

BENZİN MOTORUNUN DOĞAL GAZ PERFORMANS OPTİMİZASYONU İÇİN TASARLANAN TEST SİSTEMİ

Bariş ERKUŞ*

Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, 16059, Görükle, Bursa, e-mail: berkus@uludag.edu.tr

Ali SÜRMEN

Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, 16059, Görükle, Bursa, e-mail: surmen@uludag.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada buji ateşlemeli bir benzin motorunda doğal gazın kullanılması halinde çalışma şartlarının optimize edilmesi için gerekli olan yapısal değişikliklerden bahsedilmiş ve bu değişikliklerin sonrasında optimizasyon adımları izah edilerek, bu adımların gerçekleştirilmesi için oluşturulan test sisteminin; mekanik ve elektronik alt sistemleri ile bu alt sistemlerin kontrolünü gerçekleştiren programa ait algoritma incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayar tabanlı otomasyon, doğal gaz, ateşleme avansı

The Testing System Designed For Optimization of Natural Gas Performance of a Petrol Engine

ABSTRACT

In this study it's mentioned that the required structural changes to optimise the working conditions, in case of using natural gas in a petrol engine with ignition plug, and that the optimization steps after these structural changes. Besides, testing system to verify the optimization steps, its mechanical and electrical sub systems and the programme controlling the these sub systems have been analysed.

Keywords: PC Based automation, natural gas, ignition advance

GİRİŞ

Bilindiği üzere teknolojinin baş döndürücü bir hızla geliştiği günümüzde bu gelişmeleri en hızlı şekilde kendisine adapte edebilen sektör otomotiv sektörüdür. Her geçen gün araçlarda farklı disiplinlerde farklı iyileştirmeler araştırılmakta olup yapılan tüm bu araştırmaların önemli bir kısmı araçların motorlarına odaklanmış durumdadır. Böylece daha çevreci daha güçlü ve daha ekonomik araçlar meydana getirmek hedeflenmektedir. Bu amaçla araç motorlarında yapılan araştırma sahaları birkaç alt guruba ayrılırken bu alt gurupların bir tanesi de farklı yakıt tiplerinin motorlarda kullanılabilmesi ile ilgilenmektedir. Özellikle son senelerde doğal gazın taşıtlarda benzin ve motorine göre düşük emisyonlu bir alternatif olarak yaygınlaşması dikkat çeken bir olgudur. Doğal gazın birçok ülkede zengin kaynakları olması ve diğer bir çok ülkede ise

boru hatları ile yaygınlaştırılmasına rağmen taşıtlarda yakıt olarak kullanılması biraz yavaş olmuştur. Son senelerde ise gerek doğal gazın yaygınlaşması, gerekse ekonomik ve çevresel faktörlerin getirdiği tercih değişiklikleri, taşıtlarda doğal gaz kullanımını bir alternatif olarak gündeme getirmiş ve birçok araştırmacının araştırmalarını yoğunlaştırdığı bir alan haline gelmesini sağlamıştır. Karim ve Wierzba (1983), bujili ve dizel motorlarda yapılmış olan çalışmaların karşılaştırmalı bir incelemesini yapmıştır. Bu incelemenin sonunda metan, propan, ve metan/propan karışımları için elde edilen motor güçleri, ortalama yanma süreleri ve optimum buji ateşleme zamanları tespit edilmiştir (Yahşi ve Ark., 1992). Topaloğlu ve araştırma ekibi benzinli bir motorda yaptığı araştırmalarda doğal gaz ile benzinin performansını karşılaştırmış ve deneyler sonunda doğal gaz kullanıldığında, karışımın enerji yoğunluğundan kaynaklanan %10,8 gibi bir

* İletişim yazarı

Bu yazı TMMOB Makina Mühendisleri Odası Bursa Şubesinde düzenlenen IX. Otomotiv ve Yan Sanayi Sempozyumu'nda bildiri olarak sunulmuştur.

güç düşmesi beklenirken %12 ile % 22 arasında bir düşme tespit etmiş olup güçteki bu aşırı düşmenin sebebi olarak volumetrik verim gösterilebilmektedir (Yahşi ve Ark.,1992).

