BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

OTO4003 OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI

DENEY FÖYÜ

LAB. NO: ………..

DENEY ADI : MOTOR KARAKTERİSTİKLERİ DENEYİ

2024

BURSA

**1) AMAÇ**

Bir motorun belirli gaz kelebeği konumlarında karakteristik büyüklüklerinin hesaplanması ve bu büyüklüklerin devir sayısı ile değişimlerinin grafiksel gösterilmesidir.

**2) GİRİŞ**

İçten yanmalı benzinli motorlarda güç, içeri alınan havanın artmasıyla artmaktadır. Homojen dolgu modunda çalışmada içeri alınan hava miktarı arttıkça gönderilen yakıt da artacaktır. İçeri alınan havanın miktarı gaz kelebeği ile sağlanmaktadır. Belirli gaz kelebeği konumunda farklı devirlerde ölçümler yapılarak motor karakteristik eğrileri çıkarılmaktadır.

**3) TEORİ**

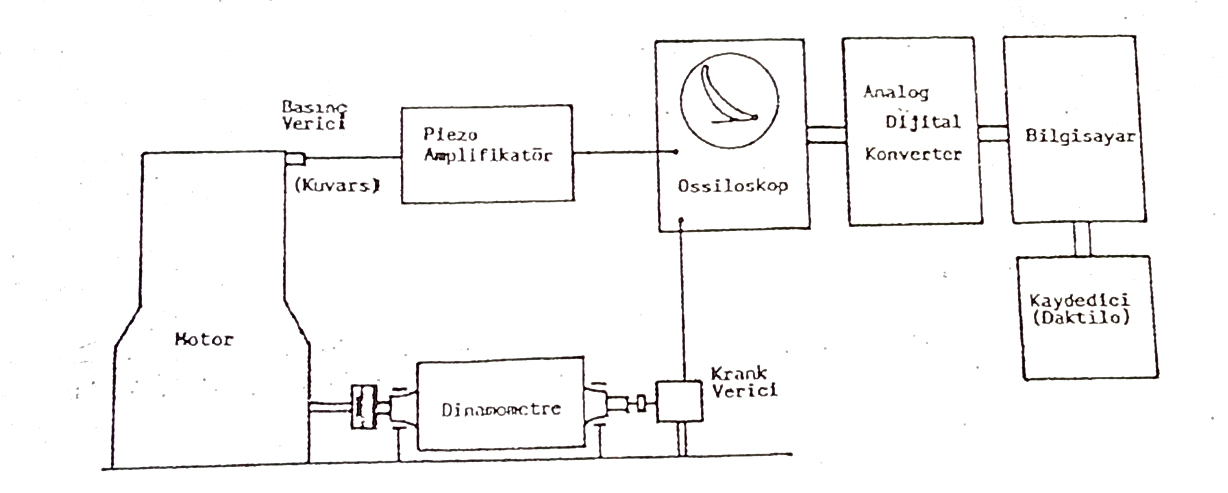
MOTOR GÜÇLERİ

Motorlarda iki çeşit güç ölçümü yapılır.

a) İndike Güç (İç Güç)

