

# TEK SİLİNDİRLİ BUJİ İLE ATEŞLEMELİ BİR MOTORDA ATEŞLEME AVANSININ BİLGİSAYARLA KONTROLÜ

**İhsan BATMAZ\*, Fatih ŞAHİN\*\*, Hamza BİLGEN\*\*\***

\* Otomotiv Anabilim Dalı, Makine Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Gazi Üniversitesi, 06500, Teknikokullar, Ankara

\*\* Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, 06500, Teknikokullar, Ankara

\*\*\* Bakırcı Otomotiv, Atatürk Oto Sanayi Sitesi 2. Kısım 2. Sok. No:10, 34398, Maslak, İstanbul

[ibatmaz@gazi.edu.tr](mailto:ibatmaz@gazi.edu.tr), [fasahin@gazi.edu.tr](mailto:fasahin@gazi.edu.tr), [hamza.bilgen@bakirci.com.tr](mailto:hamza.bilgen@bakirci.com.tr)

(Geliş/Received: 05.04.2011; Kabul/Accepted: 24.06.2011)

## ÖZET

Günümüz motorlarında kullanılan elektronik sistemler oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu sistemlerin yapılarını ve çalışma mantıklarını anlayabilmek için her bir sistemi ayrı ayrı incelemek gerekmektedir. Bu çalışmada özgün bir buji ile ateşlemeli motor için ateşleme kontrol sistemi tasarlanmıştır. Sistem bir mikrodenetleyici tarafından kontrol edilmektedir. Sistemde mikrodenetleyici kartına bağlı bir bilgisayar bulunmaktadır. Motor devri ve yükü sistem tarafından sürekli olarak kontrol edilmektedir. Yük ve hıza bağlı olarak en uygun ateşleme avansı bilgisayar yazılımındaki avans haritası yardımıyla hesaplanmakta ve sonuçlar mikrodenetleyiciye gönderilmektedir. Mikrodenetleyici kartı bilgisayardan aldığı avans değerine göre ateşlemenin uygun zamanda yapılabilmesi için tetikleme sinyalini üretmektedir. Geliştirilen bu sistem ateşleme avansını değiştirebilme yeteneğine sahiptir. Bu nedenle sistem ateşleme parametrelerinin istenildiği gibi değiştirilebilmesine imkân vermektedir. Ayrıca sistem ateşleme sistemi parametrelerinin görüntülenmesi sayesinde bir eğitim aracı olarak da kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Ateşleme avans kontrolü, Mikrodenetleyici, Buji ile ateşlemeli motor

## COMPUTER BASED CONTROL OF IGNITION TIMING IN A SINGLE CYLINDER SPARK IGNITION ENGINE

### ABSTRACT

The electronic systems which are used in today's engines are in a very complex structure. In order to understand and comprehend these structures, each system must be examined in sections. In this study, an ignition control system was designed for an original spark ignition engine. The system is controlled by a microcontroller. There is a computer which is connected to the microcontroller card in the system. Speed and load of the engine are controlled by the system continuously. According to load and speed, the optimum ignition advance value is calculated by using the ignition advance map in the computer software and then the result is sent to the microcontroller again. The microcontroller card sends the trigger signal to the circuit according to the incoming ignition advance value and so ignition is provided at the required moment. This new designed control system is capable of changing the ignition advance map. Hence, the system gives an opportunity of changing the ignition parameters if it is desired. It is also possible to monitor the ignition system parameters with this system so that it can be used for educational purposes.

**Keywords:** Ignition advance control, Microcontroller, Spark ignition engine

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Otomobil motorları ilk kez üretildikleri andan itibaren sürekli olarak geliştirilmekte ve değişmektedir. İtten yanmalı motorlarda en önemli konulardan birisi hava-yakıt karışımının uygun zamanda yakılmasıdır. Mekanik sistemlerde en yüksek verimi elde edebilmek için parametreler yeteri kadar hassas bir şekilde ayarlanamamaktadır. Ateşleme zamanlamasının temel esası üst ölü noktadan (ÜÖN) kaç derece önce ateşlemenin yapılacağıdır. Ateşleme avansının kontrolünde maksimum basıncın en uygun noktada oluşturulması, bu sayede en yüksek momentin elde edilmesi amaçlanmaktadır [1, 2].

Elektronik kontrol üniteleri içerisinde mikroişlemci bulunması dolayısıyla eski sistemlerden farklıdır. Motora ait ateşleme sistemi parametreleri elektronik kontrol ünitesi içerisinde programlanmıştır. Motor hızı, emme manifoldu basıncı, hava akışı, gaz keleşliği pozisyonu, hava/yakıt oranı, giriş hava sıcaklığı, motor sıcaklığı, vurunu ve batarya gerilimi gibi parametreler ateşleme avansına etki etmektedir [3, 4].

