

PIC TABANLI FIRÇASIZ DC MOTOR SÜRÜCÜ TASARIMI

**Ozan KARAKULAK¹, Oğuz YAZ², Erman KÖYBAŞI³, Sabri BİÇAKCI⁴,
Can CANDAN⁵, Davut AKDAŞ⁶**

¹ozankarakulak@bau.edu.tr Balıkesir Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Balıkesir

²oguzyaz@bau.edu.tr Balıkesir Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Balıkesir

³koybasi@balikesir.edu.tr Balıkesir Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Balıkesir

⁴sbicakci@balikesir.edu.tr Balıkesir Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Balıkesir

⁵ccandan@kkk.tsk.tr 6. Ana Bakım Merkez Komutanlığı, 10145 Balıkesir

⁶davut_akdas@yahoo.co.uk Balıkesir Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Balıkesir

ÖZET

Bu çalışmada bir fırçasız dc motorun PIC16F877 mikroişlemcisi ile motor sürücü devresi tasarlanmıştır. Yapılan sürücü sisteminde oldukça yaygın olarak kullanılan ve uygun fiyata bulunabilen devre elemanları kullanılmış olup böylece sürücü devresi sistemi düşük maliyeti ve kolay yapısı ile uygulanabilirlik açısından oldukça kullanışlıdır. Tasarlanan sürücü sistemi kullanılan devre elemanlarının yapısı gereği oldukça performanslı çalışıp, uygulama örneği olan motor için ideal bir motor sürücü olmuştur.

Yapılan çalışma bir fırçasız dc motor için kontrol sağlamakta olup, piyasada zaten fırçasız dc motorlar ile birlikte motor kontrol devreleri beraberinde temin edilmekle beraber fiyat performans açısından pahalı olmaktadır. Yapılan devre ile daha az maliyetle motor kontrolü mümkün olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bldc, Fırçasız Motor, Motor Sürücü, Mikroişlemci

ABSTRACT

In this study, with a brushless DC motor drive circuit of the engine is designed PIC16F877 microcontrollers. The drive system is quite widely used and has been used at an affordable price so that the circuit elements can be found in the driver circuit system is very useful in terms of low cost and easy applicability of the structure. Due to the nature of the circuit elements used in the drive system is designed to work extremely performance, the engine is ideal for application instance has been an engine driver.

This study is to provide a brushless dc motor control, brushless dc motors are already in the market which are available along with the motor control circuitry is expensive in terms of price and performance. The motor control circuit at less cost than is possible with this study.

Keywords: Bldc, Brushless Motor, Motor Drive, Microcontroller

1. GİRİŞ

Fırçasız Doğru Akım (DC) motorları artık günümüzde, endüstriyel uygulamaların çoğunda, özellikle otomotiv sektörü, uzay teknolojileri, bilgisayar teknolojileri, tıp elektroniği, askeri alanlar, robotik uygulamaları ve ev ürünlerinde sıkça kullanılmaktadır. Bu motorlar, yüksek moment/akım ve yüksek

moment/eylemsizlik oranına sahiptir. Ayrıca fırçasız dc motorların, sağlam yapı, yüksek verim ve yüksek güvenilirlik gibi üstünlükleri vardır. Bütün bu özelliklerinden dolayı fırçasız dc motorlar günümüzde diğer motor çeşitlerine oranla çok daha fazla yaygın bir kullanıma sahiptir. Fakat fırçasız dc motorların da kontrol edilmesi diğer motorlara nazaran daha zor olmasından dolayı henüz yeteri kadar sık kullanılmamaktadır.

2. FIRÇASIZ DC MOTOR VE KONTROL DEVRESİ

Fırçasız Doğru Akım (DC) motorları artık günümüzde, endüstriyel uygulamaların çoğunda, özellikle otomotiv sektörü, uzay teknolojileri, bilgisayar teknolojileri, tıp elektroniği, askeri alanlar, robotik uygulamaları ve ev ürünlerinde sıkça kullanılmaktadır. Bu motorlar, yüksek moment/akım ve yüksek moment/eylemsizlik oranına sahiptir. Ayrıca Fırçasız DC motorların, sağlam yapı, yüksek verim ve yüksek güvenilirlik gibi üstünlükleri vardır.[1]

