

Kuru Tip Hava Filtreleri için Mikrodenetleyici Kontrollü Tıkanıklık Gösterge Devresi Tasarımı ve Bir Taşıt Üzerinde Uygulanması

Bülent UZUN*, Fatih ŞAHİN**, Atilla KOCA**, M. Sahir SALMAN**

*Motor Bölümü, Tavşanlı Endüstri Meslek Lisesi,
Tavşanlı, KÜTAHYA

** Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü,
06500 Teknikokullar, ANKARA

ÖZET

Bu çalışmada, bir mikrodenetleyici (PIC) tarafından kontrol edilen iki basınç sensörü yardımıyla filtre tıkanıklığını tespit eden elektronik bir devre tasarlanmıştır. Ayrıca hava filtresi yüzey alanının etkinliğinin filtre çıkış basıncına, motorun hava tüketimine, volümetrik verime ve turbo basıncına etkileri incelenmiştir. Yapılan deneyde filtre kapalı yüzey alanı (FKYA) her motor devri için belli aralıklarla arttırıldığında hava tüketiminin azaldığı görülmüştür. 4000 min⁻¹'de filtre kapalı yüzey alanı %40 olduğunda, cihazın göstergesindeki sarı ışığı, FKYA %70 olduğunda ise kırmızı ışığı yakmaktadır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda; hava filtresi tıkanıklığı arttıkça hava tüketiminin azaldığı, manifold basıncı, turbo kompresör çıkış basıncı ve volümetrik verimin azaldığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Hava Filtresi, Mikrodenetleyici, Filtre Tıkanıklık Göstergesi, Hava Debisi, Volümetrik Verim

Design of Microcontroller Controlled Congestion Indicator Circuit For Dry Air Filters and Application on a Vehicle

ABSTRACT

In this study, a circuit which determines the congestion of the filter by means of two pressure sensors controlled with a microcontroller (PIC) is designed. Beside these, the effects of air filter surface area on filter exit pressure, the air flow of the engine, volumetric efficiency and turbo pressure are investigated and the results of experiment are given with graphics. In this experience, it is seemed that; air consumption became less when closed surface area increased each engine speed. At 4000 min⁻¹ engine speed, yellow light in indicator of apparatus turns on when closed surface area of filter is %40 also the red light turns on when closed surface area of filter is %70. According to obtained output; it is seemed that when the stopping up of air filter increased, the air consumption, manifold pressure, out pressure of turbo compressor and volumetric efficiency increased.

Key words: Air Filters, Microcontroller, Congestion Indicator of Filter, Air Flow, Volumetric Efficiency

1. GİRİŞ

Hava kirlenmesi, insan, bitki, hayvan ve madde üzerine zarar verebilen veya rahat yaşama biçimini ve maddeyi aşırı derecede etkileyen kum, toz, kurum, duman, sis, buhar, gaz ve koku gibi bileşenlerin miktar ve süre olarak çevre atmosferindeki mevcudiyeti olarak tanımlanmaktadır. Çevre, içten yanmalı motorlardan kaynaklanan CO, CO₂, SO₂, NO_x gibi emisyonlarla da sürekli olarak kirlenmektedir. Bu emisyonların azaltılmasında hava filtreleri son derece önemli görevler üstlenmektedir. Hava filtrelerinin ana görevi motorda aşınmalara neden olan kirleticileri temizlemektir. Aşınma, sürtünmeli olarak çalışan parçaların yüzeylerinden malzeme koparılması olarak tanımlanmaktadır. Aşınma, egzoz emisyonlarının ve bakım maliyetlerinin

artmasına, motor performansının azalmasına neden olmaktadır (1).

Normal düzeyde kabul edilmeyen motor aşınıtlarına hava filtrelerinin verimsiz çalışması katkıda bulunmaktadır. Bunlara ek olarak, yüksek filtre etkinliği motor aşınıtlarını, emisyonları azaltmakta, motor ömrünü arttırmaktadır (2). Motorların hava filtresi tasarımında maksimum hava tüketimi göz önüne alınmaktadır (3).

Motor parçalarındaki aşınma miktarına ve filtre tıkanıklığına etki eden önemli bir faktör de partiküllerin ölçüsüdür. Ayrıca partikül büyüklükleri, motordaki aşınmaları analiz edebilmek için de önemlidir (4-8). Güncel test prosedürleri hava filtrelerinin temizledikleri toz partiküllerinin büyüklük dağılımları ile ilgili hiçbir bilgi içermemektedir.