Ateşleme avansının hesaplanmasında göz önünde bulundurulması gereken bazı önemli hususlar vardır. Bu hususlar en yüksek motor gücünün elde edilmesi, yakıt tüketiminin azaltılması, vurunu ve emisyonların azaltılmasıdır [5].

1975'lerde Amerika'da manyetolu ateşleme sistemi yerine klasik ateşleme sistemi kullanılmaya başlanmıştır [6]. Ford ilk motor kontrol sistemini 1978'de kullanmıştır (EEC-1) [7]. Bu sistem daha fazla parametrenin ölçülebilmesini ve bu parametrelere göre elde edilen sonuçların motora hassas bir şekilde uygulanabilmesini ve böylece motor kontrolünün istenilen şekilde yapılabilmesine imkân sağlamıştır. Sasayama, Sakamoto ve Mouri çift eğimli integral yöntemini kullanarak ateşleme zamanlamasını kontrol etmişlerdir [8]. Fujun, Yunshan ve Ying klasik bir ateşleme sistemini 8051 serisi bir mikrodenetleyici kullanarak kontrol etmişlerdir. Motordaki vurununun avansa etki ettiği bu çalışmada, 368Q motorunda yapılan testlerde motor momentinde artış gözlenmiştir [9]. Shamekhi ve Ghaffari iyonlaşma akımını ölçerek bulanık mantıkla ateşleme avansını kontrol etmişlerdir. Yaptıkları simülasyonlarda klasik sistemden daha iyi sonuçlar almışlardır [10]. Eriksson ateşleme avansını silindirden aldığı basınç değerlerine göre belirlemiştir. Geliştirdiği sistemi 4 zamanlı 2,3 L SAAB motorundan aldığı veriler ile doğrulamıştır [11]. Beham ve Yu bir ateşleme sistemini avans tablosu (look-up table) yerine yapay sinir ağları ile kontrol etmişlerdir. Yapılan sistem Matlab'da simüle edilmiş ve BMW laboratuvarlarında değişik sürüş koşullarında test edilmiştir [12].

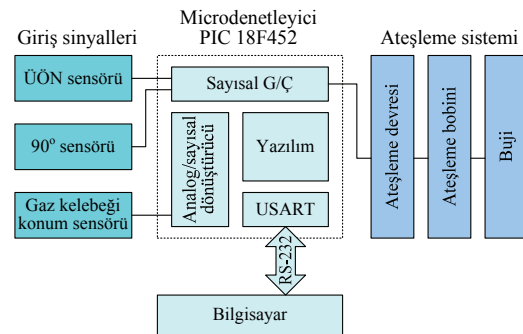
Elektronik ve mekaniğin iç içe olduğu günümüz motorlarındaki ateşleme sistemi ve sistemin kontrol mekanizması oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Hangi verilerin motordan alındığı ve çıktılar bilinirken alınan verilerin işleme yöntemleri hakkında net bilgiler bulunmamaktadır. Her motor tipi için üretilen motora özgü verileri içeren elektronik kontrol üniteleri (EKÜ) farklı tip bir motora uygulanamamaktadır. Bunun nedeni motorların yapılarındaki farklılıklar nedeniyle kontrol parametrelerinin farklı olmasıdır.

Bu çalışmada farklı motorların ateşleme avansını kontrol edebilecek bir ateşleme sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem ile ateşleme sisteminin manüel ve otomatik kontrol edilebilme imkânı bulunmaktadır. Sistem ayrıca ateşleme avansının kontrolünde farklı kontrol algoritmalarının kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Sistem az sayıda giriş parametresine sahip olması nedeniyle farklı motorlara kolayca uyarlanabilmektedir.

## 2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

### 2.1. Geliştirilen Sistem (The Developed System)

Geliştirilen sistem genel hatları ile motordan verileri toplayacak sensörler, verileri işleyen ve ateşleme sinyalini üreten mikrodenetleyici, ateşleme sinyaline göre ateşlemeyi gerçekleştiren ateşleme devresi ve mikrodenetleyicinin gönderdiği verileri alarak mikrodenetleyiciye gerekli avans değerini gönderen bilgisayardan oluşmaktadır. Şekil 1' de geliştirilen sistemin blok diyagramı görülmektedir.