Bu özelliklerinin yanında, Fırçasız DC motorların avantaj ve dezavantajlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

Fırçasız DC motorların avantajları:

- Hız kontrol olanağına sahiptir,
- Verimleri çok yüksektir,
- Fırçasız yapıları sebebi ile ark oluşturmamakta ve fırçadan çıkan karbon tozlarını içermemektedir,
- Küçük boyutta yüksek moment üretebilirler,
- Uyarma akımına ihtiyaç duymazlar,
- Güvenilir çalışma ortamı sağlarlar,
- Soğutulması kolaydır,
- Yüksek hızlarda çalışma imkanı verirler,
- Sessiz çalışma sağlarlar.

Fırçasız DC motorların dezavantajları:

- Kontrol devresi karmaşıktır,
- Pozisyon sensörlerine ihtiyaç duyarlar,
- Maliyetleri yüksektir.

2.1 Mikrodenetleyici ve Yapısı

Mikrodenetleyici devre elemanları son yıllarda, uygun yapısı nedeniyle tek döngülü sayısal kontrol sistemlerinde sıkça kullanılmaktadır. Ayrıca yaygın kullanımı ve uygun fiyatı nedeniyle popülerliği giderek artmaktadır. Mikrodenetleyici, bir bilgisayarın temel özelliklerini içeren tek bir silikon kılıf içerisinde toplanmış tüm devre elemanlarıdır. Genel olarak bir PIC devre elemanı; bir mikroişlemci, program/veri belleği, giriş/çıkış birimleri, saat darbesi üreteçleri, zamanlayıcı/sayıcı birimleri, kesme kontrol birimi, analog/dijital ve dijital/analog çeviriciler, darbe genişlik üretici, seri haberleşme birimi ve daha özel uygulamalar için kullanılan diğer çevresel birimlerden meydana gelmektedir.[2]

Sürücü Devresi

Bu çalışmada Fırçasız DC motorlar için PIC tabanlı bir sürücü gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen sistemde motor akımını karşılamak için IRF5305 ve IRLI3705 MOSFET elemanları kullanılmıştır. MOSFET elemanlarını sürmek için TC4469 sürücü entegreleri tercih edilmiştir. Yazılım olarak Microchip firmasının MPLAB programında derlenen ASM dili kullanılmıştır [3].

Fırçasız DC Motorun Yapısı ve Özellikleri

Fırçasız (Brushless) DC motorların çalışma prensiblerine bakacak olursak eğer iç yapılarına göre 2 ana gruba ayrıldığını görebiliriz. Bunlar Inrunner (Inline) Fırçasız Motorlar: motorun dönen kısmı yani rotoru motorun iç kısmındadır. Gövde (stator) sabittir. Bu motorların genellikle hızları diğer tür olan outrunner'a göre daha yüksektir. Buna karşılık motorların volt başına ürettikleri tork daha azdır. Rotorun içte olması birçok kullanım kolaylığı sağlar. Görünüş olarak standart fırçalı motorlara benzerler. Outrunner (Outline) Fırçasız: motorun Rotoru dış kısımdadır. Yani motorun gövdesi döner sabit kısım içerdedir. Soğutulmaları bobin kısmının merkezde olması nedeniyle daha zordur. Outrunner motorların hızlarının daha düşük toklarının daha yüksek olmaları nedeniyle uçan projelerde (helikopter,quadrotor,uçak..) daha sıklıkla kullanılırlar.

Bunun yanında fırçasız dc motorları sensörlü olup olmamasına göre de 2 gruba ayırmak mümkündür. Sensörlü: sensörlü fırçasız motorlar bobinin gövde içinde nerde olduğunu tam olarak hassas bir şekilde algılayabilirler. Uygun bir esc ile birlikte motordan hiç bir kayıp güç oluşmaz. Sensörsüz: sensörsüz fırçasız motorlar yaygın olarak bulunan motorlardır. ESC'ler bobine gönderilen dalganın değiştirileceğine, akım yollanmamış bobinde oluşan elektrik sinyaliyle (indüksiyon akımıyla oluşan sinyal) karar verirler. Sensörsüz motorlar sensörlü motorlar kadar yüksek hızlara ve ivmelere ulaşamazlar.