Partikül büyüklüğünün motor aşıntısı üzerindeki etkisi oldukça önemlidir. Ancak en fazla hangi partikül ölçüsünün aşındırma bakımından motora zarar verdiği konusu ise açık değildir. Motor üzerinde farklı parçalar farklı çalışma boşluklarına sahiptir. Dinamik çalışma boşlukları genelde 0–20 µm büyüklükleri arasında olmaktadır (5,7).

Motor içindeki parçaların aşınmasını önlemek ve ömrünü uzatmak için, mükemmel bir filtrelemeye ihtiyaç duyulur. Hava filtrelerine ihtiyaç duyulan diğer yerler kirli endüstri bölgeleri ve geliştirilmiş elektronik aygıtların bulunduğu kısımlardır (3).

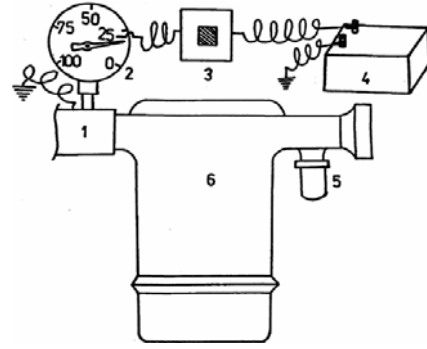
Filtrelerin verimli ve etkili olabilmeleri, özelliklerinin ve karakteristiklerinin iyi bilinmesine bağlıdır. Hava filtreleri yaygın olarak otomobillerde kullanılmaktadır. Kalitedeki iyileşmeye paralel olarak üretimde de sürekli bir artış olmaktadır. Bu geniş çaplı üretim ve kullanımı devam ettirmeye yönelik bir adım olarak filtre ölçüleri 1960'lı yıllarda standartlaştırılmıştır.

Ölçüleri 0,1 ile 20 mikron olan partiküller hava içerisinde taşınmaktadır (9). 5 mikrona kadar olan partiküller doğal yapışma ile 5–20 mikron ölçülü partiküller çökeltme ile tutulur.

Büyük partikülleri toz, egzoz kurumları, lifli malzemeler, sıvı partikülleri ise yağmur, nem, sis, teşkil eder. En büyük kirletici olan tozun yoğunluğu giriş yeri ve yerel ortamla değişir. Yere yakın olan yerde tozun yoğunluğu en fazladır. Bu özellik yerden 20 metre yüksekliğe kadar devam eder (9).

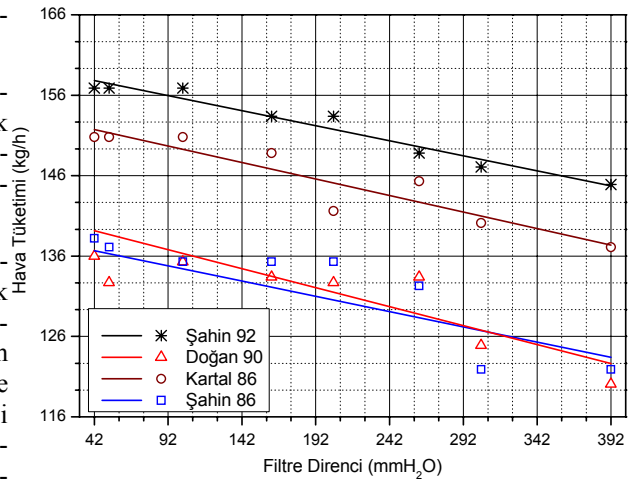
Hava filtreleri, hava akışı içindeki yabancı maddelerden ve kirlenmelerden motor parçalarını korumak için gereklidir. Otomobil motorlarının hava filtresi tasarımında maksimum hava tüketimi göz önüne alınmaktadır.

Yıldız E., tarafından yapılan çalışmada traktörlerde hava filtresi kirliliği ve filtre kirliliğinin otomatik kontrolü üzerine yapılan araştırmada; yağ banyolu filtrelerin kirliliğinin belirlenmesi için iki ayrı yöntem kullanılmıştır. Birinci yöntemde filtre kirlendiğinde emme manifoldunda meydana gelen vakum değişimini algılayan bir vakummetre kullanılmıştır. Şekil 1'de vakum esaslı çalışan kirlilik göstergesi gösterilmiştir. Diğer yöntemde ise bir ışık kaynağı ile foto dirençten oluşan bir devre kullanılmıştır. Bu devre filtre içerisindeki yağın kirlenmesi ile ışık geçirgenliğinin azalması esasına göre çalışan otomatik bir algılama düzeneğidir. Yapılan bu çalışma sonucunda vakum esaslı çalışan devrenin kuru tip filtreler için, foto direnç kontrollü yöntemin yağ banyolu tip filtreler için daha uygun olduğu tespit edilmiştir (10).