Şekil 1. Geliştirilen sistemin blok diyagramı (Block diagram of the developed system) [13]

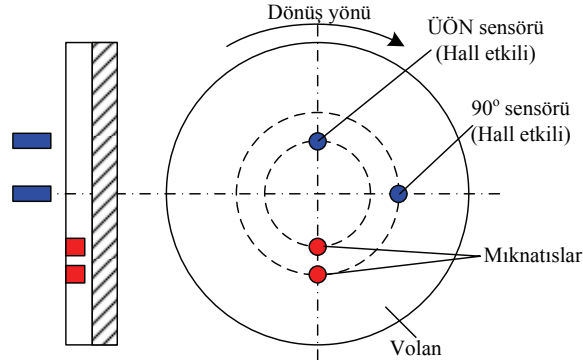
Motora bağlanan sensörler mikro denetleyici kartına bağlanmıştır. Bu kart RS232 çıkışı ile bilgisayara bağlıdır. Sistemde elektronik bir ateşleme sistemi kullanılmış ve ateşleme sistemiyle mikro denetleyici kartı birbirinden optik olarak yalıtılmıştır.

### 2.2. Giriş Sinyalleri (Input signals)

Geliştirilen sistemin girişleri, motorun karbüratöründeki gaz keleşliğine yerleştirilen gaz

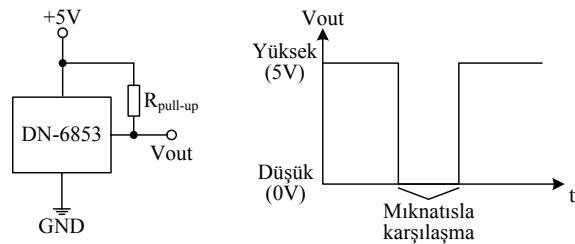
kelebeği konum sensörü, motor bloğuna yerleştirilen ve volandaki mıknatıslarla çalışan ÜÖN ve 90° sensörleridir.

Sistemdeki sensörlerden ÜÖN sensörü ve 90° sensörü Hall etkisi prensibine göre çalışmaktadır. Motor bloğuna yerleştirilen ÜÖN sensörü ile mıknatıs volan tam ÜÖN'de iken karşı karşıya gelmektedir. 90° sensörü ise ÜÖN sensöründen 270° sonra yani motor ÜÖN gelmeden 90° önce kendine ait mıknatısla karşılaşmaktadır. Bu sensörlerin konumları Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Konum sensörlerinin yerleşimi (Locations of position sensors)

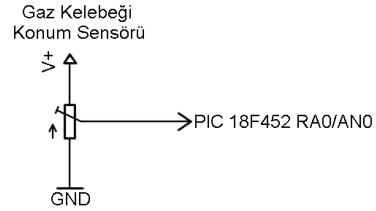
Konum sensörleri Hall etkisi prensibine göre çalışan DN-6853 entegresi kullanılarak yapılmıştır. DN-6853 manyetik alanla karşılaştığında çıkış katındaki açık kollektör çıkışlı transistör iletime geçmektedir. Çıkış katındaki transistörün kollektörü dışarıdan bir dirençle +5V'a bağlanmıştır. Böylece transistör iletimde olduğunda sensör çıkışı 0'a düşmektedir. Sensör manyetik alandan uzaklaştığında ise çıkıştaki transistör yalıtıma geçmekte ve çıkış 1 (+5V) olmaktadır. DN-6853'ün bağlantı şekli ve örnek çıkış sinyali Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 3. DN-6853 Hall entegresi bağlantısı ve çıkış sinyali (Connection circuit and output waveform of DN-6853 Hall effect IC)

Gaz kelebeği konum sensörü ise hareketini gaz kelebeği milinden alan bir potansiyometredir. Sensör gaz kelebeğinin konumuna bağlı olarak 0-5V arasında değişen analog bir gerilim üretmektedir. Sensörden alınan analog çıkış mikrodnetleyicinin RA0 girişine

bağlanmıştır. Gaz kelebeği konum sensörünün bağlantısı Şekil 4'te görülmektedir.



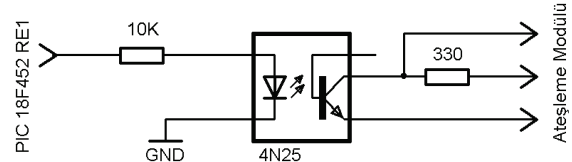
Şekil 4. Gaz kelebeği konum sensörü bağlantıları (Connections of throttle position sensor)

### 2.3. Mikrodnetleyici Kartı (Microcontroller Board)

Mikrodnetleyicinin bulunduğu giriş ve çıkış sinyallerini işleyen kart altı bölümden oluşmaktadır:

- Güç kaynağı birimi,
- Analog sayısal dönüştürücü (ASD) referans kaynağı,
- Konum sensörleri girişi,
- Gaz kelebeği konum sensörü girişi,
- Ateşleme çıkışı,
- RS232 arabirimi.

