

OKSİJEN SENSÖRÜ ARIZA İKAZ SİSTEMİ İÇİN DENEYSEL BİR ÇALIŞMA

Asım KÜLAH

Renault Eğitim Merkezi, İstanbul, TÜRKİYE

Sahir SALMAN, Can ÇINAR*

*Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Bölümü, 06500 Beşevler,
Ankara, TÜRKİYE, cancinar@gazi.edu.tr***ÖZET**

Closed loop sistemine göre çalışan elektronik enjeksiyonlu buji ile ateşlemeli motorlarda geri besleme geriliminin elde edildiği eleman olan oksijen (O₂) sensörünün arızalanması durumunda sürücüyü ikaz edecek bir sistem bulunmamaktadır. Bu nedenle sensör arızası durumunda elektronik kontrol ünitesi motoru open loop sistemine göre zengin bölgede çalıştıracak, bu durumda yakıt tüketimi ve egzoz emisyonları artacaktır. Bu çalışmada O₂ sensörü arızalı olan araç sürücüsünün ikaz edilmesi için gösterge tablosundaki ikaz lambasının yakılmasını sağlayan elektronik bir devrenin tasarımı ve imalatı yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Oksijen sensörü, yakıt tüketimi, egzoz emisyonları

AN EXPERIMENTAL STUDY ON AN OXYGEN SENSOR DEFECT WARNING SYSTEM**ABSTRACT**

There is not any system to warn the driver if any defect on oxygen (O₂) sensor which gives feedback voltage in electronic injected spark ignition engines working according to closed loop system. The electronic control unit lets the engine work at rich mixture region according to open loop system, if any defect on the O₂ sensor occurs. So at this condition fuel consumption and exhaust emissions are increased. In this study an electronic circuit has designed and manufactured to warn the driver via O₂ warning light mounted on board, in the case of any defect on the O₂ sensor.

Key Words: Oxygen sensor, fuel consumption, exhaust emissions

1. GİRİŞ

Egzoz gazları içerisinde bulunan ve zararlı olarak nitelenen karbon monoksit (CO), hidrokarbon (HC) ve azot oksit (NO_x) emisyonlarının en aza indirilmesi için birçok sistem geliştirilmiş olup, bunlardan en yaygın olarak kullanılanlar, katalitik konverterler, egzoz gaz resirkülasyonu (EGR) sistemi ve O₂ sensörü olarak sıralanabilmektedir. Ayrıca egzoz gazları ile ilgili uluslararası standartlar oluşturulmuştur. Bu çerçevede ele alınan EURO 96 emisyon değerleri;

$$\text{CO} = \% 0,3$$

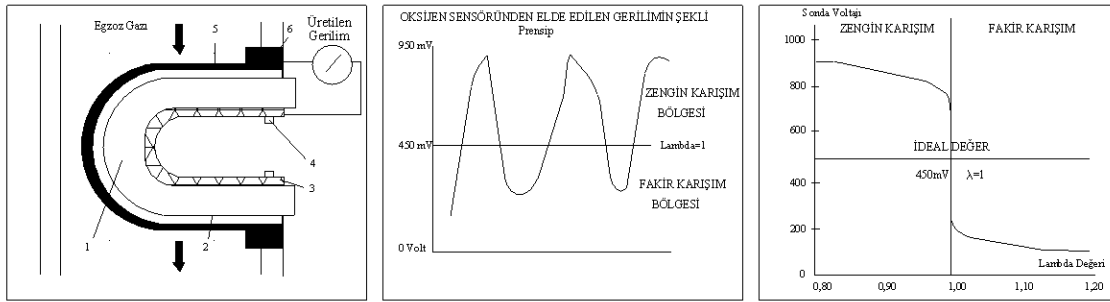
$$\text{CO}_2 = \% 14$$

$$\text{HC} = 100 \text{ ppm}$$

olarak tespit edilmiştir.

Bu kapsamda, devletlerin kontrol birimleri ellerindeki test cihazlarıyla araçların egzoz muayenesini yapmaktadır. Hali hazırda araçların egzoz gazı kontrol sistemlerinin arızalanması durumunda sürücüyü haberdar edecek bir sistem olmadığı için sürücü bunu fark edemeyecektir (1,2).

