

Küresel Motorun Mikrodenetleyici Kontrollü Sürücü Devresi ve Tasarımı

Sibel AKKAYA OY^{1*}, Osman GÜRDAL², Olcay AYDIN³

¹Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Mühendisliği Bölümü, Ordu.

²Orhangazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bursa.

³Celal Bayar Üniversitesi, Turgutlu Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Kontrol Otomasyon Bölümü, Manisa.

Özet

Bu çalışmada sabit mıknatıslı küresel motor ve sürücü devresi tasarlanmıştır. Bunun için PIC 16F887 kullanılmıştır. Tasarlanan sistemde kullanılan mikrodenetleyicinin maliyetinin ucuz olması, kolay programlanabilmesi ve geniş bir kullanım alanına sahip olması kontrol devresinde avantaj sağlamıştır.

Anahtar kelimeler: Sabit mıknatıslı küresel motor; PIC 16F887; Sürücü devre

Design and Microcontroller Controlled Driver Circuit Of A Spherical Motor

Abstract

In this study, a permanent magnet spherical motor and driver circuit is designed. PIC 16F887 was used for this purpose. The designed system showed that this low cost microcontroller with easily programmable feature and having a wide range of usage areas is advantageous.

Keywords: Permanent magnet spherical motor; PIC 16F887; Driver circuit

**sibelakkayaoy@gmail.com*

1. GİRİŞ

Küresel motor; bir eksen etrafında dönen doğrusal hareket yapabilen, hareketli sargısı, hareketli demir nüvesi veya hareketli daimi mıknatısı olan sınırlı üç boyutlu hareket yapabilen elektromekanik elemandır. Motorların birkaç tanesinin birlikte yapabileceği işleri tek başına yapmaktadır. Bunun kazancı olarak daha az miktarda motor kullanılarak maliyet düşürülmektedir.

Küresel motorun zaman içerisindeki gelişimini incelediğimizde Williams ve Laithwaite'nin 1950'li yıllarda değişken hızlı indüksiyon motorlar üzerine çalışması, indüksiyon motorun küresel geometri ile geliştirilmesine olanak sağlamıştır (Wang et al 1998). Rotorun yapısı küreye yakın bir şekilde yapılmıştır. Bu rotor enine ve boyuna yönde bakır tel ile sarılmıştır. Williams ve Laithwaite'nin bu çalışmalarına dayanarak Vachtsevanos ve arkadaşları üç serbest dereceli küresel motor tasarlamışlardır (Vachtsevanos et al 1987). Daha sonra Davey ve arkadaşları ideal dağıtılan akım modelini kullanarak bu motorun elektromanyetik alan analizini yapmışlardır (Davet et al 1987).

Doğru akım küresel motorun hareket alanının sınırlılığı ve küresel indüksiyon motorunun karmaşık mekaniksel yapıya sahip olması ve üretimindeki zorluklar yüzünden Lee ve arkadaşları küresel adım motor kavramını ortaya atmışlardır ve adım motorunu temel alarak değişken relüktanslı küresel adım motor tasarlamışlardır (Lee et al 1988; Lee et al 1991).

Toyoma ve arkadaşları iki serbestlik derecesyle hareket eden ultrasonik küresel motoru geliştirmiştir (Toyoma et al 1995). Mashimo ve arkadaşları çok serbestlik derece ile hareket eden ultrasonik motor tasarlamışlardır (Mashimo et al 2009). Küresel motor uygulamalarının artması ile kontrol sistemlerinin performansları için güç elektroniği ve dijital kontrol teknolojileri büyük önem kazanmıştır. Küresel motorların tork, akım, gerilim ve pozisyon kontrolü yapılmaktadır (Park et al 2012). Öner ve arkadaşları rotoru 4 kutuptan statoru ise sekiz kutuptan meydana gelen sabit mıknatıslı küresel motorun kontrolünü gerçekleştirmişlerdir (Oner et al 2009).

