır. Motora uygulanan gerilimin ayarlanmasında daha çok yarıiletken elemanlar kullanılır. Bu yarıiletken elemanların kontrolü ise mikroişlemci, mikrodenetleyici gibi denetim elemanları ve yazılım aracılığı ile yapılır.

Bu çalışmada denetim elemanı olarak mikrodenetleyici kullanılmıştır.

2. DC SERVOMOTORUN MATEMATİKSEL MODELİ

DC servomotorun ana parçaları, uyarım (alan) kutbu, endüvi, kolektör ve fırçalardır. DC servomotorun eşdeğer devre şeması Şekil 1'deki gibidir. Bu eşdeğer devreye göre DC servomotorun transfer fonksiyonu Eş. 1'de verilmiştir.



Şekil 1 DC Servo Motorun Matematiksel Modeli

$$\frac{\Theta(s)}{E_a(s)} = \frac{K}{s[L_a J s^2 + (L_a b + R_a J)s + R_a b + K K_b]} \quad (1)$$

Burada;

- R_a : Endüvi direnci (Ohm)
 - L_a : Endüvi indüktansı (Henry)
 - i_a : Endüvi akımı (Amper)
 - i_f : Uyarım akımı (Amper)
 - E_a : Endüviye uygulanan gerilim (Volt)
 - E_b : Endüvi uç gerilimi
 - Θ : Motor milinin açılma yer değişimi (Raydan)
 - T : Motor tarafından üretilen moment (N-m)
 - J : Motor milinden elde edilen eşdeğer atalet momenti ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)
 - b : Motorun sürtünme katsayısı (N-m/rad/sec)
- Eş. 1'de verilen transfer fonksiyonunda endüvi (rotor) devresindeki indüktans (L_a) çok küçük olduğundan ihmal edilebilir. Buna göre elde edilen transfer fonksiyonu Eş. 2'deki gibi olur [5].

$$\frac{\Theta(s)}{E_a(s)} = \frac{K_m}{s(T_m s + 1)} \quad (2)$$

Burada;

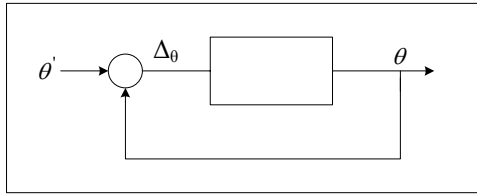
$K_m = K/(R_a b + K K_b)$ motor kazanç sabiti

$T_m = R_a J / (R_a b + K K_b)$ motor zaman sabitidir.

Sisteme ait iki kontrol büyüklüğü vardır. Bunlar; hız ve konum kontrolüdür. PWM sinyalin darbe genişliği ayarlanarak sisteme ait hız kontrolü yapılmaktadır. Ayrıca sistemden istenilen konuma gitme ya da gelme hızı da ayarlanabilmektedir. Tasarlanan sistemde kullanılan motorun devri 3000 d/d olup bu devri 3 d/d'ya düşürmek ve aynı zamanda mil momentini yükseltmek için motor miline 9 adet tümleşik dişli monte edilmiştir.

3. MİKRODENETLEYİCİ TABANLI DENETİM

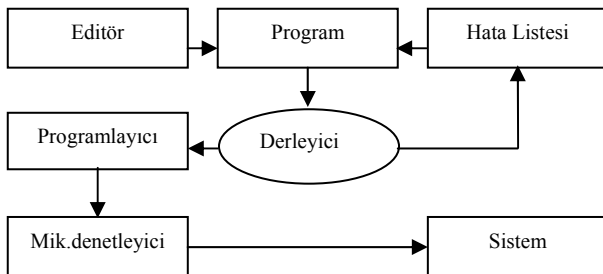
DC Servomotor denetim sistemleri; denetim için gerekli olan sinyalleri (dönüş yönü, hız ve konum); mikroşlemci, mikrodnetleyici ya da bilgisayardan alırlar. Motora uygulanan sinyallerin geri beslemesi ise algılayıcı, enkoder ya da geri besleme potansiyometresinden alınarak sürücü devreye aktarılır. Alınan bu sinyaller sürücü devreye gerçek zaman bilgisi olarak girilir. Sürücü aldığı bu sinyaller ile hesaplamalar yaparak sürme işlemi için gerekli olan sinyali üretir [4]. Bu denetim yöntemi Şekil 2' de gösterilmiştir.