DOĞAL GAZ VE BENZİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Benzine oranla daha çevreci bir yakıt olan doğal gaz yandığında parçacık üretmemektedir. Yanma ürünlerinde SO₂ oranı da diğer yakıtlara oranla son derece azdır. Ayrıca yanmanın iyi olması sebebiyle yanma ürünlerinde sadece çok az miktarda CO ve yanmamış hidrokarbonlar bulunmaktadır. Öte yandan doğal gazda bahsedilebilecek en önemli kirletici NO_x'lerdir (Yahşi ve Ark.,1992). Giriş kısmında bahsedilen araştırmalarda, doğal gazın benzin motorlarında kullanıldığında bir takım sorunlar yaşandığı ortaya çıkmıştır. Bu durum doğal gazın kimyasal yapısından kaynaklanmaktadır. Tablo 1'de benzin ve doğal gaza ait bazı büyüklüklerin karşılaştırması verilmiştir.

Tablo 1. Benzin ve Doğal Gazın Karşılaştırması (Kındıroğlu ve Ark.,1996).

Özellik	Benzin	Doğal Gaz
C/H oranı	0,556	0,25
Buharlaştırma Isısı (Mj/kg)	0,272	0,509
Laminer Alev Hızı (m/s)	0,37	0,37
Adyabatik Alev Sıcaklığı (°K)	2266	2227
Oktan Sayısı	91	130
Tutuşma Sınırı (HFK)	0,26-1,67	0,59-2,00
Kütleli H/Y Oranı	14,7	17,2
Hacimsel H/Y Oranı	45,79	9,53

SİSTEMDE ÖNERİLEN YAPISAL DEĞİŞİKLİKLER

Benzin motorlarında doğal gaz kullanımı ile ilgili yapılan araştırmalarda ortaya çıkan sorunların bir kısmı; benzine göre tasarlanmış olan bu motorlarda herhangi bir yapısal değişiklik yapmadan doğal gazın kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Otto sistemi ile çalışan benzin motorlarında mevcut konstrüksiyonda herhangi bir değişiklik yapmadan sadece sisteme bir gaz hava karbüratörü ve basınç düşürücü eklenerek motor doğal gazla çalışabilir hale getirilebiliyor olsa da bu durumun verimli çalışma anlamına getirilmemesi gerekmektedir. Özellikle benzin yakıtını kullanan karbüratörlü otto çevrimli motorlarda emme manifoldundaki yakıt buharlaşmaları nedeniyle ortamdan çekilen ısının, karbüratörün yakın ve uzak bölgelerindeki homojenliği bozması nedeniyle emme manifoldunda ısıtma gerçekleştirilmektedir. Doğal gaz yakıtı için emme

manifoldunda bu ısıtmaya bir gerek olmadığı gibi volumetrik verim açısından olumsuzluklara sahip olan doğal gazın aleyhine olan bu durumun devam etmesi halinde volumetrik verim kötüleşerek motor gücünde düşmeye neden olacaktır. Bunu önlemek için otto çevrimli motorlarda benzine göre tasarlanmış emme ve egzoz manifoldları birbirlerinden ayrılmalıdır.

