

## SERVO SİSTEMLERİN MATLAB ÜZERİNDEN GÖMÜLÜ SİSTEMLER İLE PID KONTROLÜ

Aydın GÜLLÜ\*, Mustafa ARDA\*, Hilmi KUŞÇU\*\*

\*Trakya Üniversitesi, İpsala MYO, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Edirne

\*\*Trakya Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Edirne

[aydingullu@trakya.edu.tr](mailto:aydingullu@trakya.edu.tr), [mustafaarda@trakya.edu.tr](mailto:mustafaarda@trakya.edu.tr), [hilmi@trakya.edu.tr](mailto:hilmi@trakya.edu.tr)

### ÖZET

Mekatronik sistemlerde yapılan teorik çalışmaların uygulanmasında teknoloji yenilikler sunmaktadır. Akademik çalışmalarda kullanılan MATLAB ve SIMULINK programları ile geliştirilen modellerin uygulanabilmesi için bir veri işleme kartı kullanmaya gerek duyulmaktadır. Ticari amaçlı satılan veri işleme kartlarının pahalı oluşu ve bazı durumlarda yazılım adaptasyonun zor olması kullanılmasın da bir dezavantaj sağlamaktadır. Bu çalışmada MATLAB ve SIMULINK yazılımları üzerinden gömülü sisteme erişilerek bir servo mekanizmanın kontrolü yapılacaktır. Gömülü sistem olarak Atmega328 entegresi bulunan açık kaynak kodlu ARDUINO elektronik kartı kullanılmıştır. Deneysel uygulamada kullanılacak olan servo sistem gaz kelebeğinin konumunun kontrolüdür. Hız sabitleyici sistemlerinde sabit hıza ulaşmak için, hızlanma ve yavaşlama eylemleri, gaz kelebeğinin konumu ayarlanarak sağlanmaktadır. Sabitlenen hızda seyahatin konforlu bir şekilde sağlanabilmesi için kontrol algoritmasının iyi bir şekilde yapılandırılması gerekmektedir. Bunun için PID kontrol algoritması geliştirilmiş ve deneysel sonuçlar ile en iyi katsayılar belirlenmiştir. Bu çalışmada MATLAB üzerinden ARDUINO kartı ile sistem kontrolü sağlanmıştır. Gerçek zamanlı veriler sistemden alınmış ve sisteme gönderilmiştir. Bu metod pratik ve diğer yöntemlere göre daha ekonomiktir.

**Anahtar Kelimeler:** Mekatronik Sistemler, PID Kontrol, MATLAB ve Gömülü Sistemler ile Kontrol

### SERVO SYSTEMS PID CONTROL WITH MATLAB AND EMBEDDED SYSTEMS

#### ABSTRACT

Technology provides the convenience of the application of theoretical studies in mechatronic systems. Developed with models for the implementation in academic studies by MATLAB and SIMULINK programs, data processing card is required. Sold for commercial data processing cards that are expensive and difficult to use in some cases the adaptation software provides a disadvantage. Users will be able to control servo-mechanism with MATLAB and SIMULINK software and embedded system. Embedded system ARDUINO Electronic card, which has Atmega328 and open-source, is used. The position of the throttle that used for experimental applications will be controlled. A cruise control system to achieve constant speed, acceleration and deceleration actions is provided by adjusting the position of the throttle. Control algorithm to be good configured for providing comfortable cruise in fixed-speed. For this, the PID control algorithm is developed and the best coefficients are determined with the experimental results. In this study, the control system is provided with the ARDUINO board via MATLAB. Real-time data exchange is made. This method is practical and economical than other methods.

