

Akıllı Sistem Uygulamaları İçin DC Motor Kontrolü Deney Seti Düzenneği Hazırlanması

Implementation of DC Motor Control Experimental Setup Platform for Intelligent System Applications

¹Mehmet Ali Dinçer, ¹Hakan Eser, ²Yalçın İşler

¹ Biyomedikal Teknolojileri Anabilim Dalı, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İzmir, Türkiye

² Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İzmir, Türkiye

mehmet.ali.dincer@hotmail.com, hakaneser29@hotmail.com, islerya@yahoo.com

Özetçe—Günümüzde DC motorlar hayatımızın her alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Popülerliği nedeniyle mühendislik eğitimi ve teknik eğitimde, öğrencilerin uygulama olarak geliştirdikleri algoritmaları bir DC motor kontrolünde denemesi beklenmektedir. Fakat bu ihtiyaçlar ve gerekliliklere rağmen endüstri ve eğitim amaçlı kullanılmak üzere yapılmış hazır bir deney seti veya düzenek bulunmamaktadır. Bu çalışmada iki farklı DC motorun kontrol edilebilmesi için hazır bir mikrodenetleyici kartı ve motor sürücü devreleriyle, bilgisayarda geliştirdikleri akıllı sistem kontrol algoritmasının denenebilmesi için bir deney seti geliştirilmiştir. Geliştirilen deney setinin PID kontrol algoritması ile denemesi sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler—PID; Motor kontrol; Deney seti; Arduino.

Abstract—Nowadays, DC engines have been widely used in daily life. Thanks to its popularity, students are expected to apply their theoretical control algorithms in a DC engine control as an application. Although these necessities and requirements, there is no presented experimental setup for both industrial and educational purposes. In this study, an experimental setup is developed in order to control two distinct DC engines via an embedded microcontroller board and engine driver circuits for testing intelligent system based control algorithms in PC. PID control algorithm is tested via the implemented setup.

Keywords— PID; Engine control; Experimental setup; Arduino.

I. GİRİŞ

Günümüzde DC motorlar hayatımızın her alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Diğer motor çeşitlerine göre kolay kontrol edilebilme ve yüksek performans gibi

özellikleri tercih edilme sebepleri arasındadır. Buna bağlı olarak da DC motor kontrol yöntem ve algoritmaları çok büyük önem taşımaktadır. DC motorların kontrol edilmesi hakkında şimdiye kadar birçok araştırma yapılmış ve farklı yöntemler kullanılmıştır, fakat her bir yöntem ve algoritmaların diğerlerine göre üstünlük ve eksiklikleri bulunmaktadır. PID (Oransal-İntegral-Türevsel) kontrol, yapay sinir ağları, bulanık mantık ve genetik algoritmalar gibi farklı kontrol algoritmaları mevcuttur [1]. Endüstri uygulamalarında değişken yükler ve farklı koşullar altında istenen sonuçların alınabilmesi için bir ürün oluşturulmadan önce farklı kontrol algoritmalarının bir test düzeneği kurularak denemesi ve sonuçların karşılaştırılarak güvenilirliğinin sağlanması gerekmektedir.

Popülerliği nedeniyle kontrol uygulamalarındaki en temel uygulama DC motor kontrolü olduğu için Mühendislik eğitimi ve teknik eğitimde, öğrencilere verilecek teorik bilgilerin uygulama ile desteklenmesi istendiğinde, geliştirilen algoritmanın bir DC motor kontrolünde denemesi beklenmektedir. Mühendislik eğitimi ve teknik eğitim öğrencileri için pratik deneyim sağlamanın klasik yolu, laboratuvar temelli sistemler kullanmaktır [2].