Egzoz gazı kontrol sistemlerinden en önemlilerinden biri olan O_2 sensörü motorun egzoz devresi üzerine (katalizör öncesi) yerleştirilmiş bir elemandır. Egzoz gazı içerisindeki oksijen ile ortam havasını karşılaştırır ve farka göre gerilim üreterek elektronik kontrol ünitesine (ECU) bildirir. Bir yüzeyi birbirine yapışmış, diğer yüzeyleri ise hava ve egzoz gazı ortamlarında bulunan elektrotlar gerilim üretirler. Yüzeylerin içinde bulunduğu ortam farkı üretilen gerilimi yükseltir. Gözenekli bir şekilde olan seramik içerisine yerleştirilen elektrot yüzeyi ince platin tabakası ile kaplanmıştır (Şekil 1). Gözenek büyüklükleri sıcaklığa bağlıdır. Sensör ısınınca ($250-300^\circ\text{C}$) yüzeydeki kaplama maddesi olan seramik gözenekleri büyür. Egzozda iyonlaşan gazlar büyüyen gözeneklerden geçerek platinyum kaplı elektrot ile temas ederler (3). Sensör elektrotlarından biri egzoz gazı içinde bulunurken diğer elektrot dış hava ortamında bulunmaktadır. Elektrotların birer yüzeyleri de birbiri ile temas ettiği için $0-950 \text{ mV}$ arasında değişen gerilim üretirler (4).



1. Platinyum kaplı tabaka 2. Egzoz gazı elektrodu 3. Dış hava elektrodu 4. Sensör voltaj çıkışı
5. Gözenekli seramik 6. Sensör voltaj çıkışı

Şekil 1. Oksijen sensörü ve çıkış gerilimi

ECU kartografisinde, yakıt/hava oranı $1/14,7$ olduğu anda ($\lambda = 1$ iken) O_2 sensörünün ürettiği referans gerilim (450 mV) kayıtlıdır. Üretilen gerilim referans değer üzerinde ise ($450-950 \text{ mV}$ arasında) karışım zengin, referans değer altında ($0-450 \text{ mV}$) ise karışım fakir şeklinde algılanır ve Şekil 1'de görüldüğü gibi ECU karışım durumunu dengeye getirmek için enjeksiyon sürelerini değiştirerek üretilen gerilimin ortalama değerinin 450 mV olması için sürekli olarak karışım düzenlemesi yapar. Şekil 2'de sensörün kapalı devre çalışmasında görüldüğü gibi üretilen gerilim egzoz gazına bağlı olduğu için gerilim düşük ise karışım fakirdir. Bu durumda enjektörlerin açık kalma süresi artırılarak zenginlik değeri yükseltilir. Zenginleştirilen karışım egzozdan atılırsa, egzoz gazı içindeki O_2 miktarı azalacak ve sensörün ürettiği gerilim yükselecektir. ECU karışımın zengin olduğunu algılayıp, enjeksiyon süresini azaltarak zenginlik değerini düşürecek. Bu karışım yandıktan zaman sensörün üreteceği gerilimin düşmesi sonucu ECU karışımın fakir olduğunu algılayıp, gerekli düzeltmeyi tekrar yapacaktır. Bu çalışma closed loop sistemi olarak adlandırılmaktadır (5). Motor devrine bağlı olarak $0,5-1,5$ saniye arasında değişen zaman birimlerinde ECU ile O_2 sensörü arasında bilgi sürekliliği devam eder.

motor ise zengin bölgede çalıştırılacaktır (XR 25 motor test cihazı ile yapılan ölçümlerde, normal şartlarda 2500 d/d ile çalışan bir motorun O₂ sensöründen elde edilen gerilimin değeri 50-950 mV arasında olup, frekansının ise 2 Hz civarında olduğu ölçülmüştür). Oksijen sensörü arızası nedeni ile motorun zengin bölgede çalışarak oluşturacağı olumsuzlukların önüne geçebilmek amacı ile devre hazırlanmıştır.

2.1. Elektronik Devrenin Üniteleri

Aracın aküsü 12 V, alternatör çıkış gerilimi ise 14,4 V ölçülmüş ve besleme ünitesi bu değerlere göre planlanmıştır. Kullanılan Operasyon Amplifikatör (O/A) 741 çalışma gerilimini temin edebilmek için bir multivibratör devresi oluşturulmuş, çıkış frekansı ise;

tw : Alternans periyodu (s) F : Multivibratör frekansı (Hz)

$$tw = R_{20} \cdot C_5 \cdot \ln 2 = 0.00325 \text{ s} \quad F = \frac{1}{2tw} \quad F = 153 \text{ Hz}$$

olarak bulunmuştur.