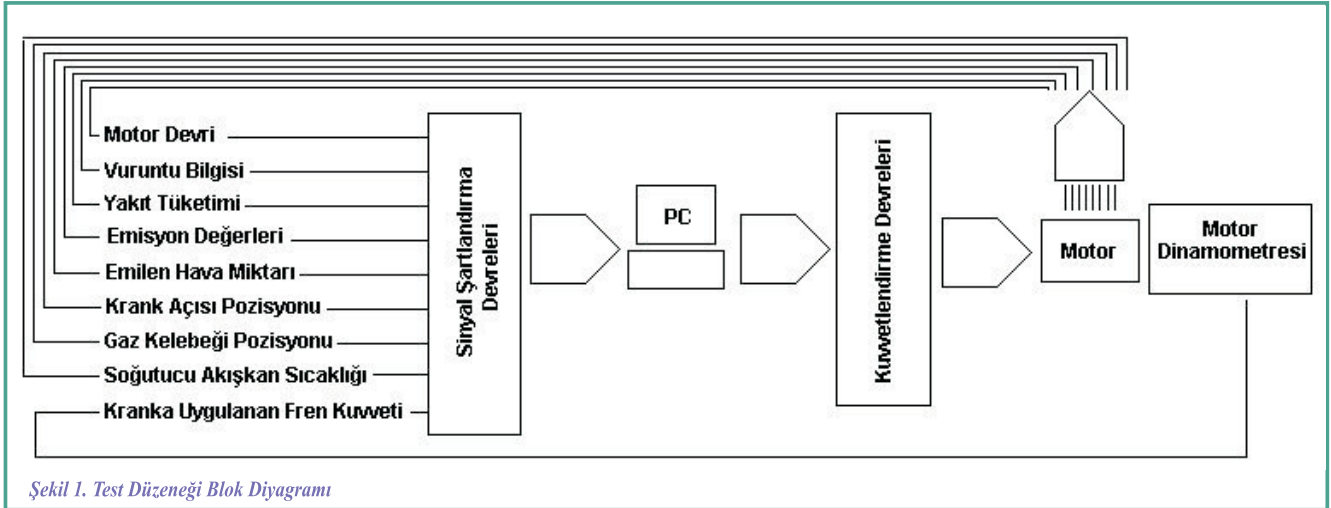
Gaz-hava karışımının H/Y oranı ile, benzin-hava karışımının H/Y oranları birbirinden farklıdır. Benzin motorlarında kullanılan karbüratörler çalışma şartlarına bağlı olarak bu H/Y oranını değiştirebilme yeteneklerine sahip iken, doğal gazlı makinelerde kullanılan gaz karbüratörleri bunu yapamamaktadırlar (Yahşi ve Ark.,1992). Özellikle rölanti ve tam yük konumlarında bu karbüratör gerekli zenginleşirmeyi sağlayamadığı için silindir içinde fakir karışımlar meydana gelmekte, bu ise gücün azalmasına sebep olmaktadır. Yine bu durum sonucunda, yanma sırasında alev hızı azalmakta böylece buji etrafında yanma simetrisi bozularak vuruntulu çalışmaya sebebiyet vermektedir. Bu konunun çözümü için yük durumuna uygun hava fazlalık katsayısını ortaya koyan sistemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Burada en kolay çözüm, hava-gaz karbüratörüne giren hava miktarını bir parça azaltmaktır. Ancak tam ve yeterli bir sonuç elde etmek için bu işlem yeterli değildir. Motorun yük durumunu baz alarak içeri giren hava girişini kontrol edecek bir mekanizmanın gereği daha verimli sistemler için kaçınılmazdır.

Doğal gazın oktan sayısının benzine oranla daha yüksek olması nedeniyle, vuruntu olmaksızın motorun sıkıştırma oranı artırılabilir. Bu işlem termik verimi iyileştirir. Böylece motor gücünde bir artışın sağlanması mümkün olur.