Şekil 1. Vakum esaslı kirlilik göstergesi 1.Emme manifoldu, 2. Vakummetre, 3. Zil, 4. Akümülatör, 5. Siklon filtre, 6.Filtre gövdesi (10)

Koca A., tarafından yapılan çalışmada çeşitli binek araçlarda kullanılan kuru tip hava filtreleri incelenmiş, filtre tıkanıklığının yakıt sarfiyatı, araç performansı ve egzoz emisyonları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada değişik kirlilik oranlarına sahip hava filtreleri kullanılmıştır. Kirlilik oranlarının tespiti için TS 932'de belirtilen "Filtre Elemanı İçin Toz Tutma Kapasitesi ve Toz Tutma Verim Deney Düzenegi" kurulmuştur. Çalışmamıza konu olan volümetrik verim konusunda, yapılan çalışma sonuçlarına göre, filtre tıkanıklığı arttıkça volümetrik verimin azaldığı, egzoz emisyonlarının kötüleştiği ve yakıt tüketiminin arttığı tespit edilmiştir. (3). Şekil 2'de filtre direncine bağlı olarak hava tüketiminin değişimi gösterilmiştir.



Şekil 2. Filtre direncine bağlı olarak hava tüketiminin değişimi (3)

Bu çalışmada hava filtresinin tıkanıklık durumu hakkında araç sürücüsüne bilgi vermek amacıyla hava filtresi tıkanıklık göstergesi devresi tasarımı gerçekleştirilmiş ve bir test aracı üzerinde uygulanmıştır. Araçlarda hava filtrelerinin uygun zamanda değiştirilmesiyle yakıt tüketimi ve emisyonların azaltılması yönünde önemli avantajlar sağlanabilmektedir.

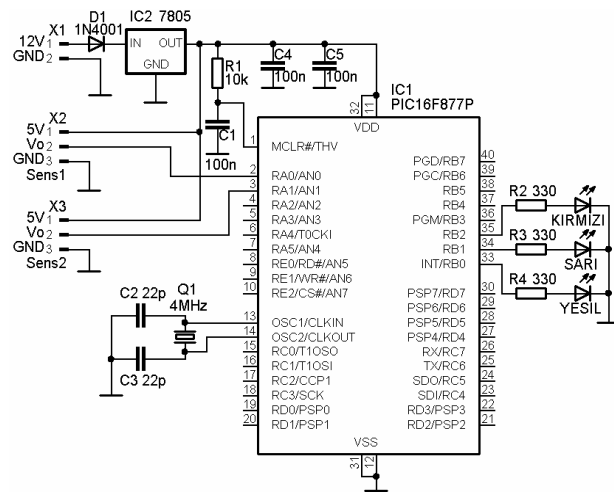
2. MATERYAL ve METOT

Deneyler Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Anabilim Dalı İçten Yanmalı Motorlar Laboratuvarında yapılmıştır. Deneyler mikrodenetleyici kontrollü tıkanıklık ölçüm cihazı ve Bosch KTS 520 test cihazı ile Opel Combo 1,7 DTI marka araç üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kullanılan taşıta ait motorun teknik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Deneysel taşıtın motorunun (Opel Combo 1,7 DTI) teknik özellikleri