Multivibratör çıkışında tamamı pozitif bölgede olan kare dalga C7 kondansatörü ile kaydırılarak pozitif ve negatif bölgeleri olan kare dalga haline getirilmiştir. D6 diyodu ile (+) kare dalgalar şaseye verilmiş (-) dalgalar ise C8 kondansatörü desteği ile 8V olacak şekilde (-) besleme sağlanmıştır. (+) 7,5V pozitif besleme elde etmek için gerilim bölücü bir devre oluşturulmuş ve IC devreleri bu gerilim ile beslenmiştir.

Yükseltme devresinde kullanılan IC 1 için kazanç: $G = 1 + (R4/R3) = 5,85$ olarak bulunmuştur. Sensörden normal şartlarda gelecek olan 50-950 mV arasında değişen gerilim değeri 5,85 kat yükseltilecek devrede oluşacak gerilim düşümlerinden etkilenmeden devrenin çalışması düşünülmüş ve bu kazanç yeterli olarak kabul edilmiştir.

Yükseltilemiş sensör gerilimi C2 kondansatörü üzerinden geçtikten sonra tepe değerleri 0-5,5 V arasında değişen ve negatif/pozitif bölgeleri olan bir hale gelmiştir. (-) dalgalar D1 diyodu ile şasiye verilmiş olup, (+) dalgalar ile şarj olan C3 kondansatör gerilimi ilk karşılaşma devresi IC 2 (-) girişine verilmiştir. Karşılaştırma gerilimi 0,48 V olarak bulunmuş olup, IC 2 girişi 0,48 voltun altına düştüğünde IC 2 çıkışı yaklaşık 7,5 V olmaktadır. Bu durumun oluşması için sensör devresinin kopuk veya sensör gerilimi genlik değerlerinin 350-600 mV arasında olması gerekir. Bu durumda, ECU sensör gerilimini şasiye verir ve IC 1 girişi şase olmaktadır. Normal şartlarda (-) çıkışa sahip olan ilk karşılaştırma devresinin çıkışı (+) olunca C4 kondansatörü şarj olmaya başlar. Arıza durumu meydana gelmiş ve araç sürücüsünün ikaz edilmesi aşamasına gelinmiştir. Şarj gerilimi D3 diyot çıkışı 6,5 V olarak ölçülmüş olup, ikinci karşılaştırma devresi gerilimi 5,1 V olarak kabul edilmiştir. 120 s sonra kondansatör geriliminin 5,3 V olduğu ölçülmüştür. Şarj geriliminin hesaplanmasında

$V_{c4} = C4$ kondansatörü şarj gerilimi (V)

Kabuller

$V_a = D3$ Diyot çıkışındaki gerilim 6,5 (V)

IC2 Karşılaştırma gerilimi 0,48 V

$R_9 = R/C$ devre direnci 680 Kiloohm (?)

IC3 Karşılaştırma gerilimi 5,1 V

t = Şarj süresi 120 saniye (s)

$$V_{c4} = V_a - (1 - e) \Rightarrow 6,5(1 - 2,72) = 5,3V$$

değerleri kullanılmıştır.

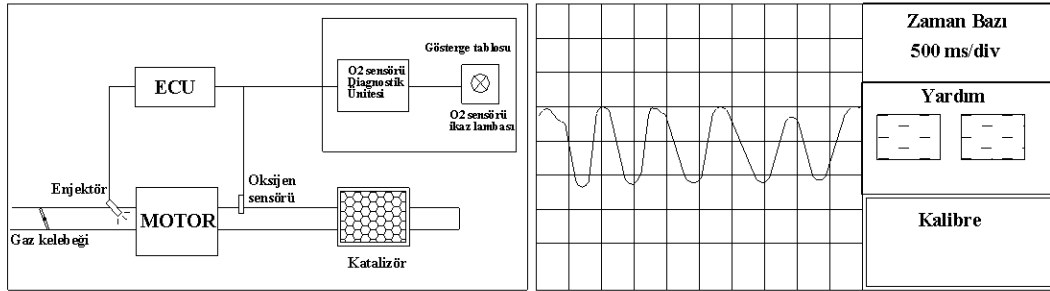
Normal şartlarda 8 V çıkışa sahip olan IC 3 ün girişindeki C4 kondansatör şarjı 5,1 voltun üzerine çıkınca, IC 3 çıkışı 7,5 V olup gösterge tablosunda bulunan ikaz lambası transistörünü sürecektir ve lamba yanacaktır. C4 kondansatörünün şarj olma süresi 120 s olarak tespit edilmiş ve bu gecikme zamanının gerekliliği ise aşağıda açıklanmıştır.