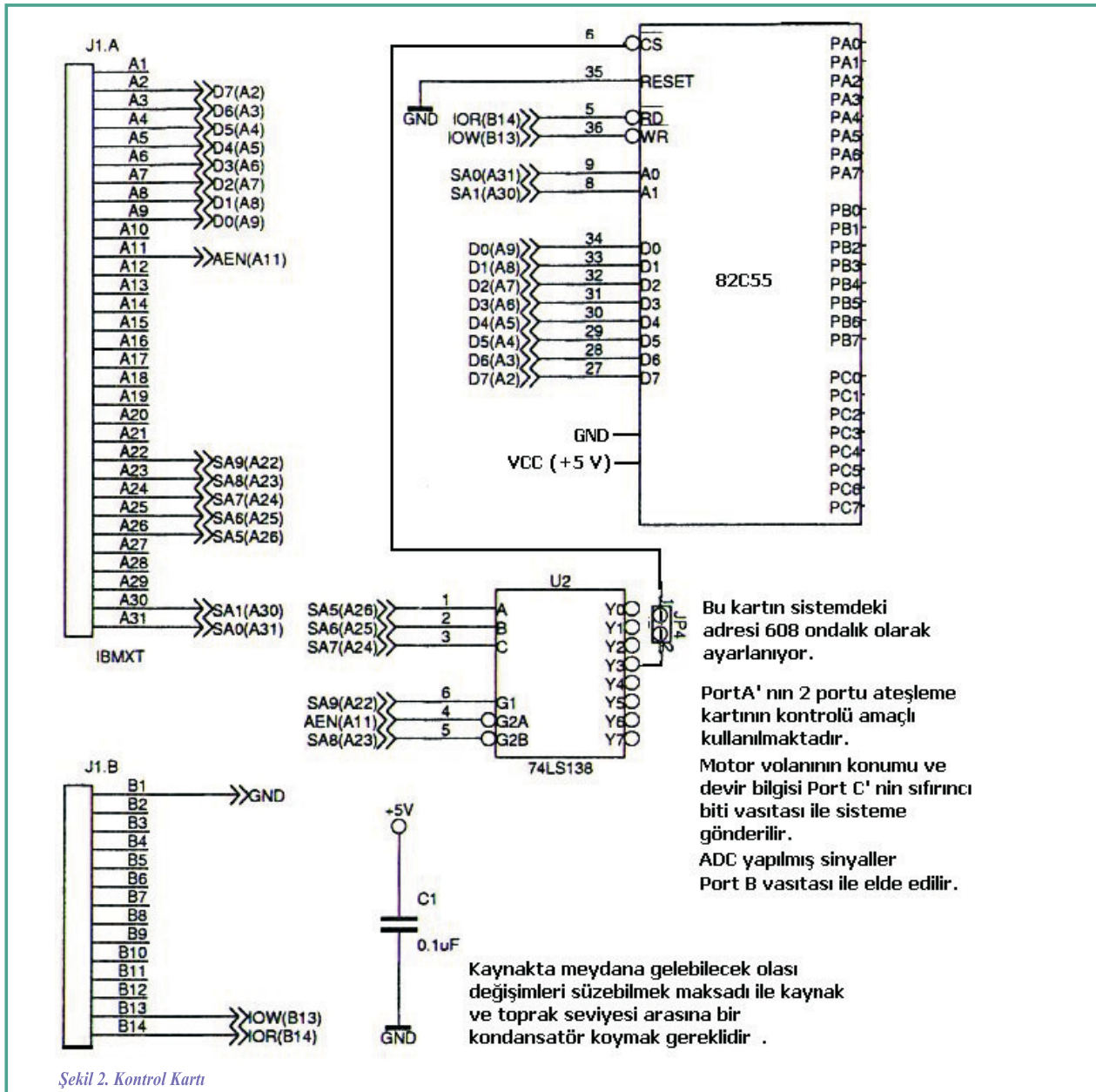
TEST DÜZENEGİ, OPTİMİZASYON VE PROGRAM ALGORİTMASI

Test Düzenegi

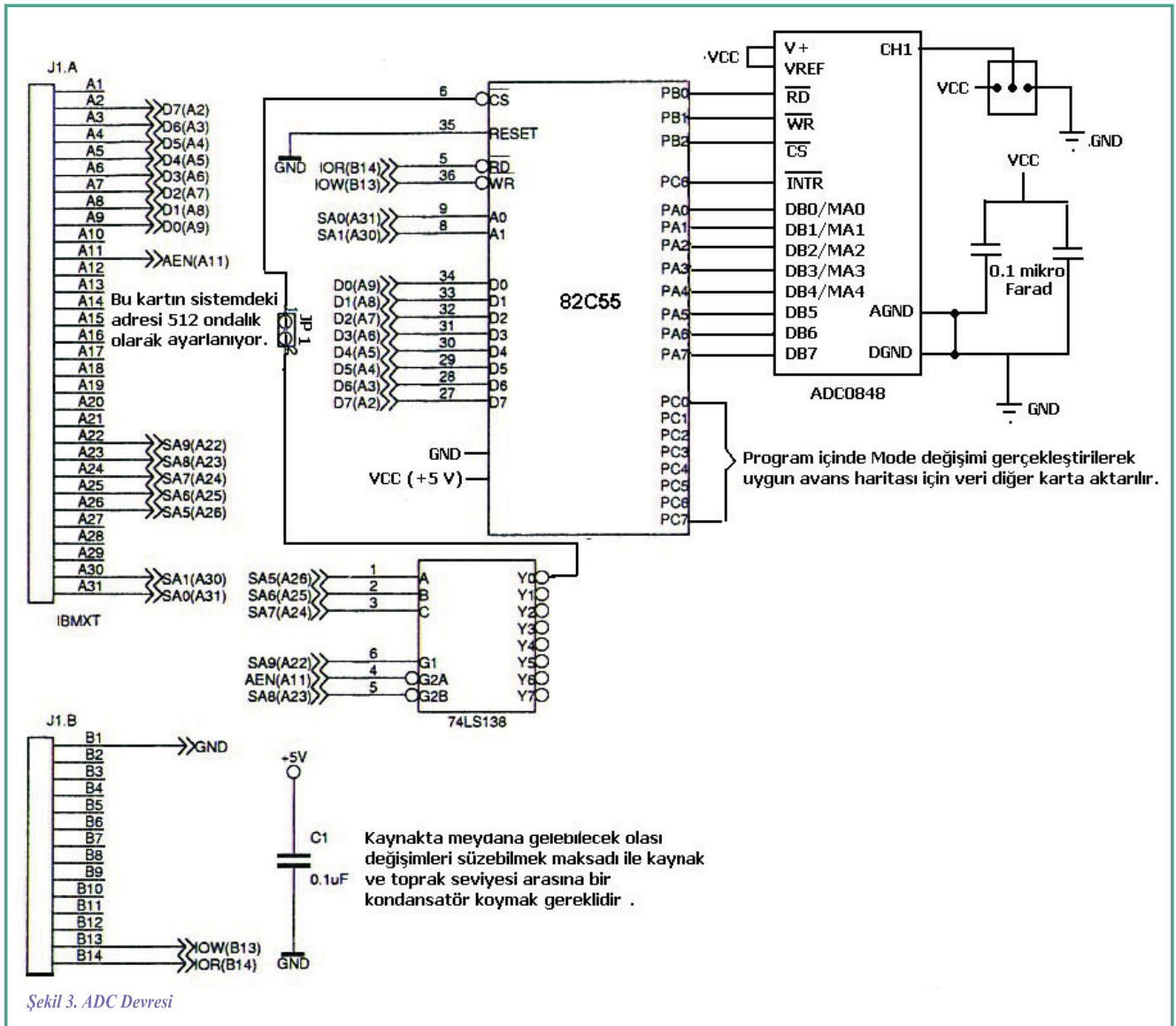
Şekil 1'de blok diyagramı verilen motor test düzenegi mekanik ve elektronik alt sistemlerden oluşmaktadır. Mekanik alt sistem elemanları olarak; Motor dinamometresi ve motor sayılabilirken, sinyal şartlandırma devreleri, bilgisayarın ISA veri yolu üzerinde çalışmak üzere tasarlanmış kontrol kartı ve sensörler sistemin elektronik alt sistemini oluşturmaktadır. Mekanik alt sistem elemanı olan motor dinamometresinin moment kolu uzunluğu 0,716 m' dir. Dönüşümü yapılan motor; 4 zamanlı ve 4 silindirli, su soğutmalı, 1581 cm³ toplam silindir hacmine sahip, 5500 d/ dak' da 92 Beygir güç üretebilen ve 3250 d/dak' da 12.6 kgm tork sağlayan bir motordur. Şekil 2'de verilen kontrol kartı sahip olduğu 82C55 entegre devresinin portları ile, programın ihtiyacı olan verileri