**Keywords:** Mechatronic Systems, PID Control, Embedded Systems with MATLAB and Control

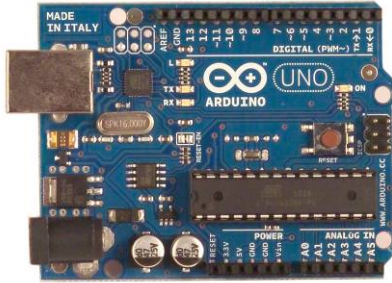
#### 1. Giriş

Mekatronik sistemlerde yapılan akademik çalışmaların uygulanması deney hakkında

bilgi vermesi ve uygulanabilirliğinin görülmesi açısından büyük önem arz etmektedir. Genellikle sistemlerin matematiksel modelleri bilgisayar ortamında

geliştirilmektedir. Bu modeller için geliştirilen kontrol algoritmalarından alınan sonuçların, gerçek deney düzeneği üzerindeki tepkisi ile karşılaştırılarak yapılan çalışmanın doğruluğu ve uygulanabilirliğini görülmektedir. Bunun için deney düzeneği ile bilgisayar arasında veri alışverişi için veri işleme kartına gerek duyulmaktadır. USB veya Seri Port üzerinden haberleşen bu kartlar yardımı ile bilgisayara veriler depolanabilmekte veya bilgisayardan sinyal gönderilerek deney düzeneğinin kontrolü sağlanabilmektedir. Bu çalışmada geniş bir akademik kullanıma sahip MATLAB programı ile ucuz ve açık kaynak kodlu bir kart olan ARDUINO UNO kartı kullanarak fiziksel bir sistemin bilgisayar yardımı ile veri alışverişinin yapılması anlatılacaktır. Bir servo motorun konum kontrolü, PID kontrol algoritması kullanılarak bilgisayar ortamından gönderilen sinyaller ile yapılacaktır.

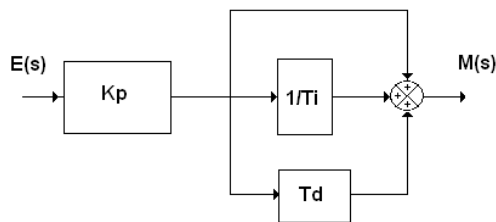
ARDUINO UNO kartı, içerisinde bir ATMEL Atmega328 mikro denetleyici entegresi bulunan bir elektronik karttır. USB ile bilgisayar bağlanarak seri haberleşme ile bilgisayardan programlanabilir ve veri haberleşmesi sağlayabilir. [1,10]



Şekil 1 ARDUINO UNO Elektronik Kartı

## 2. MATLAB ile Yazılım Geliştirilmesi

MATLAB programı her sürümünde kendini güncellemesi kullanıcı görüşlerine önem vermesi nedeni ile akademik çalışmalarda birçok kullanım yeri bulmuştur. Açık kaynak kodlu bir gömülü sistem olan



Şekil 2 PID Blok Şeması

ARDUINO, kolay programlanabilmesi ve ucuz olması nedeni ile her geçen gün büyük kullanıcı kitlelerine hitap etmektedir. MATLAB ile geliştirilen yazılımın fiziksel olarak denebilmesi için ARDUINO UNO kartı kullanılacaktır.

MATLAB veya SIMULINK ortamında geliştirdiğimiz yazılımın girdi ve çıktıları ARDUINO kart tarafından işlenebilecektir. Bu çalışmada bir servo motorun konum kontrol SIMULINK ortamında PID kontrol edilecektir.

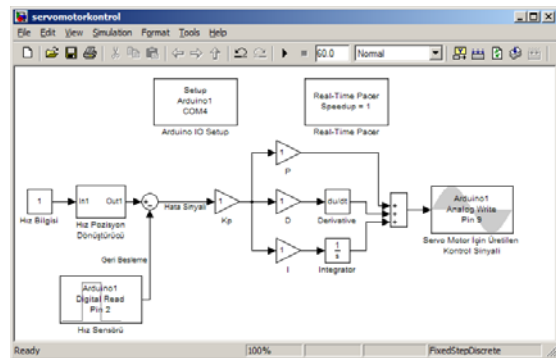
Standart PID denetim yapısının blok şeması şekil.2'de verildiği gibidir. Standart PID denetim yasasına bağlı m(t) denetim sinyal çıkışı aşağıdaki gibidir.[2,3,4]

$$m(t) = K_p \left[ e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de}{dt} \right]$$

Üç temel denetim etkisinin toplamı şeklinde ifade edilir ve buradan da transfer fonksiyonu çıkış sinyali giriş oranlarsak ve LAPLACE dönüşümü yapılarak denklem aşağıdaki gibi transfer fonksiyonu elde edilmiş olur;[6,8].