Örnek bir fırçasız dc motor parametrelerini inceleyecek olursak eğer ;

7400KRPMV : Volt başına 7400 devir

5.5 Turn : 5,5 tur sarımlı fırçalı motora denk gelen güç-akım değeri.

540 Size : Motor gövdesi boyut standartı

420 Watt : Watt: Volt x amper : Motordan örneğin 7V gerilim varken 60 amper akım çektiğini belirtiyor.

4-6 Cell : Bir cell(hücre) 1.2 V olduğu için 4,8V ile 7,2V arasında çalışabilir.

Fırçasız motorların Robotikte kullanım alanları

Bu motorlar fırçalı motorların kullanıldığı bütün yerlerde kullanılabilirler bunlara ek olarak, Motor komütatörlerinden oluşabilecek arkların (kıvılcımların) tehlike oluşturduğu sistemlerde, daha yüksek enerji yoğunluğu gerektiren işlerde, yüksek hız isteyen sistemlerde kullanılırlar.

Pratik olarak bakarsak örneğin bir dönen silaha (örneğin dönen bir testere) sahip bir savaş robotunun enerjisi aşağıdaki formül ile gösterilir;

$$E = \frac{1}{2} m V^2 + \frac{1}{2} I \frac{V^2}{R^2} \quad (1)$$

Formülde;

m = kütle

V = çizgisel hız

I = Eylemsizlik momenti

R= dönen sitemin yarıçapıdır.

Hızı 2 katına çıkartmak enerji yoğunluğunu 4 katına çıkarır ve bir fırçasız motorun hızı özel durumlar dışında genellikle 10.000 Rpm'i geçmezken Fırçasız motorun hızı 100.000 devire kadar çıkabilir. Bu da yüksek enerji demektir. Dönen testere rakibe çok daha yüksek bir güçle çarpacaktır.

Fırçasız motorların daha yüksek devirlerde çalıştığı durumlarda motorun ömrü çok azalır. Ve fırçalar çok hızlıca aşınmaya başlar. Uzun süreli kullanımlar için hiç uygun değildir.

KV (rpm/V)

Fırçasız motorların devir birimi Volt başına Rpm yani rpm/V'dir (KV). Örneğin 1200Rpm/V'luk bir Fırçasız DC motora 8V verirse motor 9600 Rpm'de dönecektir.

Motor çalışma voltajları

Fırçasız motorların elektronik devreleri de olduğu için çalıştıkları voltaj aralıkları standart fırçalı motorlara göre daha dardır.

Verimlilik

Fırçasız motorlarda herhangi bir mekanik kontak olmadığı için ve sürtünme de minimuma indiği için motorlar daha verimlidir. Verim yüzde 70 ile yüzde 90'lara kadar çıkabilir.

Motorun Sualtında Çalıştırılması

Fırçasız motorlarda herhangi bir mekanik kontak olmaması nedeniyle bağlantı noktalarında gerekli yalıtım yapılırsa motorlar sualtında da çalıştırılabilir. Tuzlu su motor bobin tellerine korozif etki yapacak telleri paslandıracaktır. Bu nedenle bu deneyi kaliteli motorunuzla denemenizi önermiyorum.

Uzun ömür

Fırçasız bir motorda komütatör fırçaları olmadığı için ilk eskiyecek sistemler motor shaftına destek olan bilyalardır. Bilindiği gibi bilyalarında ömürleri çok uzun olduğu için Brushless motorlar çok uzun ömürlüdür.

Maliyet

Bugün fırçasız motorlar yeni bir teknoloji olmanın verdiği mutlulukla standart fırçalı motorlara oranla dah ucuza üretilibilmelerine rağmen dah pahalı fiyatlarda satılıyorlar.[4]

Elektronik Hız Kontrolörleri (ESC'ler)

Fırçasız motorları kontrol etmek için kullanılan elektronik devre sistemleridir. Bu devreler motorların bobinlerine sırasıyla PWM dalgası yollarlar. Bir esc devresi 3 sistemden oluşur. Bunlar:

- Servo sinyallerini çözücü ve işleyici MCU
- Motor akım yükseltme devresi (Fet, Mosfet Transistorlu devreler)
- Geribildirim Devresi Motorlarda oluşan EMI'yi ölçen devre. Sensörlü motorlar için uygun olan esc'lerde emi'yi ölçen devre yerine sensör bilgilerini çözümlen decoder bulunur.