Şekil 2. Servomotor denetimi blok diağramı

Pozisyon kontrolü aşamasında endüvi pozisyon derecesi θ , istenilen pozisyon θ' olarak ele alınırsa sürücü devrenin bu aşamada üreteceği sinyalin büyüklüğü açısı olarak $\Delta\theta = \theta' - \theta$ olur.

Mikrodnetleyici programlama blok diyagramı ise Şekil 3'de verilmiştir.

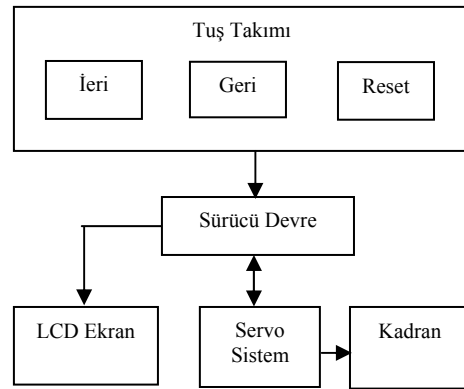


Şekil 3 Mikrodnetleyici programlama blok şeması

Mikrodnetleyicinin programlanması aşamasında, notepad programında yazılan program kodları, uzantısı 'ASM' olarak diske kayıt edilmiştir. Kayıt

edilen dosya daha sonra MPASM programında açılarak derlenmiştir. Derlenen dosya, aynı dizin içinde uzantısı 'HEX' olan hexadecimal kod dosyasına dönüştürülür. Bu aşamada eğer program kodunda bir hata varsa 'HEX' dosyası yerine hata 'ERR' dosyası oluşur. Hata olmaması durumunda oluşan hexadecimal kod dosyası kullanılarak port (seri ya da paralel) ve mikrodnetleyici seçimi yapıldıktan sonra programlama kartına takılı olan mikrodnetleyiciye, hexadecimal kodlar yazılarak programlama aşaması sonlandırılır [4].

Tasarlanan sisteme ait blok diyagramı ise Şekil 4' de gösterilmiştir.



Şekil 4 Tasarlanan Sistemin Blok Diyagramı

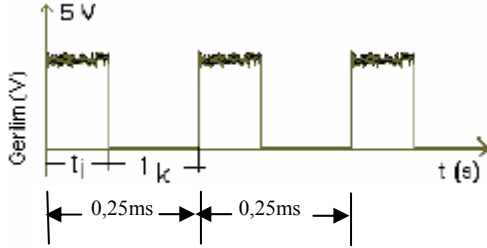
Şekil 4' de tasarlanan sisteme ait blok diyagramı verilmiştir. Sistemde tuşlar yardımıyla, istenilen konum değeri girildikten sonra mikrodnetleyicili sürücü devre, motoru istenen dereceye gelinceye kadar iletimde tutar. Sürücü devre bu işlemi, motor miline bağlı bulunan potansiyometreden aldığı analog gerçek konum değeriyle, istenilen konum değerini karşılaştırarak karar verir. Sistemde bulunan LCD ekranın 1. satırında sistemden istenilen açı, 2. satırında ise gerçekleşen açı değeri görüntülenmektedir. Kadran ise dişli mekanizmaya bağlı olarak gerçek konum değerini analog olarak göstermektedir.