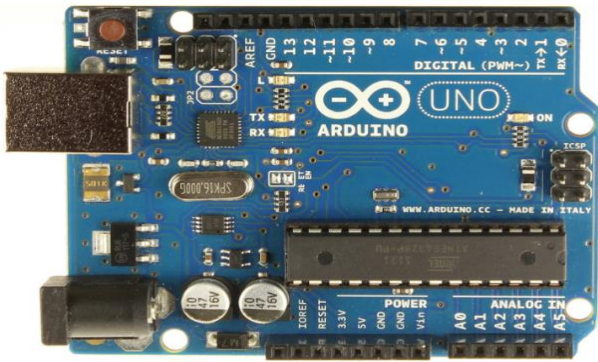
Fakat bu ihtiyaçlar ve gerekliliklere rağmen endüstri ve eğitim amaçlı kullanılmak üzere yapılmış hazır bir deney seti veya düzenek bulunmamaktadır. Böyle bir ürüne ihtiyaç duyan herkes ilk başta kendi imkânlarıyla düzeneğin elektrik ve mekanik tasarımını yapmalı ve ardından gerekli materyallerin satın alma ve tedarik süreçlerine başlamalı en son olarak da bu sistemi gerçeklemedir. Fakat yapım aşamasında tecrübe, zaman gibi birçok farklı gereksinimler bulunduğundan dolayı, sadece DC motor kontrolüne veya otomatik kontrol algoritmalarına odaklanmak isteyen bir araştırmacı için bu durum zaman ve çaba kaybına sebep olmaktadır.

Burada amaç olarak gerek endüstriye dönük Ar-Ge gerekse eğitim amaçlı piyasaya sürülebilen hazır bir ürünün oluşturulmasını sağlamaktır. Hazırlanan deney seti düzeneğinin geçerliliği PID kontrol algoritması ile denenecek gerçekleştirilmiştir.

II. YÖNTEM

A. Arduino Uno R3 Gömülü Sistem Kartı

Bu çalışmada gömülü sistem mikro denetleyici kartı olarak Arduino Uno R3 seçilmiştir (Şekil 1). Kolay temin edilebilir, düşük maliyetli ve farklı donanım seçeneklerine sahip modüler yapısıyla mikroişlemci uygulamalarında sıklıkla tercih edilmektedir. Arduino Uno R3 Atmel ATmega328 mikro denetleyici tabanlı, açık kaynak kodlu, ekonomik ve hızlı bir geliştirme kartıdır.



Şekil 1. Arduino Uno R3Gömülü Sistem Kartı

Arduino Uno R3 Gömülü Sistem Kartının Başlıca Teknik Özellikleri verilmiştir (Tablo 1) [3].

B. Yazılım Geliştirme

Arduino Uno R3 için programın yazılması derlenmesi ve karta yüklenmesi için resmi arduino geliştirme ortamı olan Arduino IDE kullanılmıştır (Şekil 2). Fakat istenildiği takdirde PlatformIO IDE, Arduino for Visual Studio, Programino IDE, Eclipse AVR, Embrio, Arduino for Atmel Studio gibi farklı kod editörleri ve derleyicileri de bulunmaktadır [4].

C. DC Motorlar

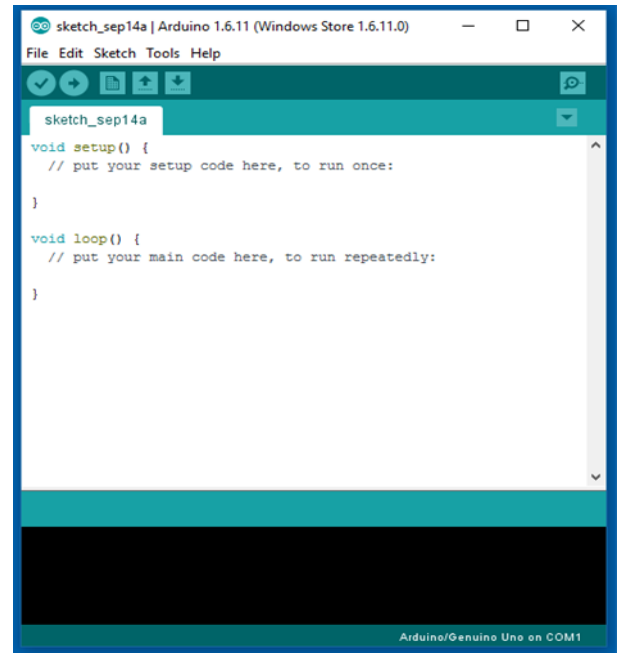
Doğru akım motorları elektrik enerjisini mekanik enerjiye çeviren dönüştürücülerdir (Şekil 3). Motor milinde oluşan moment, akı ve armatür akımıyla doğrudan orantılıdır [5, 6].

$$T_m = K \times f \times i \quad (1)$$

Burada T_m Motor momenti [N-m], f Manyetik akı [Wb=V-s], i Armatür akımı [A] ve K_m Orantı katsayısını göstermektedir.