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \left[ 1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right]$$

SIMULINK'te geliştirilen model giriş sinyali pozisyon bilgisi olup kullanıcı tarafından girilecektir. Hata sinyali sensör tarafından algılanıp ARDUINO kart üzerinden bilgisayara iletilecektir. Sistemde servo motorun kontrol sinyali yine ARDUINO kart üzerinden motora iletilecektir.

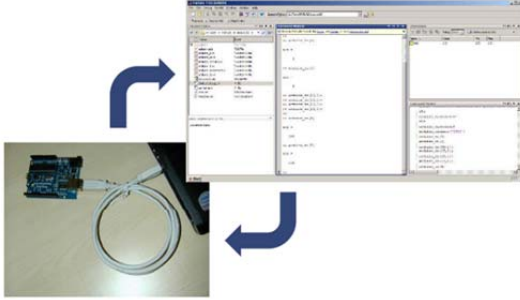


Şekil 3 SIMULINK Ortamında Geliştirilen Model

Geliştirilen PID kontrol modelinde  $K_p$ ,  $K_i$ , ve  $K_d$  katsayıları kolaylıkla değiştirilerek çıkışın tepkisi rahatlıkla izlenebilmektedir.

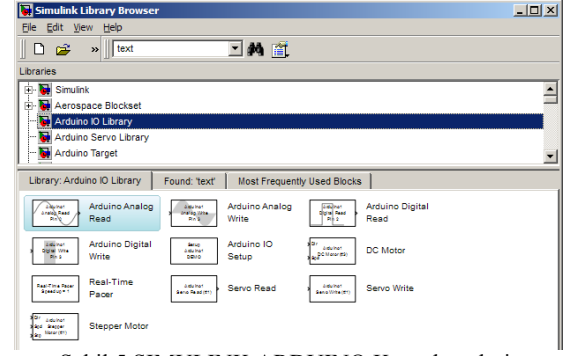
### 3. ARDUINO UNO Kartı ile MATLAB'ın Haberleşmesi

ARDUINO kart üzerinde ATmega328 entegresi bulunmaktadır. Bu entegre üzerinde 19 Dijital giriş ve çıkış vardır. Bunlardan 6 tanesi analog giriştir. Entegre üzerine 32 KB program yazılabilmektedir. ARDUINO kart besleme, gerilim doğrultucu ve düzenleyici elektronik ekipmanlar vardır. Kartı kullanmada en önemlisi kartın programlanabilmesi için üzerinde programlayıcı bir entegre bulunmasıdır.[1] Bu entegre aynı zamanda kartın bilgisayar ile USB üzerinden haberleşmesini sağlamaktadır. ARDUINO kartı bilgisayar bağladığımız zaman kendi internet sitesinden ücretsiz olarak temin edebileceğiniz bir program ile sürücülerini yükledikten sonra kullanmaya hazır olacaktır. Bu aşamada sonra USB üzerinden basitçe programlanarak kullanabilecektir.



Şekil 4 MALAB ile ARDUINO Kartın Haberleşmesi

ARDUINO kartın MATLAB programı ile haberleşebilmesi için MATLAB üzerinde bazı ayarlar yapılması gerekmektedir. İlk olarak MATLAB için hazırlanan ARDUINO IO kütüphanesinin yüklenmesi gerekmektedir. Yine SIMULINK için de bulunan ARDUINO-IO blok kütüphanesini de eklenebilmektedir.[7] Bunun yanı sıra kullanıcılar tarafında geliştirilen ARDUINO Servo kütüphanesi ve ARDUINO Target Kütüphaneleri de bulunmaktadır. ARDUINO kartı birçok farklı modelden oluşmakta ve bu kartla kullanmaya uygun birçok farklı modül bulunmaktadır. Servo Modül, Ethernet Modülü bunlardan sadece birkaçıdır.