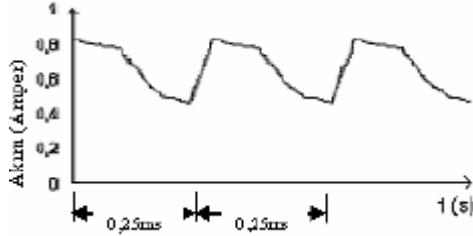
Şekil 5 LCD Ekran Görüntüsü

Bir doğru akım ayarlayıcısına değişik yöntemlerle kumanda ederek akım ayarlanabilir; Bu yöntemlerden birkaçı, darbe genişlik modülasyonu (PWM), darbe periyodu modülasyonu (PFM) dir [6]. PWM ile PFM arasında ki fark; PWM' de periyot (frekans) sabit tutularak darbenin genişliği ayarlanmakta iken PFM' de ise darbe genişliği sabit tutulup periyot

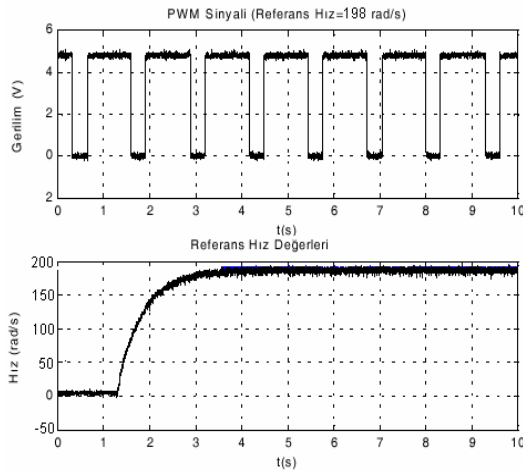
değiştirilmektedir. Bu çalışmada darbe genişlik modülasyonu yöntemi kullanılmıştır. Çünkü değişken frekanslı sistemlerde filtre etme güçlükleri söz konusudur. Tasarlanan sistemde kullanılan motor DC motordur. Bu motora uygulanan gerilim, darbe genişlik modülasyonu tekniğine uygun olarak mikrodenetleyici tarafından üretilmiştir. PWM tekniği kullanılırken sinyalin frekansı 4Khz ya da periyodu 0,25 ms olarak sabit tutulurken darbenin iletim süresi harici bir denetim düzeneği ile ayarlanmaktadır.



Şekil 6. Servo Sisteme uygulanan gerilimin dalga şekli



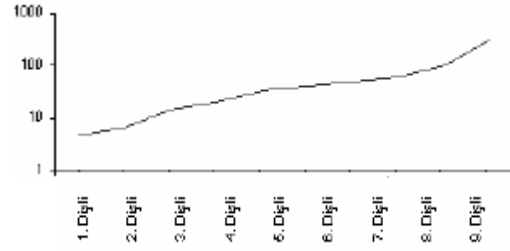
Şekil 7. Servo Sistemden geçen akımın dalga şekli



Şekil 8. Referans hız 198 rad/s iken ölçülen PWM ve referans hız değeri

Her bir dişlideki momentin hesaplanması için genellikle pratik hesaplamalarda Eş. 3 kullanılır [7]. P gücü n ise devir sayısını sembolize etmektedir.

$$M_b = 9549,3 \frac{P}{n} (\text{Nm.}) \quad (3)$$



Şekil 9. Dişli sayısına bağlı olarak dişlerdeki moment

4. SONUÇ

Motor pozisyon bilgisi potansiyometre kullanılarak sürücü devreye iletilmektedir. Bu çalışmada PIC 16F877 mikrodenetleyici kullanarak bir servosistem konum ve hız denetimi gerçekleştirilmiştir ve sistemin prototipi gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan sistemden beklenen performansı yerine getirilebilmesi için PIC 16F877'nin program algoritması çıkarılmış ve notepad ortamında gerekli program yazılmıştır. Daha sonra bu program MPASM ortamında derlenmiş ve olası hatalardan arındırılarak "hex" formatında mikrodenetleyiciye yüklenmiştir.

Sistemden istenilen mil konumunu sisteme girebilmek için gerekli tuş takımı ile istenilen ve gerçekleşen mil konumunu görüntülemek için bir LCD ekran sisteme ilave edilmiştir. 3000 d/d olan motor devrini 3 d/d' ya indirmek için gerekli dişli kutusu tasarımı yapılmıştır.