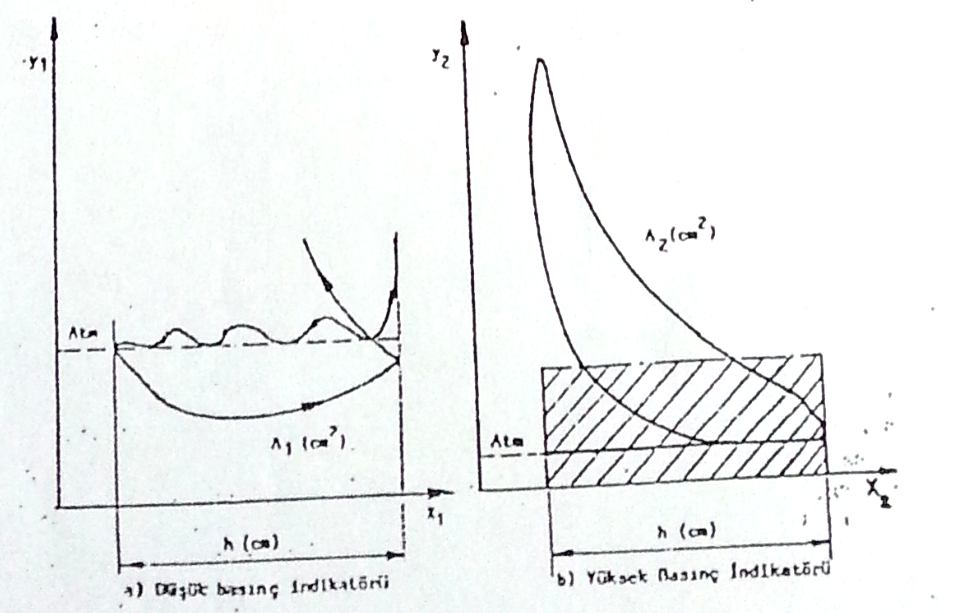
Silindire girmiş olan karışımın yanması ile meydana gelen ısı enerjisinin, mekanik enerjiye dönüşmesi motorun silindirleri içinde olmaktadır. Bu nedenle; motorun silindirleri içinden veya piston üzerinden alman güce indike güç (iç güç) denir. İndike gücün ölçümü indikatör adı verilen cihazlarla yapılmaktadır. Motorlarda gerçek p-V diyagramına indikatör diyagramı adı verilmektedir. İndikatörler mekanik, optik veya elektrikli tip olabilirler.

Genellikle elektriksel indikatörlerden Piezo-elektrik basınç sensörü (Kuvars Kristali) amplifikatör (yükseltici), krank verici ve ossiloskop veya ossilograf grubu indikatör diyagramı çıkarmak için kullanılmaktadır, Şekil 1’ de kuvars kristali, basınç değişimini; krank verici ise hacim değişimini elektrik gerilimine dönüştürmektedir. Elektrik gerilimleri mekanik titreşimlere göre yüksek frekanslı analog işaretlerdir. Bu gerilimleri dijital hale çeviren konvertör (dönüştürücü) kullanılarak bir küçük tip bilgisayar ve yazıcı yardımıyla p-V diyagramına ait değerlendirmeler programlanabilir.



Şekil 1: İndikatör diyagramının analog-dijital değerlendirme sistemi

Şekil 1’ de sunulan sistemdeki ossilografi veya dijital ossiloskoptaki P-V diyagramını kağıt üzerine almak kolayca mümkündür. Böyle bir diyagram Şekil 2’ deki gibidir.



Şekil 2: İndikatör diyagramları

Düşük basınç ve yüksek basınç indikatörlerindeki hacim ölçeği Öx1, Öx2, (m3/cm); basınç ölçeklerinin birisi Öy1 , diğeri Öy2 (N/m2/cm) olsun. Çevrim başına net indike iş

Wi= 2Öx2Öy2- 1Öx1Öy1 (Nm) veya (J)

Böylece indike güç, nç (çevrim/s) olmak üzere

Pi= nçWi/103 (kj/s) veya (kW) olur.

İndike gücün %15-30’ u sürtünmeleri yenmek için harcanır. Motorlarda iyi bir yağlama yapılmasına rağmen yine de sürtünme kayıpları ihmal edilemeyecek kadar fazladır. Krank mili muylu ve yataklarında, piston, segman, silindir cidarları, krank mili eksenel gezintisini sınırlayan klavuz yatak yüzeyleri, kam mili yatakları ve iteceklerde meydana gelen sürtünmeler, hayli güç yutar. Sürtünmeye harcanan gücün büyük bir bölümü; segmanlarla silindir cidarları arasındaki sürtünmeyi yenmek için harcanır. Genellikle sürtünme gücünün %75 i segmanlarla silindir cidarları arasındaki sürtünmeler için sarfedilir. İndike güçten, sürtünmeye giden güç çıkarılırsa, geriye efektif (faydalı) güç kalır. Efektif güç, motorun krank mili ucundan ölçülen gerçek gücüdür. Efektif güç Pe sembolü ile gösterilirse Pe=Pi.- Pm olur. Pm: sürtünmelere harcanan güçtür.

b) Efektif Güç

Efektif güce; faydalı güç, etkin güç veya fren gücü de denilmektedir. Bu güç motorun gerçek gücüdür. Silindirler içinde elde edilen indike güçten; motorun çalışması için gerekli olarak harcanan güçler çıktıktan sonra, motorun volanından veya kasnağından ölçülen güçtür. İndike güçten %25 daha küçüktür.