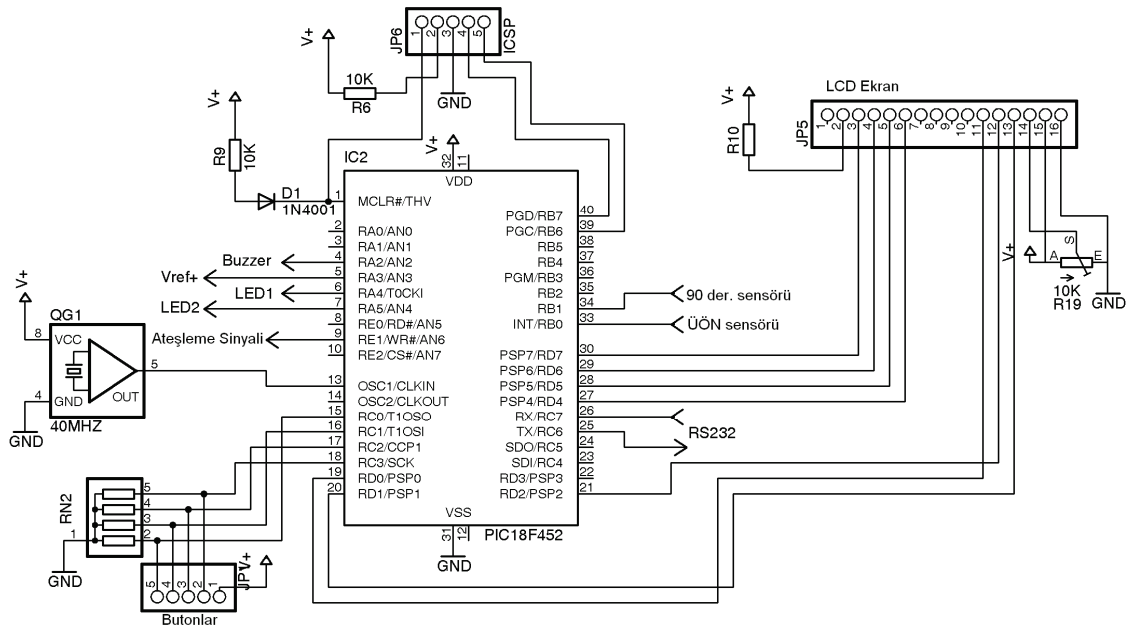
Ateşlemenin yapılabilmesi için kullanılan ateşleme sistemini tetikleyen sinyal mikrodnetleyicinin RE1 çıkışından gönderilmektedir. Mikrodnetleyici sisteminin ateşleme sisteminden etkilenmemesi için bu çıkış Şekil 5'te görüldüğü gibi 4N25 optokuplör entegresi ile yalıtılmıştır.



Şekil 5. Ateşleme çıkışı ve ateşleme modülünün optokuplörle yalıtılması (Isolation between ignition output and ignition module using optocoupler)

Mikrodnetleyici kartının devre şeması Şekil 6'da görülmektedir. Sistemde PIC18F452 mikrodnetleyicisi kullanılmıştır. Mikrodnetleyicinin çalışma frekansı 40 MHz'dir.

Ateşleme avansı, motor hızı ve gaz kelebeği konumu gibi bilgiler bir LCD ekran üzerinde görüntülenmektedir. LCD mikrodnetleyiciye 4 bit üzerinden kontrol edilecek şekilde bağlanmıştır. Ateşleme sistemi ayarlarının değiştirilebilmesi amacıyla devreye dört buton eklenmiştir. Geliştirme aşamasında mikrodnetleyicinin yerinden sökülmeden programlanabilmesi için devre üzerinde seri programlama (ICSP: in circuit serial programming) özelliği kullanılmıştır.



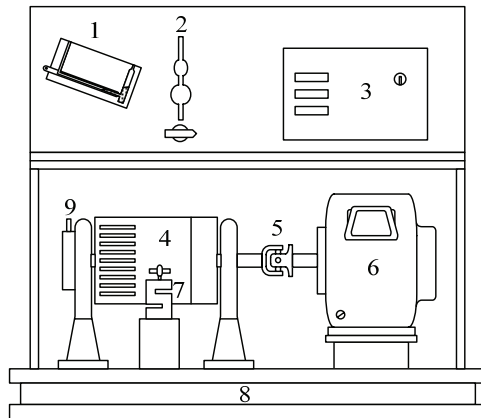
Şekil 6. Mikrodenetleyici kartı devre şeması (Circuit diagram of the microcontroller board)

## 2.4. Ateşleme Sistemi (Ignition System)

Ateşleme sistemi elektronik ateşleme devresi, ateşleme bobini ve bujiden oluşmaktadır. Ateşleme sistemi girişi pozitiften sıfıra düştüğü zaman ateşleme gerçekleştirilmektedir.

## 2.5. Deneysel Düzenek (Experimental Setup)

Deneysel düzenek şematik yapısı Şekil 7'de görülmektedir.