Şekil 1. Test Düzeneği Blok Diyagramı



Şekil 2. Kontrol Kartı



sensörlerden; gerektiğinde Şekil 3'te verilen analog sayısal dönüşüm (ADC) yapan devreler aracılığı ile, ADC işlemi gerekmediği takdirde Şekil 4' te verilen kuvvetlendirici devreler vasıtası ile elde ederken, programın ürettiği ateşleme sinyallerini portlarından çıkartarak Şekil 5' teki ateşleme devrelerini tetikler. Sistemde kullanılan sensörler; motor devri, krank milinin pozisyonu, motor vuruntusu, birim zamanda motorun tükettiği yakıt miktarı, birim zamanda emilen hava miktarı, egzoz emisyon değerleri, gaz keleşliği pozisyonu, soğutucu akışkan sıcaklığı ve motora motor dinamometresi tarafından uygulanan fren kuvveti bilgilerinin elde edilmesi amacıyla kullanılırlar.

Optimizasyon

Kısaca bileşenlerinden bahsedilen sistemde optimizasyon parametreleri olarak; efektif güç, döndürme momenti, efektif yakıt sarfiyatı, egzoz emisyonları, ateşleme zamanı ve H/Y

oranı alınmıştır. Elde edilen sensör verileri doğrultusunda matematiksel büyüklükler hesaplanmaktadır.

Efektif güç;

$$P_e (\text{Hp}) = \frac{F(\text{kg}) \times n(\text{d/dak.})}{1000} \quad (1)$$