Gelişen ve hızla ilerleyen bu teknolojiler karşısında ülkemizde de yavaş yavaş robotik uygulamaların artış gösterdiği bir eğilim oluşmuştur. Endüstrinin bu ihtiyacına cevap

verebilmek için bu robotik sistemlerde kullanılan eyleyicilerin ihtiyaca göre tasarlanması ve sürücülerinin de çalışacağı ortama uygun olarak tasarlanması gerekmektedir. Bir motorun daha verimli çalışabilmesi için kontrol devreleri oldukça önemlidir. Bu çalışmada statoru üç kutuptan, rotoru sabit mıknatıslı iki kutuptan tasarlanan küresel motorun kontrol ünitesi gerçekleştirilmiştir. Bu kontrol PIC mikro denetleyicisi ile yapılmıştır. PIC program C dilinde hazırlanmıştır.

2. KÜRESEL MOTORUN YAPISI

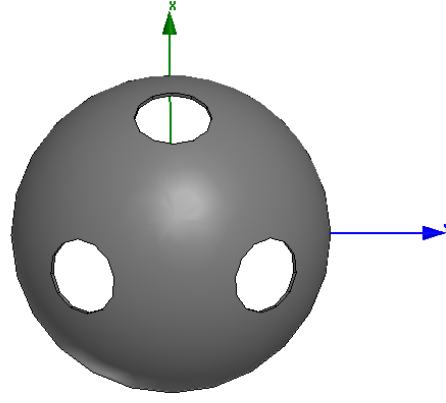
Bilgisayar destekli tasarımı yapılan küresel motorun temel parçalarından biri statordur. Yapılan bu tasarımdaki küresel motor hava nüveli olduğu için tasarlanan küresel motorun stator kısmı Delrin malzemesinden yapılmıştır. Bu prototipin özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Küresel motor prototipinin özellikleri

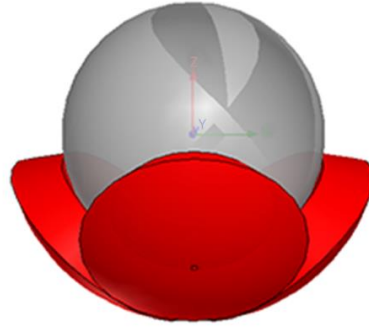
Stator dış yarıçapı	5.7 (mm)
Rotor yarıçapı	4 (mm)
Sabit mıknatısın kutup açısı	$\alpha=180^\circ$, $\beta=90^\circ$
Stator kutup sayısı	3
Rotor kutup sayısı	2
Maksimum tilt açısı	± 44
Maksimum tork	30 (uNm)

Yapılan bu tasarımdaki küresel motor hava nüveli olduğu için tasarlanan küresel motorun stator kısmı Delrin malzemesinden yapılmıştır. Stator kutupları, x eksenine göre 45° ’lik açı ve z eksenine göre 120° ’lik bir açı ile yerleştirilmişlerdir. Stator kutupları ile rotor kutbu arasında 0,1 mm hava aralığı mevcuttur. Şekil 1’de stator sargılarının eksnelere göre konumu gösterilmiştir.

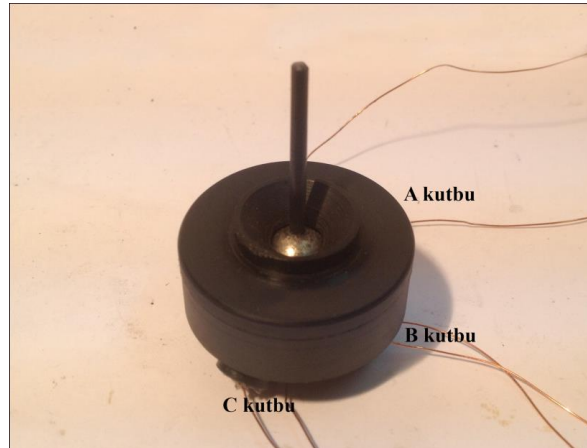
Şekil 2’de Ansoft Maxwell 3D programının Çizim Editöründe tasarlanan motorun basit yapısı görülmektedir. Şekil 3’de küresel motorun prototipi görülmektedir.