1. Motor ilk çalıştırıldığında ihtiyaç duyulan zengin karışım süresi ve sensör ısınması için gerekli 30-60 s'lik sürede,
2. Araç seyir halinde iken her hangi bir nedenle O₂ sensör çıkışındaki geçici arıza olarak nitelenen soket temassızlığında,
3. Sensör çıkışının ECU tarafından dikkate alınmayarak motorun çalıştırıldığı durumlarda.

Elektronik devrede ayrıca bir de durum kontrol ünitesi bulunmaktadır. Kontak açıldığı zaman gösterge tablosundaki tüm ikaz lambaları yanar, araç çalıştırılınca söner. Bu yaklaşım ile λ sensör ikazı yağ basınç kontağı devresine bağlanmıştır. Kontak açık iken yağ basınç kontağı üzerinden (-) alan T2 transistörü, T1 transistörünü sürer ve ikaz lambası yanar. Yine yağ basınç kontağı üzerinden (-) alan T3 transistörü, T4 transistörünü sürer ve C 4 kondansatörünü deşarj eder. Motor çalışınca yağ basıncı yükselecek, devredeki kontak açılacak ve gösterge tablosundaki yağ lambası sönecektir. Aynı anda (-) bilgisi alamayan T2 ve T3 transistörleri kesime gidecek T1 transistörünün beyz akımı da kesileceği için O₂ sensör lamba devresi de, gösterge tablosundaki diğer ikaz lambaları gibi normal olarak sönecektir.

3. ELEKTRONİK DEVRENİN TEST EDİLMESİ

Elektronik ikaz şeması (EK) üzerinde A olarak gösterilen noktada ölçümler yapılmış ve ölçülen gerilimin osiloskop çıkışı Şekil 3'de verilmiştir. Elde edilen gerilim, motora giden karışımın zenginlik değerine göre devamlı olarak değişmektedir. Çizelge 1'de değerleri verilen araca ait oksijen sensörünün gerilim değerlerinin 100-800 mV arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Bu gerilim değeri yükseltilmiş ve B noktasında yapılan ölçümlerde gerilim değerinin 0,6-4,7 V arasında değiştiği görülmüştür.



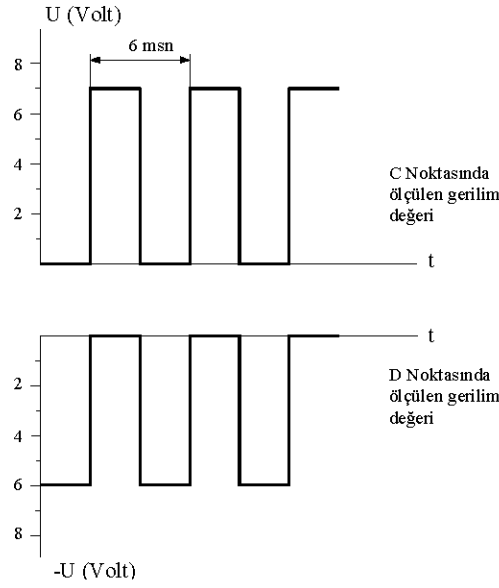
Şekil 3. O₂ sensörü diagnostik ünitesinin motor çalışma prensibi üzerinde gösterilişi ve Optima 5800 test cihazı ile elde edilen O₂ sensör çıkış gerilim değişimi

Çizelge 1. Test aracına ait karakteristik değerler

Motor Cinsi	F3R
Toplam Silindir Hacmi	1998 cm ³
Sıkıştırma Oranı	9,8/1
Maksimum Güç	83,5 kW (5400 d/d' da)
Maksimum Moment	168 Nm (4250 d/d' da)
Motor Tipi	Sıra tipi

Opamp besleme devresinin bir parçası olan multivibratör ünitesinin C noktasında yapılan ölçümlerde Şekil 4'de görüldüğü gibi elde edilen gerilimin tepe değeri 7 V olup , frekansı ise 166 Hz olarak ölçülmüştür. Besleme devresinde ihtiyaç duyulan (-) beslemeyi temin etmek için hazırlanan bu devrede C7 kondansatörünün çıkışında (+/-) bölgede yer alan multivibratör çıkışının (+) özelliğe sahip olan kare dalgalar şaseye verilmiş sadece (-) dalgalardan oluşan bir gerilim haline gelmiştir. D

noktası olarak tanımlanan bu bölgedeki gerilimin tepe değeri ise 6 V olarak ölçülmüştür.