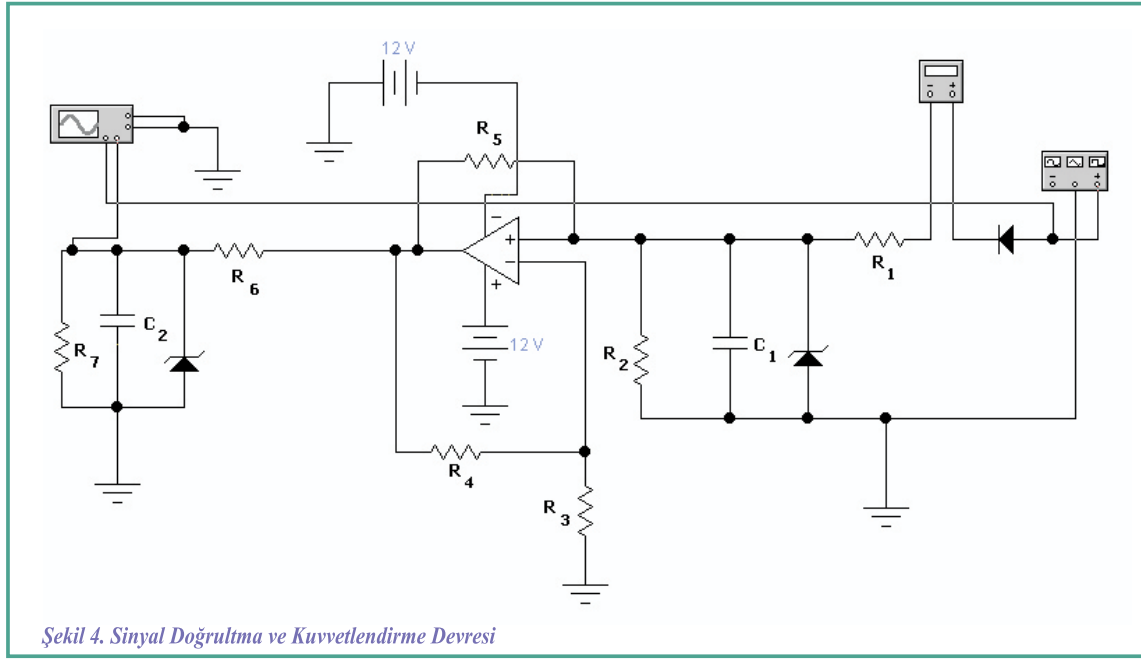
Döndürme momenti;

$$M_d (\text{Nm}) = F(\text{N}) \times l (\text{m}) \quad (2)$$

Efektif yakıt sarfiyatı ;

$$b_e \left(\frac{\text{g}}{\text{Hp.h}} \right) = \frac{3600 \cdot m_y (\text{g})}{P_e (\text{Hp})} \quad (3)$$

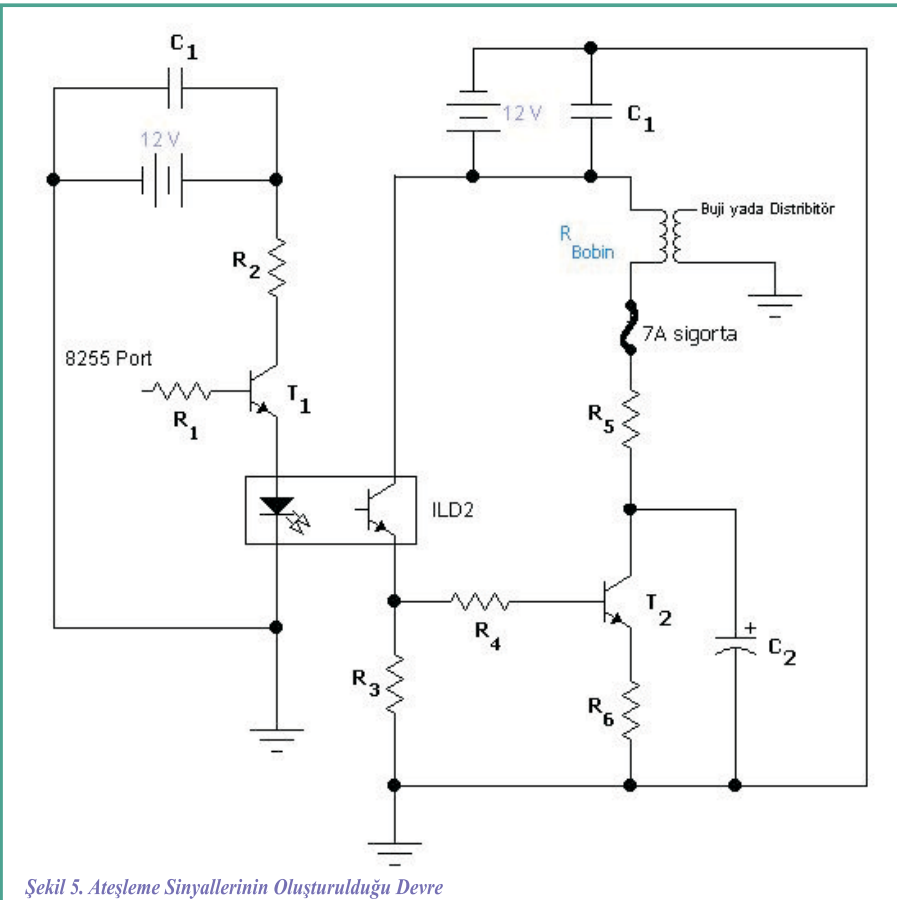
Optimizasyon adımları, yumurta eğrilerinin farklı yakıt tipine göre yeniden oluşturulmasında kullanılırlar. Bir motorun devri sabit tutulup, gaz keleşliğinin konumu değiştirilirse aynı b_e (efektif yakıt sarfiyatı) değerine 2 farklı p_{me} (ortalama efektif