ESC Özellikleri

Genellikle birçok firma ürettikleri ESC'lerden laboratuvar koşullarında elde edebildikleri yüksek değerleri etiketlerine yansıtırlar. Örneğin Maksimum 30 ampere dayanıklı ESC'ler bu akım çekimine milisaniyeler mertebesinde dayanabilir. Çalışma voltajı motorunuza uygun olmalıdır. Örneğin 4-6 cell* Esc demek 4,8V ile 7,2V arasında çalışabilecek esc demektir.

*Cell bir pil hücresi demektir. Ve şarjlı pillerin (NiCd, NiMH) bir hücresinin nominal değeri 1,2V'tur. Esc'ler genellikle yalnızca tek yönde çalışacak şekilde üretilirler. Bu durum helikopter motorunu hep bir yöne çeviren bir sistem için sorun olmazken Robotik kullanım için uygun olmaz. Eğer hem ileri hem geri döndürmeyi planlıyorsanız esc'nin geri döndürebilir (reversible) esc özellikle

olmalıdır. Birçok esc BEC (battery eliminator circuit) adı verilen bir devreyi de içinde barındırır. Bec kısaca dahil voltaj regülatörüdür. Bec ile birlikte esc ve alıcı dveresi yada diğer elektronik devreler tek kaynaktan beslenebilir.[5]

Esc on resistance bilgisi.

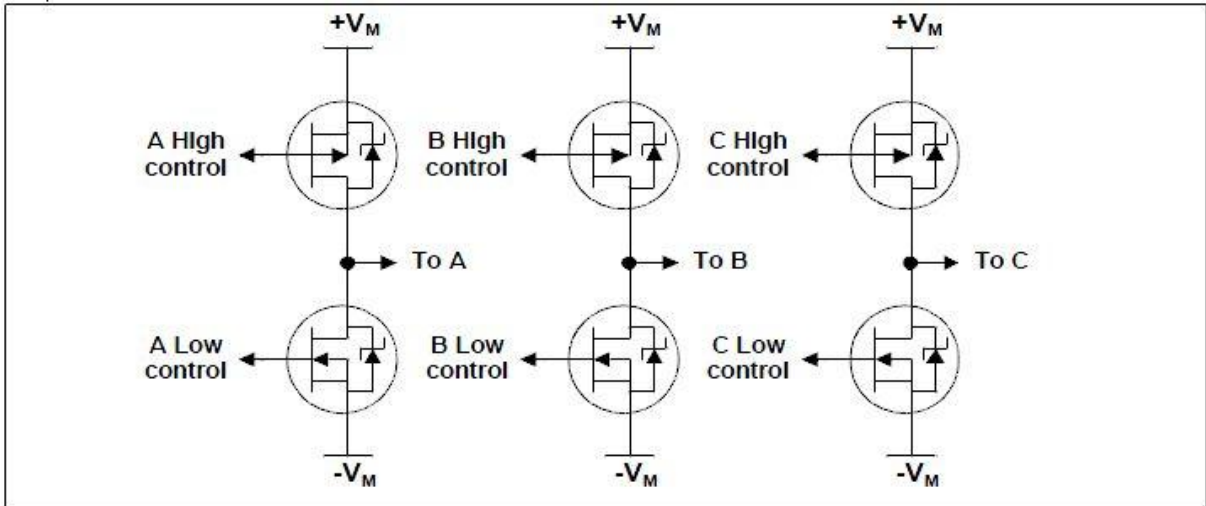
Kaliteli esc'ler üstleirndne akım geçtiğinde oluşturdukları direnci katalog bilgilerinde verirler. Bu değer motordan çalınan enerji, kayıptır. Ohm değeri ne kadar düşük olursa esc o kadar az ısınır performansı yükselir.

ESC Seçimi

Motor ve ESC markasının aynı olması size daha uygun bir sistem sağlayacaktır. Motorunuzun çektiği akım değeri maksimum 20 amperse maksimum 20 amper Dayanabilen bir esc yerine 30–40 amperlik ESC almak daha iyi bir fikirdir.