Şekil 4. O₂ sensör diagnostiği elektronik devresi C ve D noktalarında ölçülen gerilim

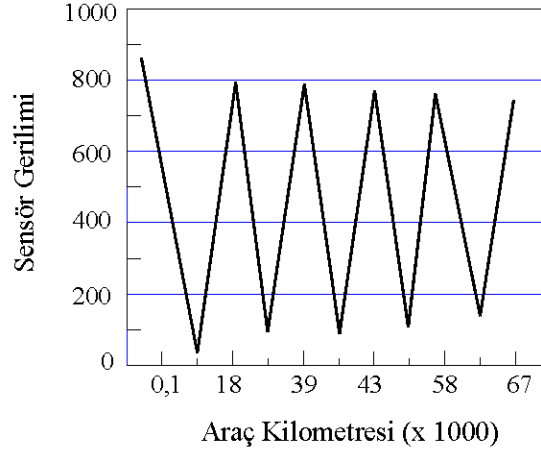
Çizelge 2. Araçlar üzerinde yapılan sensör ölçümleri

Araç No	Motor Tipi	Kilometre	Ortam Hava	Motor Suyu	Motor Devri	Min. (mV)	Maks. (mV)
1	1,6 L / 8V	110	28 °C	87 °C	2500 d/d	53	870
2	1,2 L / 8V	18135				62	786
3	2,0 L / 8V	39419				120	780
4	1,4 L / 8V	43127				129	773
5	1,6 L / 16V	58533				135	761
6	2,0 L / 16 V	67758				139	754

Çizelge 2'deki ölçüm değerlerine göre oluşturulan Şekil 5'deki sonuçlar incelendiğinde, araç kilometresi yükseldiğinde sensör geriliminin genliğinin düştüğü görülmektedir. Egzoz gazları içerisindeki partiküllerin sensör yüzeyini kaplaması sonucu sensör hassasiyeti azalmakta ve çıkış geriliminde genlik daralması görülmektedir. Bu istenmeyen durumun daha önceki kilometrelerde olabilmesi, aracın kullanım şartlarına bağlıdır. Çünkü aracın zengin karışım şartlarında kullanım süresi arttıkça, sensör yüzey kirlenmesi de erken kilometrelerde oluşacaktır. Bu şartlara bazı örnekler verilirse;

- * Soğutma suyu sıcaklığı yükselmeden aracın kullanılması,
- * Sensör ısınma süresi beklenmeden aracın kullanılması,
- * Aşırı kirlenmiş hava filtresi ile aracın kullanılması,
- * Deforme olmuş bujiler veya ateşleme problemleri ile aracın kullanılması,
- * Ani gaz pedal hareketleri olacak şekilde aracın agresif kullanılması,
- * Aracın zengin çalışmasına sebep olabilecek enjektör sızdırması, basınç regülatörü arızası ve benzeri istenmeyen durumlardır.

Bu şartlarda araçların kullanılması yakıt tüketimini arttırdığı gibi, sensör ve katalizör yıpranmasına da sebep olmaktadır. Çünkü yanmamış halde atılan egzoz gazlarının içerisinde bulunan partiküller, sensör yüzeyini daha kolay kaplayabilmektedir. Böylece araç kilometresi arttıkça sensör geriliminin genliği daralmakta ve 350-600 mV arasında kaldığı zaman da ECU tarafından arıza olarak algılanmaktadır. Çünkü karışım fakir iken oksijen depolayan ve karışım zenginleştiği zaman bu oksijeni kullanarak atılacak gazların kimyasal reaksiyonu gerçekleştiren katalizör bu görevini yapamamaktadır.