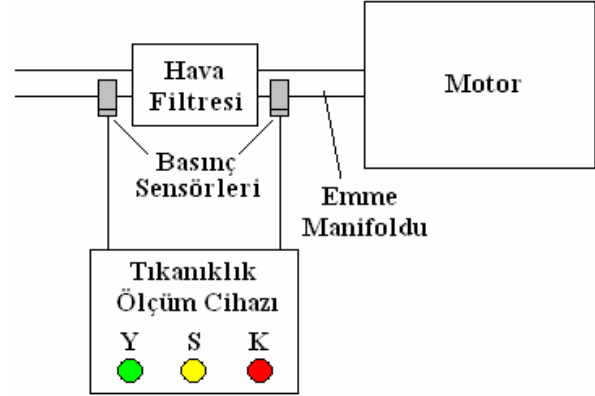
Silindir sayısı	4
Çap x kurs	79mm x 86mm
Motor hacmi	1686 cm ³
Sıkıştırma oranı	19,0:1
Maksimum güç	55kW/4400min ⁻¹
Maksimum moment	165Nm/1800min ⁻¹
Silindir başına supap sayısı	4
Yakıt sistemi	Doğrudan dizel enjeksiyonu
Besleme tipi	Turbo şarjlı
Soğutma sistemi	Su soğutmalı
Kam yerleşimi	Üstten

Deneylerde Delco Electronics yapımı 5 volt DC gerilimle çalışan basınç sensörleri kullanılmıştır. Deneylerde tasarımı yapılan mikrodenetleyici kontrollü tıkanıklık ölçüm cihazı kullanılmıştır. Devrenin şeması Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 3. Filtre tıkanıklığı ölçümü için tasarlanan devre (11)

Basınç sensörlerinin çıkışları mikrodenetleyicinin analog girişlerine bağlanmıştır. Basınç sensörleri 5V DC gerilim ile çalışmakta ve çıkış sinyali her 185 mbar fark olduğunda 1 volt değişmektedir. Basınç sensörleri maksimum 1039 mbar basınçta 4,95V çıkış sinyali vermekte ve çıkış sinyali basınçla doğru orantılı olarak değişmektedir. Şekil 4’te tasarlanan devrenin motora bağlantısını gösteren bir blok diyagram gösterilmiştir.



Şekil 4. Filtre tıkanıklık ölçüm cihazının motora bağlanması

TS 932 Filtre Tıkanıklık Deneyinden (12);

Başlangıç basınç düşümü en fazla 305 mmSS (2990 pa)=29,901 mbar (1)

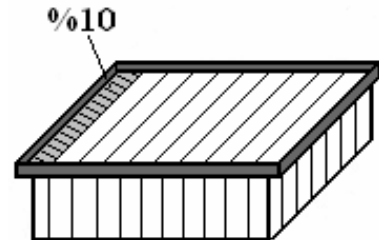
Deney esnasında basınç düşümü en fazla 152,5 mmSS (1495 pa)=14,950 mbar (2)

Toplam basınç düşmesi en fazla 457,5 mmSS(4485 pa)=44,851 mbar

3 eşitliği ile elde edilen 44,851 mbar basınç, sensör çıkış sinyalleri farkı cinsinden yaklaşık 0,28 volta denk gelmektedir. mikrodenetleyici; iki sensör sinyal çıkışları arasındaki fark 0–0,13 V arasındayken yeşil, 0,14–0,27 V arasında sarı, 0,28 V ve üzeri olduğunda kırmızı ledi yakacak şekilde programlanmıştır.

PIC 16F877 mikrodenetleyicisinin elektronik devreye yerleştirilmesi ile elde edilen filtre tıkanıklık göstergesi sinyal giriş uçları, hava filtresinin giriş ve çıkışına monte edilen basınç sensörlerinin sinyal çıkış uçlarına bağlanmıştır.

Deneyde kullanılacak temiz hava filtresi yüzey alanı 10 eşit parçaya bölünmüş ve %10’luk dilimlerle filtre yüzeyi kapatılarak (Şekil 5) motor hızı 1000 min⁻¹ ile 4000 min⁻¹ arasında 500 min⁻¹ aralıklarla hava tüketimi, hava filtresi çıkış basıncı ve turbo kompresör çıkış basıncı ölçülmüştür.

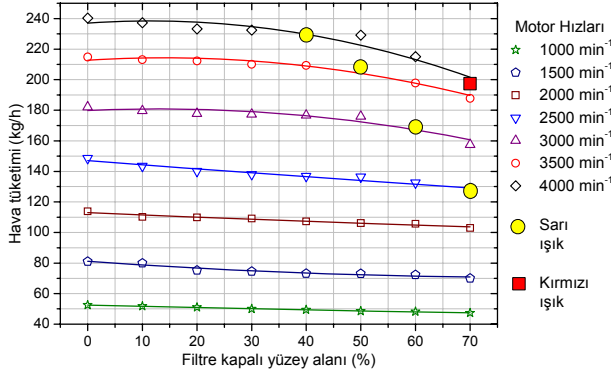


Şekil 5. Hava filtresi yüzeyinin 10 eşit parçaya bölünmesi ve %10’luk diliminin kapatılması

Motorun hava tüketimi ve turbo kompresör çıkış basıncı Bosch KTS 520 test cihazı ile ölçülmüştür. Bosch KTS 520 test cihazı bir soket yardımı ile aracın Elektronik Kontrol Ünitesine (ECU) bağlanmış ve ölçüm değerleri araç sensörleri üzerinden alınmıştır.