Güç ölçümünde kullanılan cihazlara genel olarak dinamometre denir. Ancak dinamometreler direkt olarak gücü değil, gücün hesaplanmasına yarayan kuvveti veya momenti ölçerler. Motorun ürettiği efektif gücü veya döndürme momentini, iş veya elektirik enerjisine dönüştürerek yutan iş makinasına fren (brake, bramse) adı verilmektedir.

Efektif gücün bulunmasında kullanılan fren mekanizmaları;

1. Prony freni
2. Elektirikli dinamometre
3. Hidrolik (su) frenleme sistemi

Bunlardan başka taşıtlar üzerindeki motor gücünü doğrudan doğruya ölçebilen şasi dinamometreleri de vardır. Ancak bu cihazlar, gücü tekerleklerden ölçer. Bu nedenle vites kutusu, kardan mili ve diferansiyelde kayıplara uğrayan güç, motor volanından ölçülen güçten daha küçüktür.

a-) Prony Freni ile efektif gücün ölçülmesi

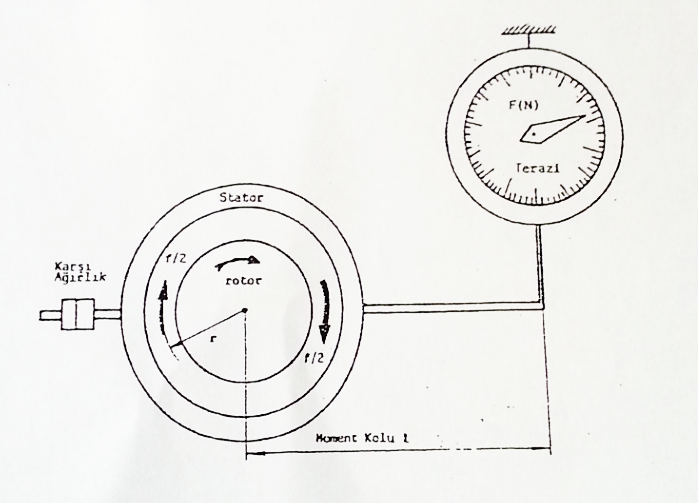
En eski ve en basit güç ölçme cihazıdır. Azami gücü 100 BG’ e kadar ve devir sayısı da 1000 dev/dak’yı geçmeyen motorlara uygulanabilir. Bu sistemde motor volanını saran frenleme şeridinin içinde sürtünme katsayısı yüksek frenleme pabuçları, frenleme miktarını saptayan baskül ve bağlantı kolları vardır. Motor tam gazda ve yüksüz olarak en yüksek devire çıkarılır. Sıkma vidaları yavaş yavaş sıkılarak motor yüklenir. Motorun devri düşmeden çıkabileceği en fazla yük baskülde bulunur.

b-)Elektrikli dinamometre ile efektif gücün ölçülmesi

Elektrik dinamosu ile bir motorun efektif gücünü ölçmek oldukça kolaydır. Gücü ölçülecek motor, kavrama ile jeneratöre bağlanır. Jeneratör motor tarafından döndürüldüğü için bir akım üretecektir. Jeneratörün kutupları arasından ölçülen akım şiddeti ve voltajın çarpımı motorun efektif gücünü verecektir. Ayrıca jeneratör verimi de çarpıma dahil edilir.

c-) Hidrolik (su) frenleme sistemi ile efektif gücün ölçülmesi

Bir su freni sistemi genel hatlarıyla stator, rotor, moment kolu ve terazi gibi elemanlardan müteşekkildir. Rotor, hareketini motordan alan mile yataklanmıştır ve mille birlikte döner. Stator da sabit gövdeye dönme hareketi yapacak şekilde yataklanmıştır. Ancak bu hareket rötardaki gibi sürekli bir devir yapma hareketi olmayıp eksen etrafında bağlı bulunduğu kolla kuvvet aktarabilecek kısmi bir açısal dönme hareketidir.