Şekil 7. Deneysel düzenek (Experimental setup)

Deneysel düzenek Cussons P8160 marka motor test dinamometresinde yapılmıştır. Motor test düzenekinde bulunan DC dinamometre, maksimum

3600 min<sup>-1</sup>'da 10 kW güç absorbe edebilmektedir. DC dinamometrede bulunan tristör sürücü devresi ile yük ve kapalı döngü hız kontrolü yapılabilmekte ve ayrıca dinamometre motor olarak çalıştırılabilmektedir.

Deneysel düzenekte, 269,69 cm<sup>3</sup> hacimli, 4 zamanlı, kurs/çap oranı 0,833, sıkıştırma oranı 9,5/1 ve gücü 6 kW olan özgün tasarıma sahip bir buji ile ateşlemeli motor kullanılmıştır [14]. Deneysel motoru Şekil 8'de görülmektedir.



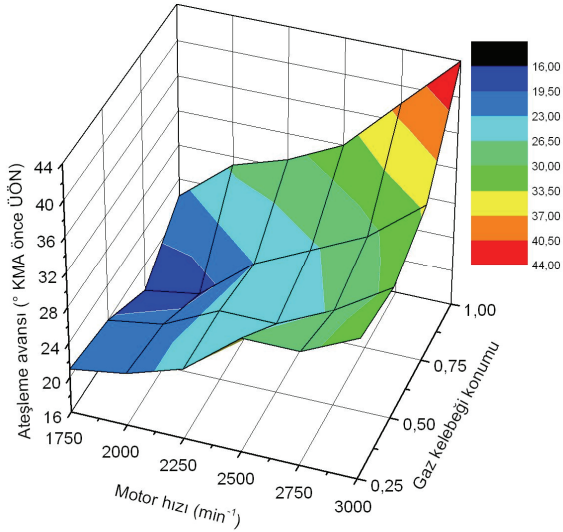
Şekil 8. Deneysel motoru (Test engine)

## 2.6. Yapılan Deneysel Çalışmalar (Experiments)

Deneysel çalışmalar 5 farklı devirde ve 4 farklı gaz keleşliği konumunda gerçekleştirilmiştir. Her test için en yüksek momenti sağlayan avans değerleri tespit edilmiştir. Avansın değiştirilmesi mikrodenetleyici kart üzerinde bulunan butonlarla yapılmıştır. Yük ve motor hızına göre elde edilen en uygun ateşleme avans değerleri Tablo 1'de görülmektedir. Elde edilen avans değerlerine göre oluşturulmuş üç boyutlu avans haritası Şekil 9'da görülmektedir.

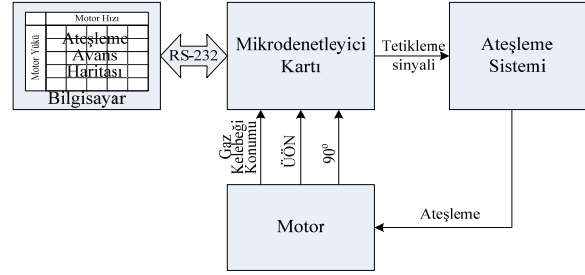
**Tablo 1.** Motor yükü ve hızına bağlı avans ( $^{\circ}$  KMA önce ÜÖN) değerleri (Advance values depending on speed and load ( $^{\circ}$  CA before TDC))

Gaz kelebeği konumu	Motor hızı ( $\text{min}^{-1}$ )					
	1750	2000	2250	2500	2750	3000
$\frac{1}{4}$	21	22	24	29	29	32
$\frac{2}{4}$	20	21	24	24	27	31
$\frac{3}{4}$	17	18	23	26	29	34
$\frac{4}{4}$	22	27	29	32	38	44

**Şekil 9.** Avans haritası (Ignition advance map)

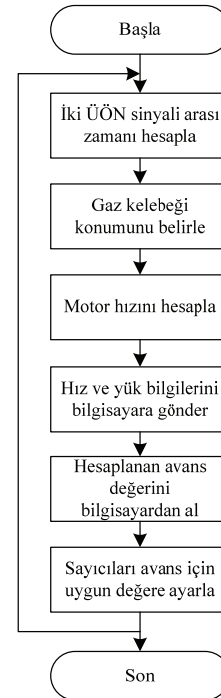
### 2.7. Geliştirilen Sistemin Çalışması (Operation of The System)