Arduino Uno R3 Teknik Özellikleri	
Mikro Denetleyici:	ATmega328P
Çalışma Voltajı:	5 V
Giriş Voltajı (Önerilen):	7-12 V
Giriş Voltajı(Limit Değerler):	6-20V
Dijital I/O Pin Sayısı:	14
PWM Pin Sayısı:	6
Analog Pin Sayısı:	6
Pin Başına Akım Miktarı:	20mA
3.3 V Pin Akım Miktarı:	50mA
Flash Bellek Miktarı:	32 KB (ATmega328P) 0.5 KB boot loader tarafından kullanılır
SD RAM Miktarı:	2 KB (ATmega328P)
EEPROM Miktarı:	1 KB (ATmega328P)
Saat Hızı:	16 Mhz
Uzunluk:	68.6 mm
Genişlik:	53.4 mm
Ağırlık:	25 gr

Tablo I. Arduino Uno R3 Teknik Özellikleri[3]



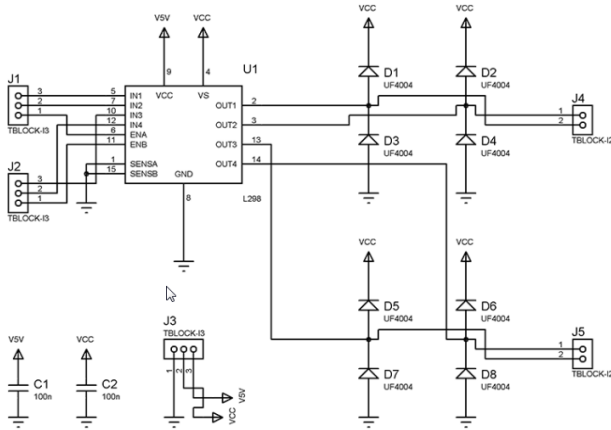
Şekil 2. Arduino IDE yazılımı



Şekil 3. DC Motor Örnek Resmi

D. DC Motor Sürücü Devresi

ST Micro electronics'in L298N model kodlu çift kanallı H-Köprüsü sürücüsü tercih edilmiştir (Şekil 4). Bu motor sürücü entegresi, anahtarlama elemanlarını içinde barındırdığından, dışa bağlanacak az sayıda eleman ile (serbest geçiş diyotları ve filtre kondansatörleri) her iki kanaldan toplam 3A akım akıtabilmekte ve 46V'luk besleme gerilimine kadar çalışabilmektedir. Anahtarlama frekansı değeri ise en yüksek 40kHz'dir [7]. Birbirinden bağımsız olarak iki ayrı motoru kontrol edebilir. Üzerinde dâhili regülatörü vardır. Yüksek sıcaklık ve kısa devre koruması vardır. Motor dönüş yönüne göre yanan ledler vardır. Kart üzerinde dâhili soğutucu vardır. Akım okuma (current sense) pinleri dışa verilmiş haldedir.

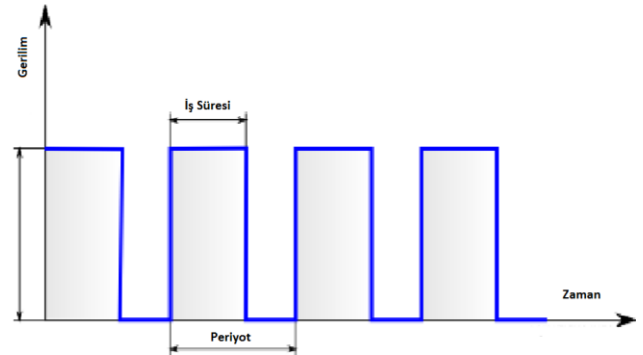


Şekil 4. L298N Motor Sürücü Kartı Devre Şeması

E. DC Motor Sürücü Kartı Kontrol Yöntemi

Pulse-width modulation (PWM, Darbe genişlik modülasyonu), üretilecek olan darbelerin, genişliklerini kontrol ederek, çıkışta üretilmek istenen analog elektriksel değerin veya sinyalin elde edilmesi tekniğidir. PWM