Şekil 5. Oksijen sensör gerilimi ile araç kilometresi ilişkisi

Sensör çıkış geriliminin genliği daralırsa ECU gerekli düzeltmeyi yapamayacaktır. Halbuki zenginlik alt ve üst sınırlarının geniş tutulmasının sebebi, katalitik konvertlerin fakir karışımda oksijen stoku yapabilmesi ve zengin karışım anında kullanması amacıyla. Bir an için diğer parametreler hariç tutulursa, karışım düzenlemesine etki eden oksijen sensörünün çıkışı sabit olursa ECU emme manifoldundaki karışımı sabit tutacak, normal çalışmadaki gibi egzozdan atılan gazların bir zengin bir fakir olma durumu gerçekleşmeyecek ve katalizörde gerekli oksijen stoku yapılamadığı için indirgenmesi gereken zararlı gazlara müdahale edilemeyecektir. $\lambda=1$ olduğu anda 450 mV çıkış gerilimine eşdeğer kabul edilirse, bu durumda bile egzoz gazları içerisinde yok edilmesi gereken zararlı gazlar mevcuttur. Bunları yok edemeyen katalizör ise, egzoz gazlarının çıkışına engel olan bir tıkaç konumunda kalacaktır. Oksijen sensör çıkışının sabit 450 mV olması katalizör çalışması için istenen bir durum değildir. Bu nedenle sabit 450 mV çıkış gerilimi yerine (0-900 mV arasında değişen) ve ortalaması 450 mV olan bir çıkış gerilimi tercih edilmektedir. Bu durumda amacına uygun gerilim üretmeyen sensörün çıkışı ECU tarafından sıfır kabul edilecek ve kartografideki çalışma şartları geçerli olacaktır. Bu şartlar ise normal çalışmaya göre daha zenginleştirilmiş bir haldedir. Yine aynı şekilde sensör çıkış hattında kopma veya gövdeye kaçak olması durumunda, ECU kartografik bilgiyi dikkate alacak ve araç open loop sistemine göre zengin çalışacaktır.

Bu nedenle zengin çalışma şartlarına bağlı olarak meydana gelen yıpranmaları önlemek için hazırlanan elektronik devre sürücülere faydalı bir hizmet sunmaktadır.

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Buji ile ateşlemeli motorlarda yakıt ekonomisi, verimin yükseltilmesi, performansın artırılması veya içinde bulunduğu ortama göre çalışma stratejisini düzenlemesi, enjeksiyon sistemlerinin tercih edilmesinde en büyük etkenlerdir. Bu hususların yerine getirilmesinde parametre bilgilerini ileten sensörlerin çok büyük etkisi vardır. Bu sensörlerin en önemlilerinden birisi de O_2 sensörüdür. Bu sensörün arızalanması durumunda yakıt sarfiyatı artacak ve araç başına maliyeti yaklaşık 500 USD olan katalizör ömrü azalacaktır. Bu çalışmada O_2 sensörü arızalarının sürücüye bildirilmesi için, gösterge tablosuna konulacak bir ikaz lambasına kumanda edecek elektronik bir devre oluşturulmuştur. Devrenin çalışması, devamlı olarak değişim halinde bulunan sensör geriliminin yükseltilmesi ve