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda prototipi üretilen sistemin performansı, dişli oranları/moment kriteri de dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Bir örnek olarak sistem konumunun saat ibresi yönünde 20°, 150°, 300° dönmesi için tuş takımından sıra ile gerekli değerler girilmiştir. Girilen bu değerlerin ne miktarda gerçekleştiğini belirlemek için sistemin miline bağlı olan konum göstergesi kadranından 300° dönmesi için ±3° lik bir doğrulukla gerçekleştiği görülmüştür. Konum kontrolü yapılan sistemlerde, sistemin doğruluğunu yükseltmek için atalet momenti düşük olan motor ve dişli kutularının seçilmesi gerekir. Atalet momentlerinin yüksek olması durumunda ise küçük konum değişikliklerinde meydana gelen sapmalar daha büyük olmaktadır.

Bu değerlendirmelere bakarak gerçekleştirilen prototip sistemin performansının tasarım kriterlerine uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Özkan, A., PLC ve SCADA destekli Pozisyon kontrolü, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 1999.
- [2] Khongkoom, N., Kanchanathep, A., Nopnakeepong, S., Tanuthong, S., Tunyasrirut, S., Kagawa, R. "Control of the position DC Servo Motor by Fuzzy Logic", IEEE, TENCON 2000 Proceedings, Volume 3, 24-27 Sept. 2000 Page(s):354-357 vol.32000.

- [3] Tamaki, K., Ohishi, K., Ohnishi, K., Miyachi, K., "Microprocessor-Based Robust Control of a DC Servo Motor, Control Systems Magazine IEEE, Volume 6, Issue 5, Page(s):30 – 36, 1986.
- [4] Işık M. F., Coşkun, İ., "Servomotorun Mikrodenetleyici İle Konum ve Hız Denetimi", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 17, Sayı 3, 2004.
- [5] Hoang Le-Huy and Maher Hamdi, "Control of a Direct-Drive DC servo motor by Fuzzy Logic", 0-7803-1462-x/93\$03.00 0, IEEE, pp. 732-738, 1993.
- [6] Fu, L., "Robust Adaptive Decentralized Control of Robot Manipulators", IEEE Transactions on Automatic Control, Vol.37: No.2, 1996.
- [7] Akkurt, M., Machine Elements, Geared Wheels And Other Power Transmission Elements, İTÜ., Birsen Yayınevi, İstanbul, 2-3, 1997.

Prof. Dr. İsmail COŞKUN

1944 yılında Sivas/Suşehri'nde doğdu. Yüksek Teknik Öğretmen Okulu, Elektrik Bölümünde Lisans, University of Wisconsin STOUT/U.S.A., Electricity, Electronics in Technical Edu. (1976–78) ve University of Manchester - UMIST/U.K. Power Electronics and Systems (1981–1982) Yüksek Lisansını, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Eğitimi Bölümünde Doktorasını tamamlayan Prof. Dr. İsmail COŞKUN, 18-10-2000 tarihinde Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü, Elektrik Makineleri Eğitimi ABD'ına Profesör olarak atanmıştır. Otomatik Kontrol, Güç Elektroniği konularında çalışan Prof. Dr. İsmail COŞKUN'un çok sayıda yurtiçi, yurtdışı yayını vardır.

Öğr. Gör. Mehmet Fatih IŞIK

1978 yılında Bitlis/Ahlat' da doğdu. Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümünde Lisans, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Eğitimi Bölümünde Yüksek Lisansını tamamladı Şu anda aynı Enstitüde doktora eğitimine devam etmektedir. 2001 yılında Gazi Üniversitesi Çorum Meslek Yüksekokuluna Öğretim Görevlisi olarak atanmış ve aynı görevine devam etmektedir. Elektrik Makineleri kontrolü, Endüstriyel otomasyon alanlarıyla ilgilenmektedir. Yurtiçi ve yurtdışı yayınları bulunmaktadır.