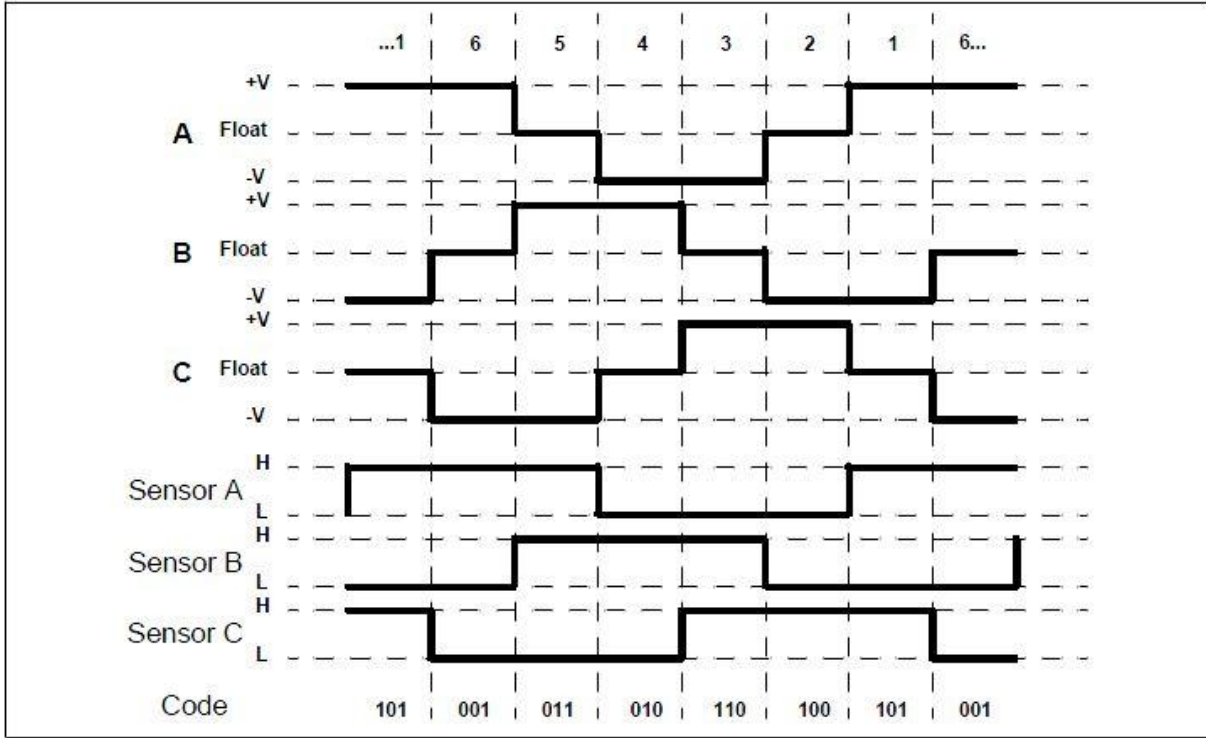
3. KONTROL DEVRESİ VE SÜRÜCÜ DEVRESİ

Yapmış olduğumuz uygulama da yer alan 3 fazlı motor sürücü köprü devresi ve bu devrenin PIC tarafından sürülürken uygulanan sinyal tabloları aşağıdaki gibidir.



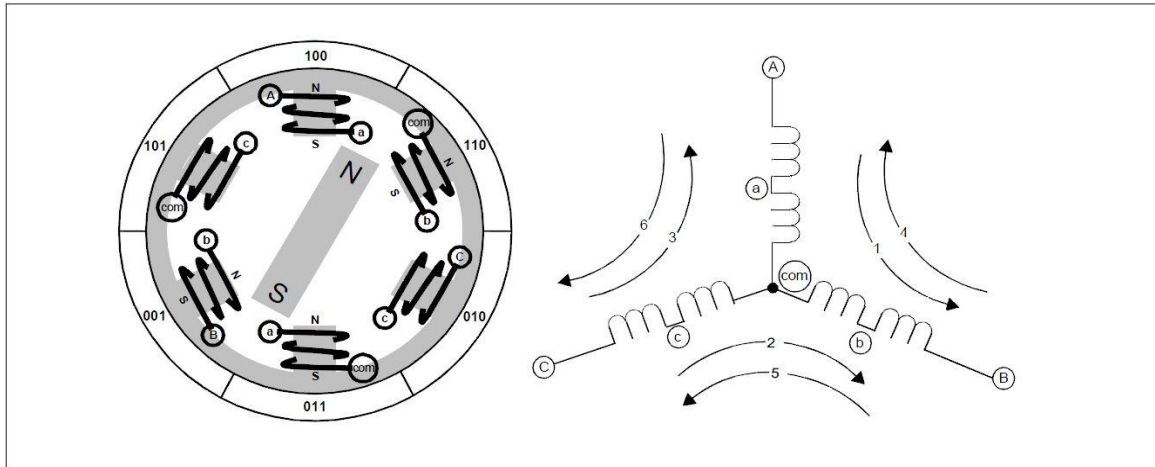
Şekil 1. Mosfet Sürücülerin Bağlantı Şeması