3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapılan deneyde filtre kapalı yüzey alanı (FKYA) her motor devri için belli aralıklarla artırıldığında hava tüketiminin azaldığı görülmüştür. 4000 min⁻¹'de FKYA %40 olduğunda tıkanıklık gösterge cihazının sarı ışığı, FKYA %70 olduğunda ise kırmızı ışığı yanmaktadır. Şekil 6'da filtre kapalı yüzey alanının (%) hava tüketimine etkisi gösterilmektedir.

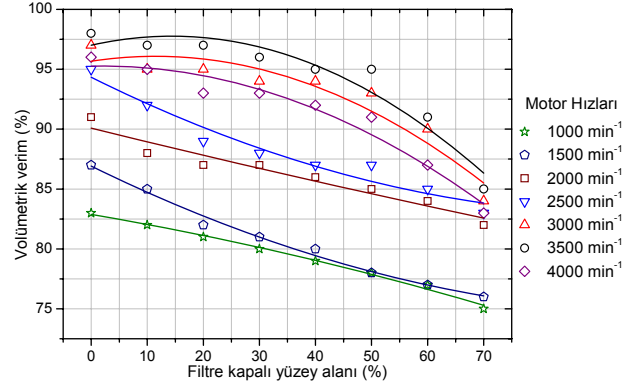


Şekil 6. Farklı hızlarda filtre kapalı yüzey alanının hava tüketimine etkisi

Düşük motor devirlerinde motorun hava tüketimi fazla olmadığından, FKYA hava tüketimini ciddi oranda etkilememiştir. Bu ise filtre giriş ve çıkış basıncı arasında fazla basınç farkı oluşturmamıştır. Bununla beraber 3000min⁻¹ ve üzeri motor devirlerinde, %40 FKYA'dan sonra hava tüketiminin hızla azaldığı tespit edilmiştir. Şekil 6'da gösterilen sonuçlar, Şekil 3'te gösterilen benzer bir deneysel çalışmanın sonuçlarıyla uyumluluk göstermektedir.

Şekil 6'da deney yapılan her devir için sarı ve kırmızı ışıkların yandığı noktalar gösterilmektedir. 1000, 1500, 2000 min⁻¹'de motor devri düşük olduğu ve hava tüketimi yüksek olmadığı için FKYA artsa da emilen hava miktarı yeterli olduğundan sarı ve kırmızı ışık yanmamıştır.

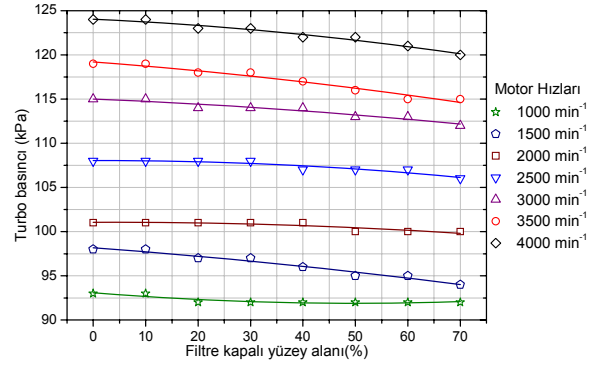
Şekil 7'de FKYA'nın volümetrik verime etkisi gösterilmiştir. Yapılan deneylerde, FKYA'nın artması hava tüketiminin ve motorun teorik hava tüketiminden uzaklaşması nedeni ile volümetrik verimin azalmasına sebep olmaktadır.