Şekil 5 SIMULINK ARDUINO Kütüphaneleri

MATLAB ARDUINO Kütüphanesini MATLAB dosyalarına ekleyerek kartı tanımlamak için aşağıdaki komutlar yazılır.

>>

```
ARDUINO.Prefs.setARDUINOPath('c:\Program Files\ARDUINO\ARDUINO-0022')
```

```
>> ARDUINO.Prefs.setBoard('uno')
```

```
>> a=ARDUINO('COM5');
```

Bundan sonra istenirse komut satırdan gönderilen komutlar ile ARDUINO kontrol edilebileceği gibi yazılacak bir MATLAB dosyası ile yazılacak programda koşturulabilir.

### 4. Deney Düzeneği ve Alınan Veriler

Deney düzeneği olarak hız sabitleyici sistemlerde kullanılan gaz kelebeğinin konum kontrolü yapılacaktır. Şekil 6'da gösterilen servo motor araç hızına bağlı olarak gaz telinin açıklığını otomatik olarak kontrol edecektir. Sürücü tarafında girilen hız bilgisine göre aracın hızını sabit tutmak için gaz kelebeğinin konumu kontrol edilecektir. Burada hız kontrolü aç kapa ya da kötü bir kontrol algoritması ile yapıldığı zaman araç motoruna zarar verilebilecek ve konfordan uzak bir hız sabitleme gerçekleşecektir.[5] Bu sebeple araç hız sabitleyicide servo motorun konum kontrolü PID kontrol ile yapılmıştır. PID katsayılarını deneysel olarak  $K_p=10$ ,  $K_i=0,1$  ve  $K_d=0,01$  seçilerek en konforlu kontrol sağlanmıştır. Katsayılarının deneysel yöntemle bulunmasında Ziegler-Nichols Açık çevrim birim basamak cevabı yöntemi MATLAB yazılımı ve ARDUINO kartının birlikte kullanılarak yapılan düzenek sayesinde kolayca sistem üzerinde denenebilmiştir.[9]



Şekil 6 Servo Motor Düzeneği

Sistemde gaz kelebeğinin konumu bir potansiyometre ile algılanmaktadır. Gaz kelebeğinin konumunun değişmesi ile araç hızını da değiştirmektedir.



Şekil 7 Gaz Kelebeğinin Bilgisi Sensörü

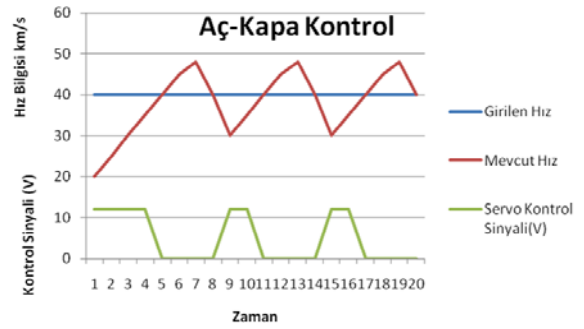
SIMULINK üzerinde yapılan model geri besleme sinyali hız bilgisi olarak alınmaktadır. Hız bilgisi tekerlek üzerindeki dönme hareketinin her turda oluşturduğu 4 adet darbenin saydırılması ile bulunur. Kontrol sisteminde girilen ve alınan sinyallerin çıkışa aktarılabilmesi için türlerinin aynı olması gerekmektedir. Bunu sağlamak için MATLAB'ta matematiksel dönüşümlerden ve sistemde elektronik devrelerden yararlanılmıştır.