Yukarıdaki şekilde fırçasız dc motorun sırasıyla A, B ve C uçlarına uygulanan gerilimlerin mosfet entegreleri tarafından nasıl sürüldüğü gösterilmiştir. Aşağıdaki tablodan anlaşılacağı üzere toplam 6 adımlık bir periyot içerisinde A ucu high (yani artı) idle (yani sıfır) ve low (yani eksi) değerler almaktadır. Aynı şekilde B ve C fazları da bu 6 adımlık periyot içerisinde bu üç farklı mantıksal değere ulaşmaktadır.



Şekil 2.Motor Bağlantı Uçlarına Uygulanan Sinyaller

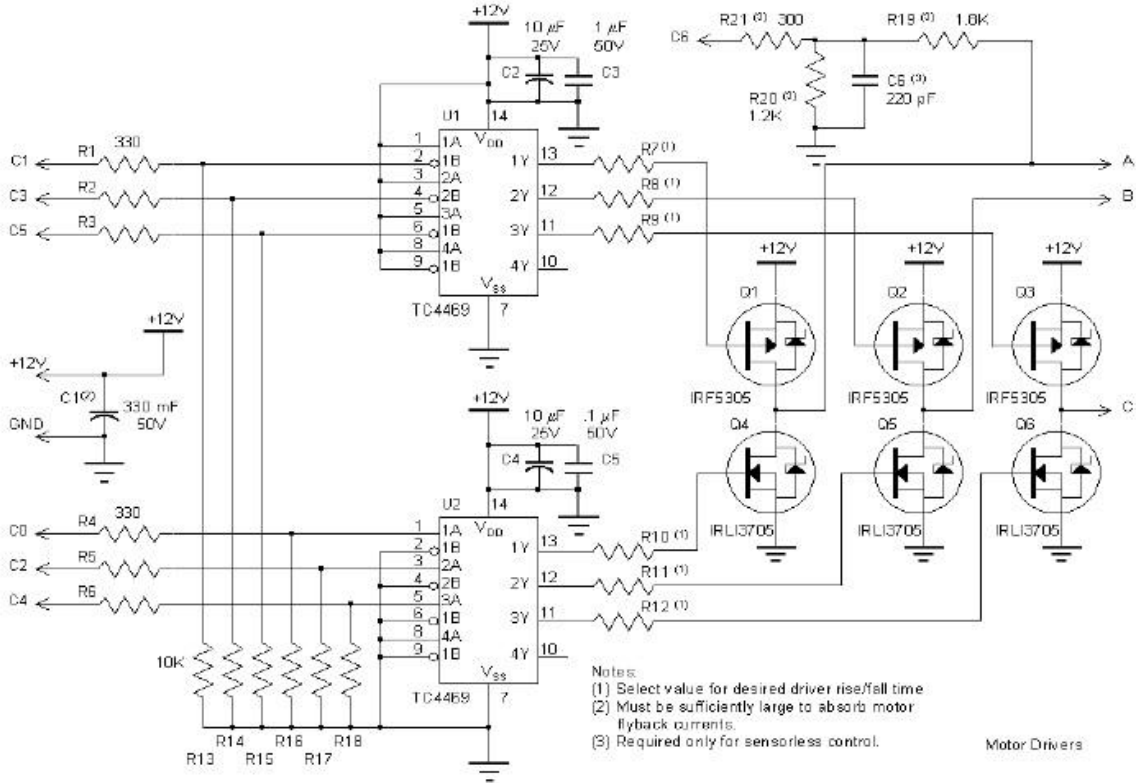
Fırçasız DC motorun iç yapısında, gönderilen sinyallerin oluşturduğu manyetik alanı şekilde gösterildiği gibi örneklemek mümkündür. Burada A, B, C uçlarının motorun içindeki bobin uçlarına ve bu bobin uçlarının sıralanışına dikkat edecek olursak, gönderilen high, idle ve low sinyalleri sonucunda motorda oluşturulan manyetik alanı ve bu manyetik alan sonucunda ortaya çıkan elektromotor kuvvetini görebiliriz.[6]