Şekil 7. Farklı hızlarda filtre kapalı yüzey alanının volümetrik verime etkisi

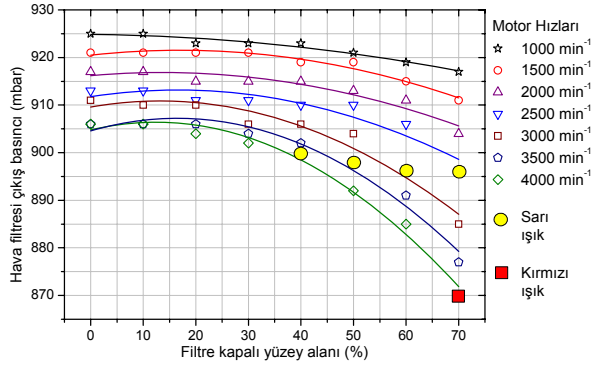
Bu durum deney yapılan her devirde tespit edilmiştir. Volümetrik verim maksimum değerini 3500 min⁻¹'de almaktadır. Bu devirden sonra pompalama kayıpları arttığından volümetrik verim azalmaktadır.

Şekil 8'de FKYA'nın turbo kompresör çıkış basıncına etkisi gösterilmektedir. Yapılan deneylerde, FKYA'nın artması sonucunda hava tüketimi azaldığından, turbo çıkış basıncı azalmaktadır. Düşük motor devirlerinde turbo çıkış basıncı fazla bir değişim göstermemiş, yüksek motor devirlerinde ise turbo çıkış basıncı daha fazla düşme göstermiştir. FKYA'nın artmasıyla hava tüketimi azaldığından turbo giriş basıncı azalmış dolayısıyla turbo çıkış basıncında da düşme meydana gelmiştir.



Şekil 8. Farklı hızlarda filtre kapalı yüzey alanının turbo kompresör çıkış basıncına etkisi

Hava filtresinin çıkışına yerleştirilen ikinci sensör üzerinden alınan sinyal gerilim değerleri için hesaplanan basınç eğrileri Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. Farklı hızlarda filtre kapalı yüzey alanının filtre çıkış basıncına etkisi

Yapılan deneylerde, FKYA arttıkça filtre çıkış basıncı azalmaktadır. FKYA arttıkça motorun hava tüketiminin azalması ile filtre girişi ve çıkışı arasında basınç farkı oluşmuştur. Basınç farkının artmasıyla mikro denetleyici tarafından kontrol edilen değere ulaşıldığında önce sarı sonra kırmızı uyarı ışığı yanmıştır.

Düşük motor ve düşük FKYA'nın da filtrede ciddi bir oranda basınç farkı oluşmadığından tıkanıklık göstere ışıkları yanmamıştır. Yüksek motor devirleri ve FKYA değerlerinde basınç farkı oluşmuş ve tıkanıklık göstere ışıkları yanmıştır. FKYA'ya göre sarı ve kırmızı ışıkların yandıkları noktalar şekil üzerinde gösterilmiştir. Elde edilen deney verilerine göre sarı ışık 895–900 mbar arasında yanmaktadır. Kırmızı ışık ise sadece 4000 min⁻¹'de 870–875 mbar arasında yanmaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Aracın kat ettiği yola ve çalışma saatine bakılmaksızın filtre tıkanıklığının tespiti ancak filtre tıkanıklık göstergesi ile mümkündür. Tasarlanan filtre tıkanıklık göstergesiyle sürücülerin uygun zamanda filtre değişimleri sağlanabilecektir. Uygun zamanda filtre değişimiyle daha önce yapılan testlerden de bilindiği gibi yakıt tasarrufunun yanında çevreyi olumsuz yönde kirleten emisyonların azaltılması da mümkün olacaktır.

Bu çalışmada hava filtresinin yüzey alanının etkinliği incelenmiş ve tıkanıklığa bağlı basınç düşümüne göre çalışan tıkanıklık göstergesi yapılmıştır.

Deneyler sonucunda hava filtresinin etkinliğini %40 oranında kaybedinceye kadar hava tüketiminde önemli ölçüde azalma olmadığı, bu noktadan sonra büyük oranda hava tüketimini azalttığı tespit edilmiştir.

Kirlilik oranı artmış bir filtre, motorun hava tüketimini azaltmasına rağmen düşük motor devirlerinde yeterli havayı geçirebilmektedir. Rölanti ve rölanti üzerindeki düşük hızlarda hava tüketimi az olduğundan ihtiyacı karşılayabilmekte ancak yüksek motor devirlerine çıkıldığında gerekli havayı sağlayamamaktadır. Deneylerde % 70 yüzey alanı kapalı bir filtre 1000, 1500 ve 2000 min⁻¹'de motorun hava tüketimini karşılamış ve uyarı ışıklarını yakabilecek basınç düşümü meydana getirmemiştir.