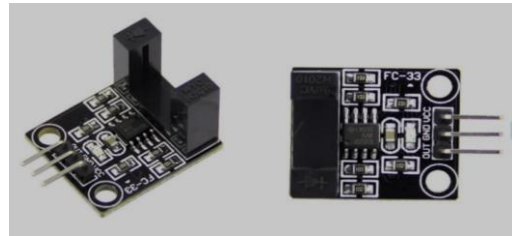
elektrik ve elektronikte birçok alanda, farklı amaçlar için kullanılmaktadır (Şekil 5). Telekomünikasyon, güç, voltaj düzenleyiciler, ses üreteçleri veya yükselteçler gibi çeşitli uygulama alanları ve farklı uygulamaları bulunmaktadır. Üretilen kare dalga darbe sinyallerinin genişliklerinin ortalaması, çıkışta üretilecek olan analog değerin elde edilmesini sağlar [8].



Şekil 5. PWM Sinyali Örneği

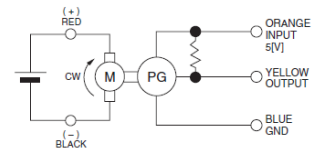
F. Optik ve Manyetik Encoder

Çalışmada kullanılan iki adet DC motordan birinde optik encoder sayesinde devir sayısı hesaplaması yapılmaktadır. SeedStudio Firması tarafından üretilen Opto kuplör dâhili alıcı ve verici ve aynı zamanda dâhili LM393 Voltaj karşılaştırıcı entegresi içermektedir (Şekil 6). Sensör üzerinde 3 adet pin bulunmaktadır. Bu pinlerin görevleri; VCC=+5V Besleme GND=Toprak Bağlantısı OUT=Dijital Çıkış (0 ve 5 V olarak çıkış verir). LM393 karşılaştırıcı entegresi sayesinde çıkış daha hızlı ve kararlı hale getirilmesi için kullanılmış bir entegredir [9]. Kullanılan Dc Motor üzerine yapılan optik bariyerler sayesinde motorun 1 turunda 12 pals verecek şekilde dizayn edilmiştir (Şekil 7).



Şekil 6. Optik Encoder

● CONNECTION OF REVOLUTION SENSOR DME44SMA, DME44SMB, DME44BMB



Şekil 7. Kullanılan DC Motor 'daki Manyetik Encoder Şematik Yapısı

Kullanılan diğer DC Motor üzerinde dâhili manyetik encoder bulunmaktadır. Bu motorun bağlantı uçları aşağıdaki gibidir;

RED=+Vcc (0-24V)

BLACK= Toprak bağlantısı

BLUE= Sensör kısmının toprak bağlantısı

ORANGE=Sensör Kısımının Besleme Gerilimi Girişi(+5V)

YELLOW=Dijital çıkış (0 ve 5 V)

Bu Manyetik sensör Dc Motor 1 Tur attığında dijital çıkışından 12 pals verecek şekilde dizayn edilmiştir [10].

G. Likit Kristal Gösterge(LCD)

LCD göstergeler ile her türlü yazı ve sayısal değeri göstermek mümkündür. LCD'ler çeşitli firmalar tarafından üretilmesine rağmen kontrolleri standartlaşmıştır [11]. Tüm LCD göstergelerde yetki (Enable), oku yaz (R/W), ve kaydedici seç (RS) uçları ile veri girişi hatları vardır. Bağlantı şekillerine göre LCD göstergeler seri ve paralel olarak sınıflandırılmaktadırlar (Şekil 8). Paralel LCD'ler ucuz oluşları nedeniyle çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışmada kullanılan 2 Satır ve her satırda 16 karakterden oluşan Lcd ekran sayesinde Dc motorun dakikadaki devir sayısı ekrana yansıtılmaktadır