Şekil 3: Rotor-Stator grubunun çalışma prensibi

Şekil 3’te stator-rotor-terazi gurubunun çalışma prensibi verilmiştir. Motorun verdiği Md döndürme momenti önce rotora tesir etmektedir. Rotor ise statora bir devirde 2πr yolu olan bir kuvvet çifti (f/2) ile etkimektedir. Bu, motora karşı bir direnç oluşturmaktadır. Frenin (elektrikli, manyetik, yüzey sürtünmeli gibi) çalışma prensibine göre bir direnç oluşturma ve moment yutma karakteristiği vardır. Bu sayede laboratuvarlarda motorun gücünü ölçmek mümkün olmaktadır.

Statoru döndürmeye çalışan f kuvvet çiftinin hasıl ettiği moment

Md= f.r

Terazi tarafından l mesafede uygulanan F kuvvetiyle dengelenecektir.

Md = f.r = F.l (Nm)

Dolayısıyla rotor bir devir yapınca sürtünme kuvvetlerinin işi

Wf =2π.r.f = 2π.F.l (Nm/devir)

Devir sayısı takometre veya strobotak denen devir ölçücü aletler yardımıyla ölçülür. Devir sayısı n (devir/s) olarak alındığında,

Pe= Wf.n = 2π.F.l.n (Nm/s) veya (W) bulunur.

Güç değeri (kW) olarak bulunmak istenirse

Pe = 2π.F.l.n/l03 = F.l.n/159,1549 (kW)

Şekil 3: Rotor-Stator grubunun çalışma prensibi

Bu motorun frende bulunan efektif gücüdür. Motorun momenti için yukarıdaki ifadeden

Md = F.l = 159,15.Pe/n (Nm)

yazılabilir. Eğer l = 1,59 (m) seçilirse,

Pe = F.l.n/l02

basit formu elde edilir. Tablo 1 de fren terazilerinde kullanılan bazı basitleştirilmiş güç formülleri verilmiştir.

Tablo 1: Güç Formülleri

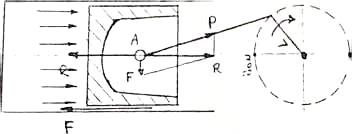
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Birimler | Güç Formülü | Özel Hal | |
| Moment Kolu l (m) | Formül |
| Pe (KW) n (dev/s) F (N) Md (Nm) |  | 1.592 (m) | Pe= F.n/102 |
| Pe (KW) n’ (dev/s) F (N) Md (Nm) |  | 0.955 (m) | Pe= F.n’/104 |
| Pe (KW) n’ (dev/s) F (kp) Md (kpm) |  | 0.716 (m) | Pe= F.n’/103 |

Motorlarda Momentin Oluşması

Moment; millere, dişlilere ve tekerleklere uygulanan ve onların bir eksen etrafında dönmelerini sağlayan döndürme ve burma çabasıdır. Güç ise; motorun iş yapma hızıdır. İş veya güç elde etmek için kesinlikle hareket olması gerekir.

Yanma başlangıcında, piston ÜÖN’da iken, yanan karışımın basıncı ile krank kolu ve biyel ekseni, aynı doğrultuda bulunduğundan moment sıfır olur.

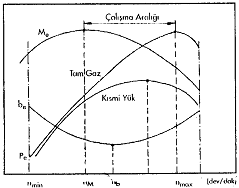
Moment olabilmesi için, kuvvet doğrultusu ile bu kuvvetin uygulandığı piston kolu ekseni arasındaki açı, 180°’den küçük olması gerekir. Yanma sonunda (piston ÜÖN’yı 20°-25° kadar geçince) oluşan maksimum basınç ile piston AÖN’ya doğru itilmektedir.

A noktasında; piston, piston pimi vasıtasıyla üzerindeki basıncı piston koluna iletir. Krank mili piston koluna uygulanan bu kuvvet ile dönmeye başlar. Krank mili dirseğine etki eden kuvvet Şekil 4’te görüldüğü gibi, piston kursunun her noktasında aynı değildir.