Şekil 1. Statorun üstten görünüşü



Şekil 2. Küresel Motorun Basit Yapısı



Şekil 3. Küresel Motor Prototipi

3. KÜRESEL MOTORUN KONTROLÜ

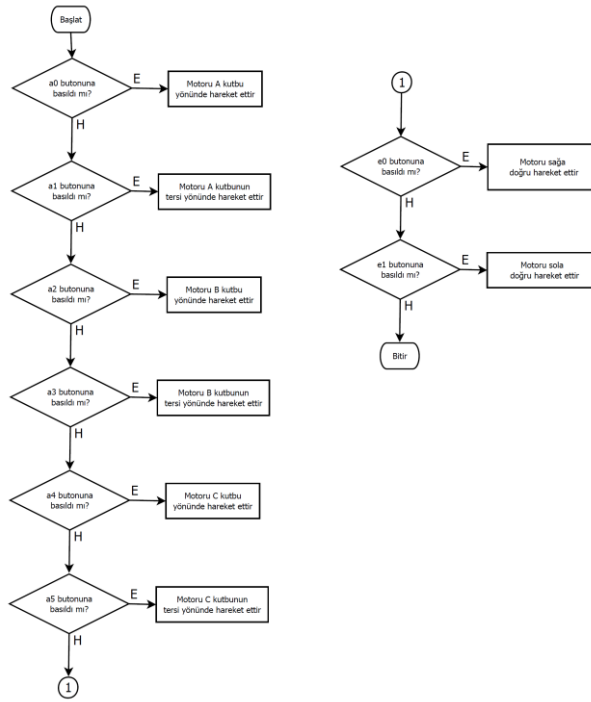
Küresel motorun kontrolü açık döngülüdür. Şekil 4’de bu devrenin sürücü şeması verilmiştir.

Şekil 4’de görüldüğü gibi sürücü devresi, PIC mikrodenetleyici kontrol devresi, yalıtım kısmı ve H köprülü anahtarlama kısımlarından oluşmaktadır.

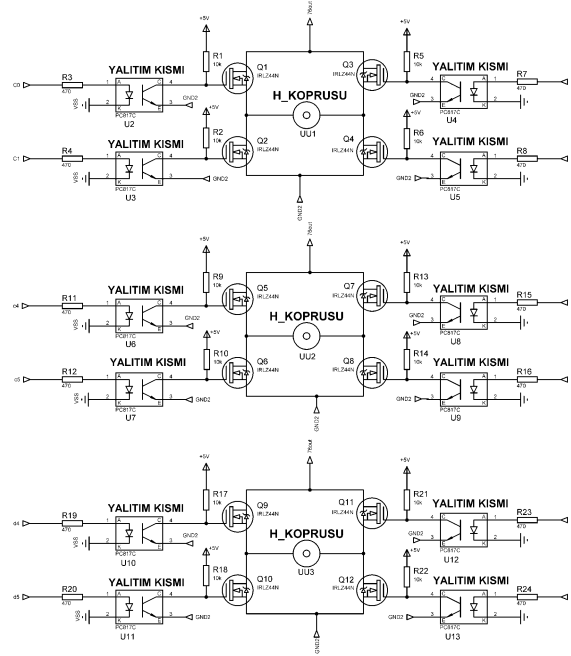
PIC mikrodenetleyicisi olarak 16F887 seçilmiştir. Şekil 5’de kullanılan PIC’in bağlantı şekli verilmiştir. Bacak sayısı 40 tanedir. 12 bacağı çıkış portu olarak kullanılmıştır. PIC’te yazılım ile belirlenmiş çıkış sinyalleri sürücü devresinde bulunan yalıtım devresine verilmiştir. Küresel motorda üç tane birbirinden bağımsız sargı bulunmaktadır. Mikrodenetleyici kontrollü sürücü devresinde 11 adet buton kullanılmıştır. İlk altı buton sırası ile sargıları tek tek enerjilendirmektedir. Yedinci ve sekizinci buton ise sırası ile bütün sargıları enerjilendirmektedir. Dokuzuncu, onuncu butonlar aynı anda iki sargıyı enerjilendirmektedir. PIC programı CCS C ile yazılmıştır. Şekil 6’da yazılan bu programın algoritması verilmiştir.

Şekil 7’de sürücü devresindeki yalıtım kısmı ve H köprüsünün bağlantı şekli verilmiştir. Yalıtım kısmı, PIC mikrodenetleyicili kontrol devresinden gelen sinyalleri motorların enerjilendirilmesini sağlayan H köprülü anahtarlama devresine aktarır. Bu kısmın görevi, sürücü devrenin çekebileceği aşırı akımlara karşı PIC mikrodenetleyicisini korumaktır. Yalıtım kısmı olmazsa devrenin aşırı akım çekmesi durumunda mikrodenetleyicide hasar oluşur. Devredeki yalıtım kısımlarında toplam olarak 12 adet PC817 yalıtım entegresi (optocoupler entegre) kullanılmıştır. PIC mikrodenetleyicisinin her bir pinine ayrı ayrı bu entegrelerden takılmıştır. Yalıtım kısmında bulunan optokuplör iletme geçtiğinde PIC kontrol devresinden gelen sinyal H köprülü anahtarlama devresine iletilmiş olur.