Şekil 8. Likit Kristal Gösterge

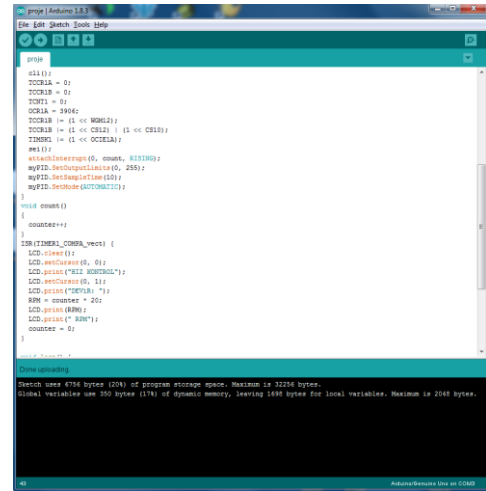
III. SONUÇLAR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde Arduino Uno R3 gömülü sistem kartına (Şekil 9) bilgisayarın seri portu üzerinden Arduino IDE geliştirme platformunun seri terminal programı vasıtasıyla istenilen yani hedef devir sayısı gönderilmektedir (Şekil 10). Çalışmada kullanılan iki adet DC motordan bir tanesi aktif ve devreye bağlı durumdadır. Bu motorun hangisinin olduğu ise motor seçme butonu ile yapılmaktadır. Lcd ekran Arduino Uno R3 tarafından kontrol edilmekte ve çalışma sırasında aktif motorun dakikadaki devir sayısını göstermektedir. Dc motorlar L298N kullanılan H köprüsü devre bağlantısı ile sürülmekte ve bu devrenin kontrol sinyali PWM şeklinde Arduino Uno R3 tarafından sağlanmaktadır. Çalışma gerçekleştirilmesi sırasında PID kontrol algoritması kullanılmış ve buna uygun kodlar yazılarak mikro denetleyici kartına yüklenmiştir. İstenilen referans değeri ile anlık değer karşılaştırılarak PID kontrol ile çıkış değeri düzeltilmekte ve hedef devir sayısına ulaşılmaktadır. Mikro denetleyici kartı program kodu PID kontrol algoritması için 60 Satırlık bir

kod bloğu olup 6756 byte büyüklüğünde ve arduino uno kartının program hafızasının %20 sini kullanmaktadır.