Şekil 4: Yanma sonunda basıncın oluşturduğu kuvvetlerin dağılımı

Yanma sonunda elde edilen yanma sonu basıncı, pistonu AÖN’ya hareket ettirirken, bu basıncın meydana getirdiği kuvvetin tümü krank mili dirseğine etki etmez. Şekil 4’te görüldüğü gibi toplam kuvvet A noktasında bileşenlerine ayrılır. R kuvveti, pistonun hareket yönünün aksine gitmeye zorlayan eylemsizlik kuvvetinin karşılanmasında, F kuvveti ise piston-segman ve piston-silindir yüzeyleri arasındaki-sürtünmelere harcanır. Yanma sonu oluşan toplam kuvvetten, bu kuvvetler çıkarıldıktan sonra geriye kalan P kuvveti, piston kolu ekseni doğrultusunda krank mili dirseğine etki eder. Bu kuvvet en büyük değere, biyel ekseni ile krank mili dirseğinin ekseni arasındaki açı 90° olduğu zaman ulaşır. Aradaki açı 90°’den büyüdükçe veya küçüldükçe, momenti meydana getiren (P) kuvveti azalır. Moment, ana yatak muylusu ekseni ile biyel muylusu ekseni arasındaki “L” uzaklığı ile “T” kuvvetine bağlıdır.

Benzin motorlarında gaz kelebeğinin, dizel motorlarında pompa krameyerinin konumunun, keza yağ ve soğutucu akışkan sıcaklıklarının sabit tutulduğu deney şartlarında krank mili devrine bağlı olarak güç, moment ve yakıt sarfiyatı değişimlerine motor karakteristikleri veya karakteristik eğrileri denir. Motor karakteristiklerinin belirlenmesi motor deneylerinin esasını teşkil eder ve sadece motorun çıplak olarak ve statik performansının bilinmesini sağlamayıp fakat aynı zamanda motorun taşıt üzerinde gerçek hizmet şartlarındaki performansı hakkında da önemli bilgiler verir. Şekil 5’de bir motora ait karakteristikler görülmektedir.



Şekil 5: Bir Motorun Karakteristik Eğrileri

Şekil 5’teki moment eğrisinde; moment, devir sayısı arttışı (n>nM için) ile azalmaktadır. Devir sayısının artışı ile emme zamanı kısalır. Dolayısıyla silindirlere girecek karışım miktarı azalır ve motorun volümetrik (hacimsel) verimi düşer. Düşük devirlerde (n<nM) ise silindirlere daha fazla karışım girer. Emme zamanı daha uzundur ve moment nM devir sayısına kadar artmaktadır. Şekil 5 deki "çalışma aralığında" momentin artan devirle azaldığı, gücün ise arttığı görülmektedir. Motor nmin devrin altında çalışırken oluşturduğu moment çok düşüktür. Düşük devirlerde, emme subabının AÖN’dan sonra kapatılması, hacimsel verime olumsuz yönde etkiler. Düşük devirlerde subap bindirmesi anında yanma odasında daha çok egzos gazı kalır. Diğer bir durum ise düşük devirlerde karbüratör boğazından geçen havanın hızının azalması nedeniylee yakıtın hava ile karışması iyi olmaz ve karışım oranı bozulacağından iyi bir yanma gerçekleşmez.

Güç eğrisinde, güç; nmak devir sayısına kadar artmakta daha sonra ise azalmaktadır. Çünkü yukarıda açıklanan nedenlerden dolayı hacimsel verim azalmakta, sürtünmeler ise artmaktadır.

Son yıllarda bir motorun gücünden ziyade momentine önem verilmektedir. Bir taşıtın daha çabuk hızlanıp ilerlemesini sağlayan durum, motordan tekerleklere iletilen, döndürme momentinin büyük oluşudur. Yeni geliştirilen motorların silindir çapları kurslarından büyük olanlarda moment eğrileri eski motorlara göre daha düz olur. Düşük devirlerde, moment daha yüksek olduğu gibi devir yükselince de fazla düşmez. Çünkü silindir çapları ve subaplar daha büyük olduğu için, silindirlere fazla karışım alınarak, hacimsel verim arttırılır. Diğer taraftan kurs boyu kısa olduğu için, piston ve segman sürtünmelerine, harcanan güç daha az olur.