Şekil 3.Örnek Bir Fırçasız Motor İç Yapısı

Sinyallerin gösterildiği şekil 2'de gösterildiği gibi A, B, C uçlarının altında sensör bilgisine yer verilmiştir. Fakat bizim uygulamamızdaki fırçasız dc motor sensörsüz olduğu için, PIC' e hız ve konum gibi geri beslemeleri motora giden A ucundaki gerilim bilgisinin okunması ile gerçekleşmektedir. Bu gerilim değerini mikrodenetleyici çıkışa verdiği sinyal ile karşılaştırıp motorun hız bilgisine ulaşmaktadır. [7]

Mirkodenetleyiciden çıkan sinyaller TC4469 kapı entegrelerine gönderilmiştir. Bu entegreye gelen sinyaller neticesinde mosfetlerin pozitif gerilim, sıfır gerilim ve negatif gerilim yüklü olması sağlanarak motora grafikteki sinyalin gönderilmesi sağlanarak elektromotor kuvveti düzgün bir şekilde oluşturulmuştur. PIC' in RA0 ve RA1 pinlerine bağlı olan potansiyometreler aracılığıyla pwm sinyalinin duty cycle değeri değiştirilerek fırçasız dc motorun hız kontrolü yapılmaktadır.[8]



Şekil 6. TC4469 ve Mosfetler ile Fırçasız Motor Sürücü Tarafı

4. SONUÇ

Bu çalışmada, fırçasız DC motorlar için PIC 16F877 tabanlı bir sürücü sistemi tasarlanmış ve başarıyla pratik olarak gerçekleştirilmiştir. Basit yapısı ve düşük maliyetine göre sistemin kararlı bir şekilde çalıştığı görülmüştür. Tasarlanan devre, fırçasız DC motorun moment kontrolü yapmadan sadece faz gerilim bilgisinden geri besleme olarak kontrolünü sağlamaktadır. Sabit yüklü ve sabit hızlı fırçasız DC motor uygulamalarında kolaylıkla kullanılabilir yapıdadır. Sistem, ilave edilecek bir akım sensörü yardımıyla, motor akım kontrolü dolayısıyla moment kontrolü de yapılabilecek niteliktedir. Son olarak, yapılan deneyler sonucunda tasarlanan sürücünün, hem kullanılan malzemelerin ucuzluğu ve tedarik kolaylığı hem de sistemin kararlılığı nedeniyle pratik uygulamalarda güvenli bir şekilde kullanılabilirliği görülmüştür.

5.KAYNAKÇA

- [1] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/30292c.pdf> (Erişim tarihi: Mayıs 2012)
- [2] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/21425b.pdf> (Erişim tarihi: Mayıs 2012)

- [3] http://www.redrok.com/MOSFET_IRF5305_-55V_-31A_6mO_Vth-4.0_TO-220.pdf
(Erişim tarihi: Mayıs 2012)
- [4] <http://www.digchip.com/datasheets/parts/datasheet/232/IRL3705N-pdf.php>
(Erişim tarihi: Mayıs 2012)
- [5] <http://www.toysonics.com/emax-bl2832-05-960rpm-v-outrunner-brushless-motor.html>
(Erişim tarihi: Mayıs 2012)
- [6] AYDOĞDU, Ö., BAYER, M., **PIC Tabanlı Fırçasız DC Motor Sürücüsü Tasarımı**, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü Selçuk Üniversitesi, Konya
- [7] <http://320volt.com/pic16f877-hakkinda/> (Erişim tarihi: Nisan 2012)
- [8] <http://www.robots101.com/fircasiz-brushless-dc-motorlar-hiz-kontrol-devreleri-escler/>
(Erişim tarihi: Mayıs 2012)