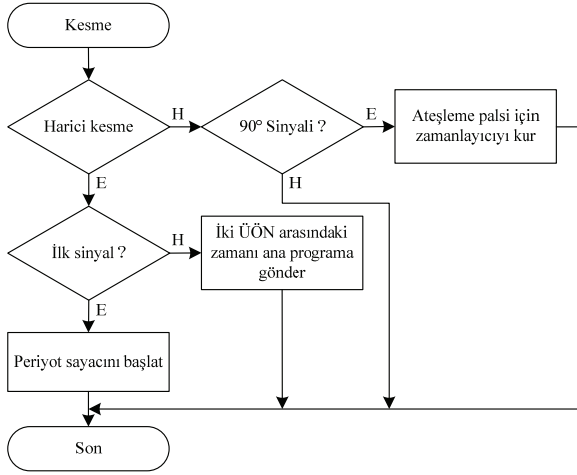
Sistem motor yükü ve hızına bağlı olarak ateşlemenin hangi noktada yapılacağını belirlemektedir. Bu nedenle motor hızı ve yükü bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Mikrodenetleyici ÜÖN sensörünün ürettiği ardışık iki sinyali kullanarak motor hızını hesaplamaktadır. Gaz kelebeği konum sensöründen alınan gerilim sayısal değere dönüştürülerek yük bilgisi olarak kullanılmaktadır. Alınan bu iki bilgi RS232 üzerinden bilgisayara aktarılmaktadır. Bilgisayara gelen bilgilere göre, daha önceki deney sonuçlarından elde edilen avans haritasından en uygun ateşleme avansı belirlenmekte ve sonuç mikrodenetleyiciye RS232 üzerinden gönderilmektedir. Mikrodenetleyici yazılımı C dilinde bilgisayar yazılımı ise Microsoft Visual C#'ta yazılmıştır. Şekil 10'da sistemin temel işleyişini gösteren fonksiyonel blok diyagram görülmektedir.

**Şekil 10.** Sistemin fonksiyonel blok diyagramı (Functional block diagram of the system)

### 2.8. Mikrodenetleyici Yazılımı (Microcontroller Software)

ÜÖN ve  $90^{\circ}$  sensörleri mikrodenetleyicinin iki harici kesme girişine bağlanmıştır. Mikrodenetleyici içerisindeki 16 bitlik Timer 3 sayıcısı ÜÖN sinyalinin gelmesiyle çalışmaya başlar ve ikinci ÜÖN sinyali gelmesiyle durur. Bu sayacın hesapladığı değer periyot değeridir. 6000000 değerinin elde edilen periyot değerine bölünmesiyle motor hızı hesaplanmış olur. Ateşleme sinyalinin üretilmesi için tahsis edilmiş olan sayıcı  $90^{\circ}$  sinyalinin gelmesiyle çalışmaya başlar ve gerekli olan süre kadar saydıktan sonra ateşleme sinyalini üretir. Mikrodenetleyici yazılımına ait akış şemaları Şekil 11 ve Şekil 12'de görülmektedir.

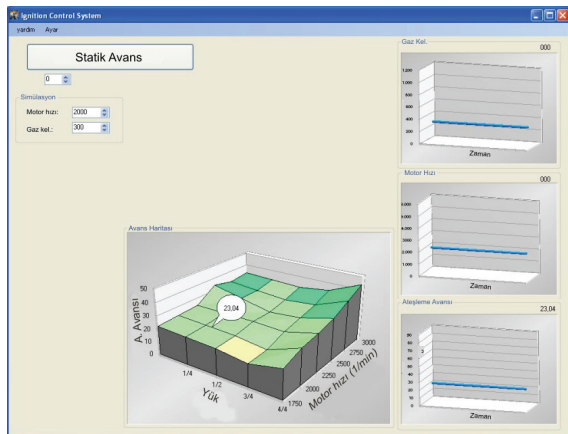
**Şekil 11.** Ana programa ait akış şeması (Flowchart of main program)



Şekil 12. Kesme alt programına ait akış şeması (Flowchart of interrupt subroutine)

## 2.9. Bilgisayar Yazılımı (PC Software)

Bilgisayar yazılımı mikrodenetleyici kartından gelen bilgileri işleyerek sonuçları geri göndermekte ve ayrıca sonuçları grafik olarak görüntülemektedir. Ateşleme avansı statik olarak ayarlanabilmekte veya avans haritası üzerinden hesaplanabilmektedir. Yazılımda avans haritası motor hızı ve yüküne bağlı üç boyutlu bir harita olarak görüntülenmektedir. Hesaplanan anlık avans değerleri harita üzerinde gerçek zamanlı olarak görüntülenmektedir. Ayrıca simülasyon modunda yük ve hız bilgileri simüle edilerek farklı değerler için avans hesaplatılabilmektedir. Yazılıma ait ekran görüntüsü Şekil 13'te görülmektedir.