Şekil 4. Sinyal Doğrultma ve Kuvvetlendirme Devresi

basınç) değeri ile ulaşılabilir. Bu deneyler farklı devir çizgilerinde tekrar edilirse minimum yakıt sarfiyatı oval bir şekilde kapanabilen sabit b_e eğrileri elde edilir. Ayrıca sabit gaz keleşliği konumunda farklı devir değerlerinde ortaya konan P_e (efektif güç) değerleri ile gaz keleşliğinin farklı konumlarında

farklı devirlerde bulunacak P_e değerleri aynı olabilirler. Böylece P_e 'nin değişken devir ve p_{me} değerlerinde sabit olduğu eğriler elde edilir. Sabit P_e ve sabit b_e eğrileri aynı grafik içinde p_{me} ve n (motor devri) eksenleri arasında birleştirilirse, bu eğriler motor performans eğrileri yani yumurta eğrileri adını alırlar.

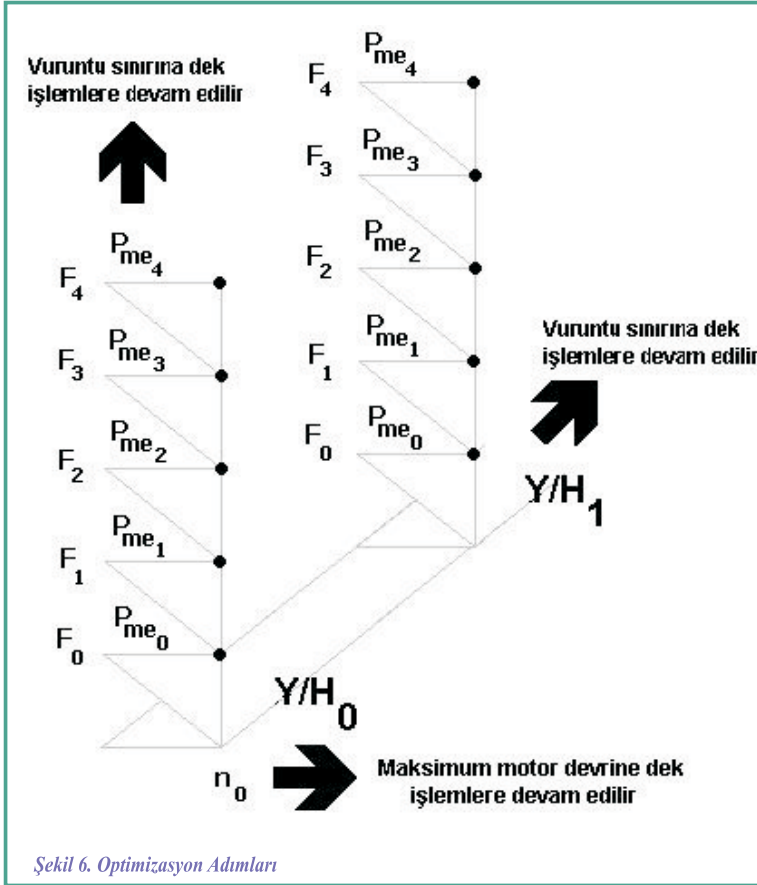


Şekil 5. Ateşleme Sinyallerinin Oluşturulduğu Devre

Benzin motorlarında belirli bir gaz keleşliği konumu için bulunan eğrilere seyir eğrileri adı verilir (Borat ve Ark.,1995) . Egzoz emisyon kriterleri çerçevesinde, farklı yakıt tipleri için bu eğriler yeniden oluşturulurken, ateşleme avanslarının yeniden düzenlenmesi ile optimum b_e , P_e , M_d değerleri ortaya çıkarılır.