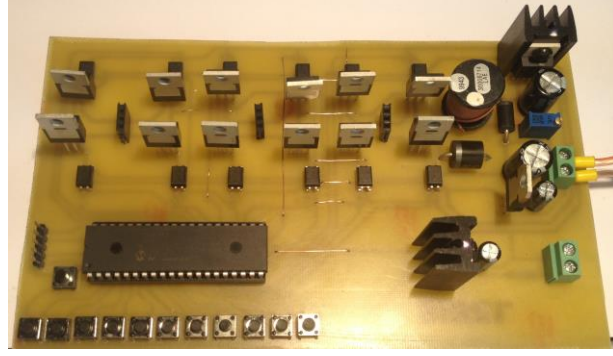
Tasarlanan küresel motorda birbirinden bağımsız üç sargı olduğu için, her bir sargı için H tipi köprülü anahtarlama devresi kullanılmıştır. H tipi köprülü anahtarlama devresi kullanılarak sargılar enerjilendirilmektedir. Ayrıca PIC mikrodenetleyicili kontrol devresinden gelen sinyal doğrultusunda sargı akımlarının yönü değiştirilebilmektedir. Böylelikle sargı kutupları değiştirilebilmektedir. Bir köprülü anahtarlama devresinde



Şekil 6. Küresel Motor Sürücüsünün Yazılım Algoritması



Şekil 7. Devrenin Yalıtımı Ve H Köprüsü Devre Şeması



Şekil 8. Uygulamada Kullanılan Kontrol Devresi

4. SONUÇ

Bu çalışmada sabit mıknatıslı küresel motorun kontrolü PIC 16F887 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu motor aşağı ve yukarı $\pm 44^\circ$ ile hareket edebilmektedir. Bu motorda kolay programlanabilme ve maliyetinin ucuz olmasından dolayı bu mikrodenetleyici tercih edilmiştir. Küresel motor kontrolünde her sargıya enerji veren bir sürücü devre yapılmıştır. Motorun daha hassas hareketler yapabilmesi için rotor konum bilgisinin geribildirim mekanizmalarının uygulanması gerekir. Bunun için hassas ölçü yapan sensörler kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Davey K, Vachtsevanos G & Power R (1987). The analysis of fields and torques in spherical induction motors. *IEEE Transactions on Magnetics* **23**(1): 273-282
- Lee K M, Vachtsevanos G & Kwan C K (1988). Development of a spherical wrist stepper motor. *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 24-29 April, Philadelphia, USA, pp. 26-29
- Lee K M & Pei J (1991). Kinematic analysis of a three degree-of-freedom spherical wrist actuator. *The Fifth International Conference on Advanced Robotics*, 19-22 June, Pisa, Italy, pp. 72-77
- Mashimo T, Toyama S & Ishida H (2009). Design and implementation of spherical ultrasonic motor. *IEEE Transactions on Ferroelectrics and Frequency Control* **56** (11): 2514-2521
- Oner Y, Çetin E, Yılcı A & Oztürk H (2009). Design and Open Loop Control of a Spherical Motor. *International Conference on Applied electronics*, 9-10 September, Pilsen, Czech Republic, pp. 191-194
- Park H J, Cho S Y, Ahn H W, Lee H J, Won S H & Lee J (2012). A study of advanced spherical motor for improvement of multi-dof motion. *J Electr Eng. Technol* **7**(6): 926-931

- Toyoma S, Sugitani S, Zhang G, Miyatani Y & Nakamura K (1995). Multi degree of freedom spherical ultrasonic motor. *Proceedings of the 1995 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 21-27 May, Nagoya, Japan, pp. 2935-2940
- Vachtsevanos G, Davey K & Power R (1987). Development of a novel intelligent robotic manipulator. *IEEE Control Systems Magazine* 7(3): 9-15