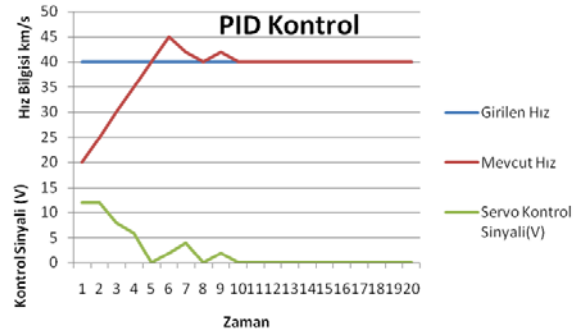
Şekil 8 Hız Bilgisi Sensörü

Yapılan kontrol denemelerinde alınan verilerden elde edilen grafikler şekillerde verilmiştir. Aracın hızı 40 km/s sabitlenip aç kapa kontrol yapıldığında kararlı bir çalışma sağlanamamıştır. Hız 45-35 arasında sürekli olarak hareketli olduğu gözlemlenmiştir. Kademeli aç kapa kontrol ile belki bu aralık daraltılabilse de hızın sabitlenmesi çok zor olacaktır.

PID kontrolde ise hızın 20 km/s 'den 10 sn kadar sonra 40 km/s oturduğu gözlemlenmiştir. PID katsayıları  $K_p:10$ ,  $K_i:0,1$  ve  $K_d:0.01$  seçilmiştir. PID katsayıları değiştirilerek daha iyi bir kontrol sağlanabilmektedir.



Şekil 9 Aç Kapa Kontrol Grafikleri



Şekil 10 PID Kontrol Grafikleri

## 5. Sonuç ve Değerlendirme

Bilgisayar ortamında MATLAB ve SIMULINK yardımı ile geliştirilen modellerin gerçek sistemler üzerinde denenebilmesi için bir veri işleme kartına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada veri işleme kartı yerine daha ekonomik bir kart olan ARDUINO kartı kullanarak bilgisayar ile veri alış verişi sağlanabildi. Ayrıca ARDUINO kartın USB ile haberleşmesi birçok bilgisayara bağlanabilme, hızlı bir şekilde veri haberleşmesi ve kolay programlanabilme imkanı sunmaktadır.



Bu çalışmada bir servo motorun konum kontrolü MATLAB ortamında yapılmıştır. Araçlarda kullanılan hız sabitleme sistemlerin birleşenleri, servo motor, gaz kelebeği ve hız sensörü modellenerek yapılan fiziksel sistemin kontrolü MATLAB SIMULINK yardımı ile yapılmıştır. Denenen kontrol algoritmalarından aç kapa kontrol ile sistemin hızının sabitlenmesinin zor olduğu ve belirli bir aralıkta tutulduğu gözlemlenmiştir. PID kontrol yönteminde ise katsayılar ile oynanarak daha iyi bir kontrol sağlanmıştır. Bu deney düzeneği sayesinde MATLAB ortamında geliştirilen modellerin uygulamasının yapılabilmesi ekonomik olarak sağlanabilecektir.

## 6. Kaynaklar

1. ARDUINO Resmi WEB Sitesi <http://www.arduino.cc> Erişim Şubat 2013
2. Maciejowski, J.M., "Predictive Control With Constraints", Prentice Hall (2002)
3. Camacho, F. E.; Bordons, C.: "Model Predictive Control", Springer Press, (2000)
4. "Introduction To The Connected Cruise Control and Related Human Factors Considerations" Malte Risto, Dr. Marieke Martens, The Netherlands, 11th TRAIL Congress November 2010.
5. Gullu A., Kuşçu, H.: "Cruise Control Systems and Examination of These Systems with Today's Technology", International Scientific Conference UNITECH'12 Gabrovo, Proceedings Volume-II, pp. 123-128, 16-17 November, Bulgaria, 2012
6. Kuo, B. C., "Automatic Control System", Prentice Hall, 7th Edition, 1995.
7. MATLAB Veri Paylaşım Sitesi <http://www.mathworks.com/> Erişim Mart, 2013
8. Ogata, K., "Modern Control Engineering", 4th Edition Prentice Hall 2011.
9. Bahavarnia, M.; Tavazoei, M.S. "A new view to Ziegler-Nichols step response tuning method: Analytic non-fragility justification" Journal of Process Control, January 2013.
10. Margolis, Michael. "Arduino Cookbook", Edition: 2nd ed. Sebastopol, Calif : O'Reilly. 2012.