Program Algoritması

Optimizasyonu gerçekleştirecek test düzeneğinin bir parçası olan Turbo C programına ilişkin algoritma Ek' te verilmiştir. Algoritma Şekil 6'da verilmekte olan optimizasyon adımlarını gerçekleştirebilecek yetenektedir. Program öncelikle motoru çalıştıracaktır. Motor sabit bir devirde çalışmaya başladığında, motor dinamometresi vasıtası ile motor krankına fren kuvveti uygulanır. Program bu konumda iken motora gaz vererek tekrar aynı devir çizgisine gelir. Gelinen bu noktada elde edilen , F (kg), m_y (g) ve n (d.l dak.)



değerleri doğrultusunda, b_e , P_e , M_d matematiksel büyüklükleri hesaplanır. Aynı nokta üzerinde bu üç değer ve emisyonların en iyi çıktığı avans değerine gelinceye dek ateşleme avansı değiştirilir. Bu işlemlerin sonucunda en uygun avans değeri ortaya çıkarıldığında o adım için optimizasyon bitmiş olur. Bu olaylar sabit devir ve sabit Y/H çizgisinde, vuruntu sınırına dek tekrar edilir. Sabit devir çizgisi üzerinde, sabit Y/H oranı için gerçekleştirilen işlemlerin sonrasında yine aynı devir çizgisi fakat farklı Y/H oranlarında yukarıda bahsedilen optimizasyon adımlarına, tespit edilen Y/H oranı vuruntuya sebep vermediği sürece devam edilir. Böylece sabit devir-farklı Y/H oranı değerleri için ve farklı devir çizgilerinde fakat bir önceki devir çizgisine ait Y/H oranı değerleri için farklı yakıt tipine ilişkin yumurta eğrileri elde edilirken aynı zamanda optimum avans değerleri de ortaya çıkarılmış olur. Elde edilen avans değerleri bir haritaya aktarıldığında 3 boyutlu bir grafik elde edilir. Özel durumlar hariç çıkarılmış olan avans haritasının, bu özel durumlar için yeniden düzenlenmesi gereği

vardır. Bu özel durumlar; emilen havanın sıcaklığı, motor sıcaklığı, soğukta ilk hareket, ısınma, rölantide çalışma, tam yükte çalışma, ivmelenme, yakıt kesme gibi çalışma şartlarıdır.

SONUÇ

Doğal gazın mevcut motor sisteminde bir değişiklik yapmadan kullanılması halinde avantajlarından faydalanılamamaktadır. Özellikle gaz yakıtların volumetrik verimlerinin kötü olması ve silindir içinde fakir karışımlarda çalışılması nedeniyle PV diyagramlarında üst ölü nokta civarında maksimum basınç noktalarına erişilememektedir. Bu ise verimli iş alanının azalmasına ve dolayısı ile güç kaybına, zararlı emisyonların artmasına ve yakıtın gerektiği gibi yakılamaması yüzünden yakıt tüketiminde bir artışa sebebiyet vermektedir.

Doğal gazın otto çevrimli motorlarda verimli bir şekilde kullanılabilmesi için; benzine göre tasarlanmış emme ve egzoz manifoldları birbirlerinden ayrılarak volumetrik verim iyileştirilirken, silindir içinde gerekli zenginleştirmeyi sağlayacak yakıt besleme sistemleri de geliştirilmelidir. Bu işlemlere ilave olarak; kirletici emisyonları, motorun optimum yakıt tüketimini, gücünü ve döndürme momentini baz alarak, doğal gaz yakıtı için yumurta eğrileri ve ateşleme avans haritaları yeniden oluşturulmalıdır. Bu eğri ve haritaların yeniden oluşturulması bir optimizasyon algoritması çerçevesinde çalışan motor test düzeneği ile mümkündür. Bu amaçla hazırlanan ve prototip çalışmaları süren test sistemi farklı yakıt tipleri için motorun performans optimizasyonunu gerçekleştirebilir.

KAYNAKÇA

1. Borat, O., Sürmen, A. , Balcı, M. , 1995, İçten Yanmalı Motorlar, Teknik Eğitim Vakfı Yayınları, Bursa.
2. Kındıroğlu, K., Demirsoy, M. , Kuralay, N. S. , 1996, Doğal Gazın Benzinli Motorlarda Kullanılması, Makina Magazin.
3. Yahşi, O.S., Eralp, O.C. , Bayka, D. , Albayrak, K. , 1992, Doğal Gaz ve Doğal Gazın Araçlarda Kullanımı, ODTÜ-PARMAŞ,

EK : ALGORİTMA