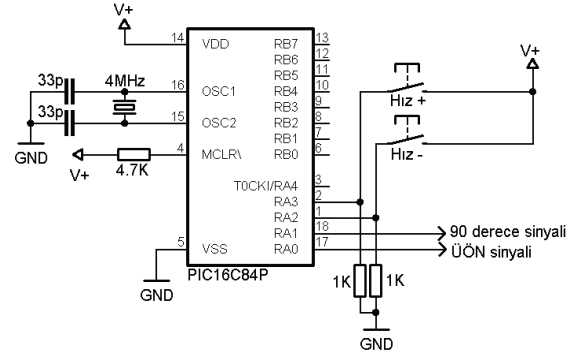


Şekil 13. Bilgisayar yazılımı ekran görüntüsü (The view of PC software)

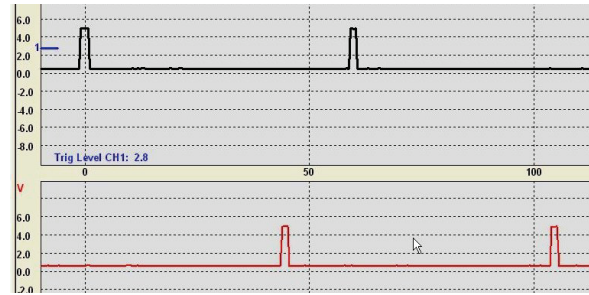
## 2.10. Geliştirilen Sistemin Testi (Testing of Developed System)

Geliştirilen sistemin testi yardımcı bir test devresi ve bir osiloskop yardımıyla yapılmıştır. Sensör sinyalleri Şekil 14'te görülen PIC16F84A mikrodenetleyicili

devre yardımıyla simüle edilmiştir. Devrenin ÜÖN ve 90° sinyallerini üreten iki çıkışı bulunmaktadır. Devrede bulunan iki buton üretilen sinyallerin frekanslarının değiştirilmesini sağlamaktadır. Böylece farklı motor devirleri simüle edilebilmektedir. Ayrıca yük bilgisi sağlamak amacıyla bir potansiyometre kullanılmıştır.



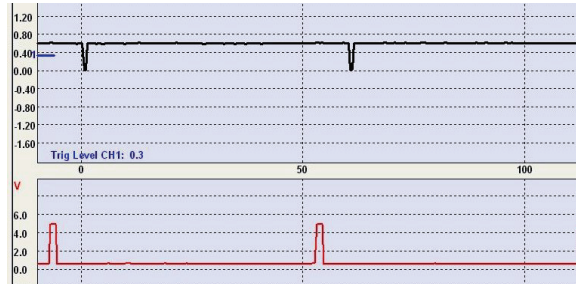
Şekil 14. Test devresi (Test circuit)



Şekil 15. Test devresi çıkış sinyalleri, ÜÖN sinyali (üstte), 90° sinyali (altta) (Output waveforms of test circuit, TDC signal (above), 90° signal (below))

Test devresi tarafından üretilen örnek sinyaller Şekil 15'te görülmektedir. Üstteki sinyal ÜÖN sinyali ve alttaki ise 90° sinyalidir. Hız sinyalinin periyodu 60 ms'dir. 90° sinyali ilk ÜÖN sinyalinden 45 ms sonra gelmekte ve 15 ms sonra ikinci ÜÖN sinyali gelmektedir. Bu durumda motor hızı  $1000 \text{ min}^{-1}$ 'dir.

Bu şartlar altında test devresi kontrol devresine bağlandığında LCD ekran üzerinde motor hızı 999 rpm olarak okunmuştur. Bu durumda hız ölçümündeki hata %0,1 olarak belirlenmiştir. Test devresinden Şekil 15'te görülen sinyaller kontrol devresine uygulanırken üretilen ateşleme çıkış sinyali Şekil 16'da görülmektedir. Ateşleme avansı kontrol devresi tarafından 45°'ye ayarlanmıştır. Üstteki sinyal ateşleme çıkış sinyali, alttaki sinyal ise 90° sinyalidir. Yapılan ölçüm neticesinde sinyaller arasında 7,5 ms zaman farkı olduğu belirlenmiştir. Bir tam turun 60 ms olduğu göz önünde bulundurulursa 7,5 ms 45°'ye karşılık gelmektedir.



**Şekil 16.** 90° sinyali (altta) ve buna bağlı olarak üretilen ateşleme sinyali (üstte) (90° signal (below) and generated ignition trigger signal depending on it (above))

Dinamik avans kontrolü, elde edilen avans haritası kullanılarak kontrol devresi yardımıyla farklı hız ve yüklerde test edilmiştir.

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER (RESULTS AND RECOMMENDATIONS)

Bu çalışmada günümüz araçlarındaki elektronik kontrol ünitelerinin bir fonksiyonu olan ateşleme avansının kontrolü geliştirilen bir sistem yardımıyla gerçekleştirilmiştir. İşlenen veriler bilgisayar ekranında görüntülenmiştir.