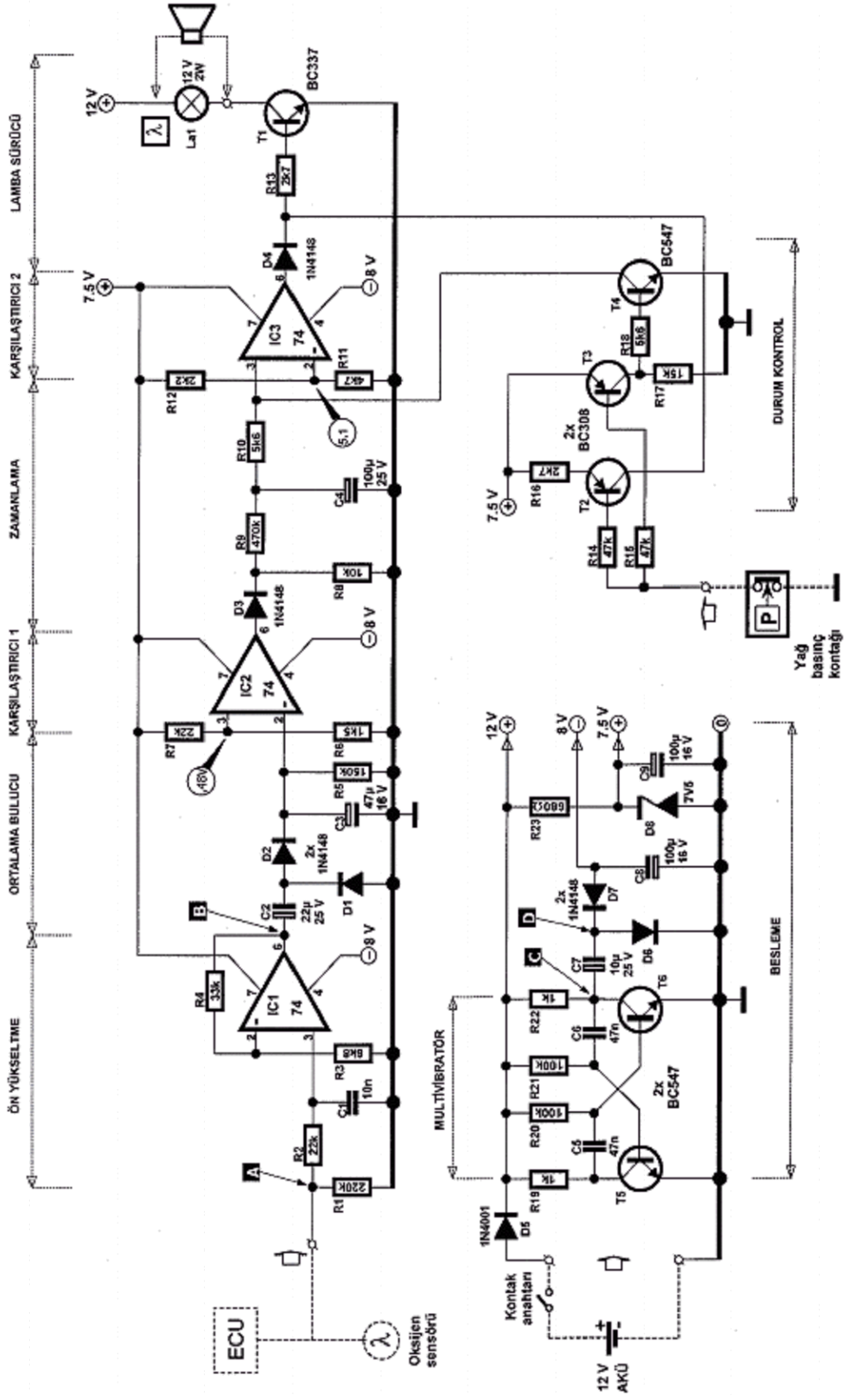
elektronik devre için kabul edilen referans gerilim ile karşılaştırılması metoduna dayanmaktadır. Bu ünitenin seri üretim aşamasında araca montajı ile hem yakıt ekonomisi hem de egzoz emisyonlarının azaltılması için önemli bir adım atılmış olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Tiffée, I., Hardtl, K. H., Menesklou, W. and Riegel, J., "Principles of Solid State Oxygen Sensors for Lean Combustion Gas Control", *Electrochimica Acta*, 2-6 (2001).
2. Riegel, J., Hotzel, G. and Neumann, H., "Advanced Electrochemical Exhaust Gas Sensors for Automotive Application", *Proc. 44th Meeting of International Society of Electrochemistry*, Berlin, September, 5-10 (1993).
3. Anonim, "Automotive Handbook", *Robert Bosch GmbH*, 2nd Edition 1-5 (1987).
4. Külah, M. A., "Motorlu Taşıtlarda Elektronik Kontrollü Üniteler ve Seyir (Cruise) Kontrol Sistemleri", Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 39-42 (1999).
5. Anonim, "Automotive Electric/Electronic Systems", *Robert Bosch GmbH*, Stuttgart Automotive Equipment Sector, 20-40 (1995).
6. Anonim, "Siemens/Fenix 5 Electronic Injection System Technical Notes", 10-50 (1996).
7. Borat, O., Balcı, M., Sürmen, A., "Hava Kirlenmesi ve Kontrol Tekniği", *Teknik Eğitim Vakfı Yayınları*, İstanbul/Ankara/Bursa, 83-85 (1994).

Geliş Tarihi:23.01.2002

Kabul Tarihi:11.04.2003



EK. Oksijen sensörü diagnostiği için elektronik ikaz şeması