FKYA belirli oranlarda artırılması turbo kompresör çıkış basıncını düşük devirlerde önemli ölçüde etkilememiş, yüksek devirlerde ve kapanıklık oranlarında ise düşmesine sebep olmuştur.

Maksimum motor devrinde FKYA %40 ile %70 olduğunda, ikisi arasındaki yaklaşık hava tüketimi farkı 37 kg olmaktadır. Bu ise motorun 1 saatlik çalışmasında 37 kg eksik hava ile çalışacağını göstermektedir. Tıkanıklık göstergesinin ışıklarının yandığı noktalarda ki hava debileri ise yüzey etkinliğini % 40–70 oranında kaybetmiş filtre debisi aralığına isabet etmekte ve filtre tıkanıklık göstergesi sarı ışığı yaktığı zaman, filtredeki basınç düşüşü 895–900 mbar, kırmızı ışık yandığı zaman ise 870–875 mbar olmaktadır.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda; hava filtre tıkanıklığı arttıkça hava tüketiminin azaldığı, manifold basıncı ve turbo kompresör çıkış basıncı ve volümetrik verimin düştüğü görülmüştür.

Filtre tıkanıklığından kaynaklanan olumsuzlukların önüne geçilebilmesi için, araçlarda filtre tıkanıklığını gösteren düzenekler yaygınlaştırılmalıdır. Günümüz araçlarında kullanılan tıkanıklık göstergeleri mekanik çalışmaktadır ve hassasiyetleri yüksek değildir. Tıkanıklık göstergeleri elektronik kontrollü imal edilip hassasiyeti artırılmalıdır.

Bundan sonra yapılacak çalışmalarda hava filtreleri malzemelerine göre toz tutma verimleri araştırılabilir. Aynı araç için farklı filtreler kullanılarak volümetrik verimdeki değişimler incelenebilir. Dijital tıkanıklık göstergeleri yapılabilir ve yapılacak tıkanıklık göstergelerinde tıkanıklık seviyeleri %40' dan %100 tıkanıklığa kadar sık bölümlendirilebilir veya araç kombi göstergelerinde, ya da sürücü bilgi ekranında verilebilir. Ayrıca belirtilen tıkanıklık miktarına ulaşıldığında sesli uyarı veren düzenekler de yapılabilir.

5. KAYNAKLAR

1. Tadeusz, J., Stephen, L.F., Gerald, Z.L., Scoot, P.H., "Development of a Method to Measure Engine Air Cleaner Fractional Efficiency", SAE Technical Paper, 1999-01-0002, 1-4, 1999.
2. Bugli, N., "Filter Performance Requirements for Engine Air Induction Systems", SAE Technical Paper, 970556, 24 – 27, 1997.
3. Koca, A., Hava Filtresi Tıkanıklığının Yakıt Sarfiyatı ve Eksoz Emisyonuna Etkilerinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1993.
4. Koffman, J. L., "The Cleaning of Engine Air", Gas and Oil Power, Vol. 48, 60-63, 1953.
5. Schilling, A., Automotive Engine Lubrication, Scientific Publications, Egnland, 1972.
6. Khorshid, E. A., Nawwar, A. M., "Review of the Effect of Sand Dust and Filtration on Automobile Engine Wear", Wear, Vol. 141, 349 – 371, 1991.

7. Needelman, W. M., Madhavan, P. V., “Review of Lubricant Contamination and Diesel Engine Wear”, SAE technical paper, 881827, 1 – 15, 1988.
8. Needelman, W. M., “Filtration”, CRC Handbook of Lubrication and Tribology, Vol. III, Monitoring, Materials, Synthetic Lubricants and Applications, E. Richard Booser, ed. CRC Press, Inc, 1994.
9. Morton, D.W., “Match the Engine Intake System to the Application and Environment”, SAE Technical Paper , 7000533, 8, 1970.
10. Yıldız, E., Traktörlerde Hava Filtresi Kirliliğinin Otomatik Kontrolü Üzerine Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1992.
11. Uzun, B., İçten Yanmalı Motorlarda Kullanılan Kuru Tip Hava Filtreleri İçin Mikrodenetleyici Kontrollü Tıkanıklık Gösterge Devresi Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.
12. TS 932 NİSAN 1991: İçten yanmalı motorlar – Kompresörler – Filtre ve filtre elemanları – Hava için.