Geliştirilen sistemin çıkış sinyalleri yardımcı bir devre kullanılarak test edilmiştir. Test devresi yardımıyla belli motor hız ve yük şartları oluşturulmuş ve ateşleme çıkışı osiloskop yardımıyla kontrol edilmiştir. Elde edilen sonuçlar sistemin düzgün bir şekilde çalıştığını göstermiştir.

Tasarlanan sistem ve yazılım, herhangi bir test sırasında, test edilen motorun ateşleme zamanlaması değerlerinin değiştirilmesini mümkün kılmaktadır. Bu sistem sayesinde yeni tasarlanan ya da parametreleri değiştirilen bir motorun ateşleme avansı istenildiği gibi ayarlanabilir. Avans kontrolü manuel olarak veya avans haritası yardımıyla dinamik olarak yapılabilir.

Geliştirilen sistem taşıt elektronik kontrol ünitelerinin fonksiyonlarından yalnızca ateşleme işlemini gerçekleştirdiği için diğer fonksiyonlara sahip değildir. Bu nedenle gerek donanım olarak gerekse de yazılım olarak daha basit bir yapıya sahiptir. Sistemin basit bir yapıda olması anlaşılabilirliğini artırmaktadır. Ayrıca sistemin bir LCD ekrana sahip olması ve yazılımında üç boyutlu avans haritası üzerinden anlık çalışma şartlarının izlenebilmesi eğitimde kullanılmasını mümkün kılmaktadır.

Deneylerde kullanılan motor bir prototip motordur. Bu nedenle motoru yüksek hız ve yüklerde test etmek mümkün olmamıştır. Daha hassas bir avans haritası elde edilebilmesi için deney sayısının artırılması gereklidir.

Ateşleme avansının belirlenmesinde temel parametreler olan hız ve yükün yanı sıra giriş hava sıcaklığı, vuruş, motor sıcaklığı, batarya gerilimi

gibi parametrelerin de göz önünde bulundurulması yapılan kontrolün daha hassas olmasını sağlayacaktır. Konuyla ilgili yapılacak sonraki çalışmalarda temel parametrelerin dışında ateşleme avansına etki eden parametreler de sisteme dahil edilerek gelişmiş kontroller yapılabilir.

### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Eriksson, L. ve Nielsen, L., "Ionization Current Interpretation For Ignition Control In Internal Combustion Engines", **Control Engineering Practice**, Cilt 5, No 8, 1107-1113, 1997.
2. Çelik, M.B. ve Çolak, A., "The Use of Pure Ethanol as Alternative Fuel in a Spark Ignition Engine", **Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, Cilt 23, No 3, 619-626, 2008
3. Denton, T., **Automobile Electrical and Electronic Systems**, Elsevier Butterworth Heinemann, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, 2004.
4. Kiencke, U. ve Nielsen, L., **Automotive Control Systems**, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2005.
5. Bauer, H., **Automotive Handbook**, Robert Bosch GmbH, Stuttgart, 2007.
6. Richmond, F.S., **Emissions Reduction Benefits of Adapting Electronic Closed Loop Fueling Control on a Mechanically Controlled Spark Ignited Engine**, M.Sc. Thesis, West Virginia University, Mechanical and Aerospace Engineering, 1998.
7. Powers, W. F. ve Nicastrì R.P., "Automotive Vehicle Control Challenges in The 21st Century", **Control Engineering Practice**, Cilt 8, No 6, 605-618, 2000.
8. Sasayama, T., Sakamoto, S. ve Mouri, Y., "A New Ignition Timing Control Method Using Dual-Slope Integration", **IEEE Transactions On Vehicular Technology**, Cilt 27, No 1, 35-41, 1978.
9. Fujun, Z., Yunshan, G. ve Ying, H., "A Micro-processor Based Adaptive Ignition Control System", **IEEE International Vehicle Electronics Conference**, Changchun, China, 34-37, 1999.
10. Shamekhi, A.H. ve Ghaffari, A., "Fuzzy Control of Spark Advance by Ion Current Sensing", **Part D: J. Automobile Engineering**, Cilt 221, No 3, 335-342, 2007.
11. Eriksson, L., **Spark Advance Modeling and Control**, Ph.D. thesis, Linköping University, Linköping Studies in Science and Technology, 1999.
12. Beham, M. ve Yu, D. L., "On-line Control for Optimal Ignition Timing Using the Pseudo Linear Radial Basis Function and the Local Linear Model Tree", **Part D: Journal of Automobile Engineering**, Cilt 219, No 2, 227-240, 2005.

13. Bilgen, H., **Dört Zamanlı Tek Silindirli Buji İle Ateşlemeli Motorun Ateşleme Sisteminin Bilgisayarla Kontrolü**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
14. Okur, M., **Dört Zamanlı ve Tek Silindirli Buji İle Ateşlemeli Bir Motorun Tasarım ve İmali**, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.