Şekil 9. Çalışmanın Gerçekleşmiş Hali

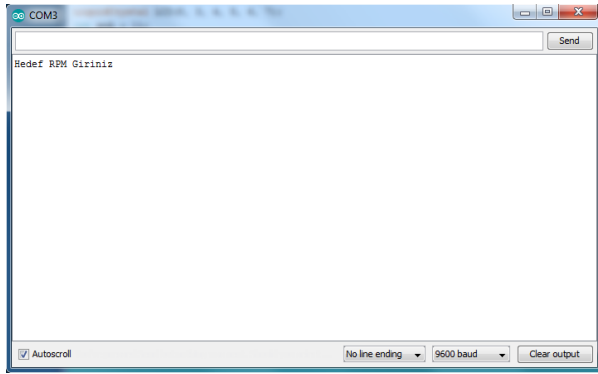


Şekil 10. PID kontrol Algoritması için Yazılan Kod Bloğu Ekran Çıktısı

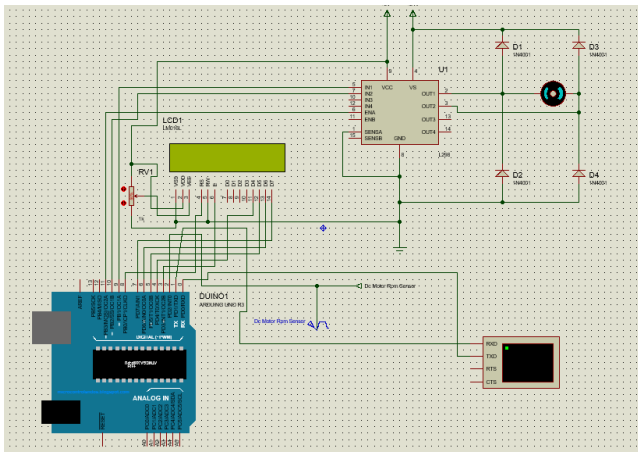
Program Dc motorların dönüş bilgisinin alındığı optik ve manyetik encoder'lardan gelen bilgiyi mikro denetleyicinin dış kesmelerini kullanarak saymakta ve bu bilgiyi dakikadaki devir sayısı olarak kendi içinde kullanmakta ve Lcd ekrandan çıktı olarak vermektedir (Şekil 11 ve 12).

IV. TARTIŞMA

Çalışmamızda PID kontrol algoritmasının denenmesi için deney seti düzeneği yardımıyla anlık devir bilgisi alınabildiğinden dolayı istenilen motorun sürücü kartına PWM kontrol sinyalinin gönderilmesi ile seçilen motorlar hakkındaki incelemeler yapılarak gerekli PID katsayılar hesaplanmış ve uygulanmıştır. Ayrıca katsayıların değiştirilmesi ve tekrar uygulanması program kodları sayesinde kolaylıkla yapılabilen ve sonuçlar hemen gözlemlenmektedir.



Şekil 11. Hedef Devir Sayısı Girişi Yapılan Seri Port Terminal Ekranı



Şekil 12. Çalışma Devre Şeması Ekran Çıktısı

Bu bağlamda deney seti düzeneği istenilen farklı kontrol algoritmalarının düzenek üstünde herhangi bir fiziki değişiklik yapılmadan hızlıca denene bilineceği ve sonuçların alına bilineceği görülmüştür. Bundan sonraki aşamada ise fuzzy lojik, Neural network, robust kontrol gibi farklı algoritmaların kontrol modüllerinin hazırlanması ve deney seti şeklinde mesleki ve teknik eğitim veren kurumlara satışının sağlanması amaçlanmaktadır.

YAZAR KATKILARI

Mehmet Ali Dinçer Deney Seti Düzeneğinin Tasarımı ve Montajında, Hakan Eser Deney Seti Düzeneğinin Kurulumunda ve Yalçın İşler Makale yazımı ile kontrol algoritmasının denenmesinde görev almıştır.

KAYNAKÇA

- [1] İ.Çoşkun, H. Terzioğlu "Hız performans eğrisi kullanılarak kazanç (PID) parametrelerinin belirlenmesi" ISSN 1302-6178 Selçuk Teknik Dergisi Cilt:6, Sayı:3, 182-183, 2007

- [2] Ş. Demirbaş "İnternet Tabanlı Pi Kontrollü Bir Doğru Akım Motoru Deney Seti" Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 22, No 2, 401-410, 2007
- [3] <https://www.direnc.net/arduino-uno-r3-smd>
- [4] <https://playground.arduino.cc/Main/DevelopmentTools>
- [5] Mclain, Tim, "ME531 – Design of Control Systems Introduction to Control Systems", Brigham Young University, Lecture Notes, Utah, 1999
- [6] Kuo, Benjamin C., "Automatic Control Systems", Prentice-Hall, 2:171-189:688., 1995
- [7] M. Turanlı, S. Arslan, A. Özdemir "Laser Güdümlü Hedef Takibi Yapan Robotik Düzeneği Tasarımı", Tmmob Elektrik Mühendisleri Odası 2007-2008 Öğretim Yılı Proje Yarışması, 2008
- [8] T. Taştan (2007), "PWM nedir?", Antrak Dergisi, http://www.antrak.org.tr/index.php?Itemid=27&id=58&option=com_content&task=view, 24.05.2011
- [9] <https://www.seeedstudio.com/Motor-Speed-Sensor-Module-p-1969.html>
- [10] Servo Dc Motors Catalogue, www.nidec-servo.com
- [11] Görgünoğlu, S., Bay, Ö.F., "8051 Ailesi Mikrodenetleyici Eğitim Setinin Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi", Journal of Polytechnic, v.5, No:3, pp.195-207, 2002