Ortalama Efektif Basınç

Ortalama efektif basınç motorun gerçek çevrimdekine eşdeğer bir Pe gücünü vermesi için bir strok boyunca pistona etkimesi gereken sabit basınç olarak tarif edilmiştir.

Motor gücü, bir çevrimdeki We (Nm/çevrim) işi ve iş yapan devir sayısı nç (çevrim/s) cinsinden

Pe = We. nç (W)

dır. VH = Z.Vh (m3 ) toplam strok hacmi olmak üzere,

(N/m2)

bulunur. İki zamanlı motorlarda i=l (çevrim/devir), dört zamanlı motorlarda i=l/2 (çevrim/devir) olmaktadır.

Ortalama İndike Basınç

Motorun aynı indikatör diyagramında eşdeğer Pi gücünü vermesi için bir strok boyunca pistona etkimesi gereken sabit basınçtır. Başka bir ifadeyle; bu basınç, iş zamanı anında ÜÖN’dan AÖN’ya kadar, piston yüzeyinin her bir cm2’sine aynı değerde etki eden kuvvettir diye tanımlanabilir. Birimi (kg/cm2 veya N/m2) dir, Ortalama efektif basınç eşitliklerindeki We ve Pe değerleri yerine sırasıyla Wi ve Pi değerleri alınarak benzer eşitlikler ortalama indike basınç için de yazılabilir.

Sonuç olarak

Pi = Wi. nç (W)

elde edilir.

Efektif Yakıt Sarfiyatı

Laboratuvar şartlarında bir motorun yakıt sarfiyatını şekil 6’daki deney tesisatında hacimsel olarak tespit etmek mümkündür. Belli çalışma şartlarında motorun Δt (s) zaman aralığında tükettiği yakıtın hacmi ΔV (cm3) olsun. Yakıtın yoğunluğu ρy (g/cm3) ise, özgül yakıt sarfiyatı

olarak bulunur. Motor gücü Pe’nin kW olarak alındığı açıktır.

Kütlesel yakıt debisi ṁy (g/s) cinsinden bu eşitliği

şeklinde yazabiliriz.

İster hacimsel ister kütlesel ölçüm yapılsın, hata oranını azaltmak için ΔV veya Δm değerlerini mümkün mertebe yüksek tutmak gerekir.

İndike Yakıt Sarfiyatı

Burada da Pe hariç be eşitliğinde esas alınan veriler ve birimler aynen kullanılmakta, sadece Pe efektif güç değeri yerine Pi indike güç değeri esas alınmaktadır. Dolayısıyla;

yazılabilecektir. Burada ΔV (cm3), ρy (g/cm3), Δt (s) ve Pi (kW) dır.

VERİMLER

Efektif Verim

Motor milinden alman işin verilen toplam enerjiye oranı şeklinde tarif edilen efektif verim (veya genel verim) iş veya güç oranlan şeklinde yazılırsa,

eşitliği ile ifade edilir. be ifadesinden ṁy çekilip be (g/kWh) ve Hu (kJ/kg) alındığında,

elde edilir.

İndike Verim

Indikatör diyagramından bulunan işin verilen toplam enerjiye oranı şeklinde tarif edilebilir. İş veya güç oranları cinsinden

eşitlik grubu ile ifade edilmektedir. Burada bi (g/kWh), Hu (kJ/kg) dır.

Mekanik Verim

Mekanik verim silindirdeki sürtünme ve pompalama kayıplarını ihtiva eden bir verim olduğuna göre efektif büyüklükler ile indike büyüklükler arasında tarif ediliyor demektir. O zaman mekanik verim

olarak yazılabilir. O halde ηm bilinirse, ölçümleri daha zor olan ve indikatör diyagramı yardımıyla bulunabilen Pi, bi ve pmi değerleri, ölçülebilen Pe, be ve hesaplanabilen pme değerlerinden hareketle bulunabilir.

**4) DENEY DÜZENEĞİ**

a-) Motor

Motor tipi :Renault Clio II K4J-712

Zamanı :4 zamanlı

Yakıt tipi :Benzin + LPG

Silindir sayısı :4 silindir

Silindir çapı :79.5 [mm]

Silindir stroğu :70 [mm]

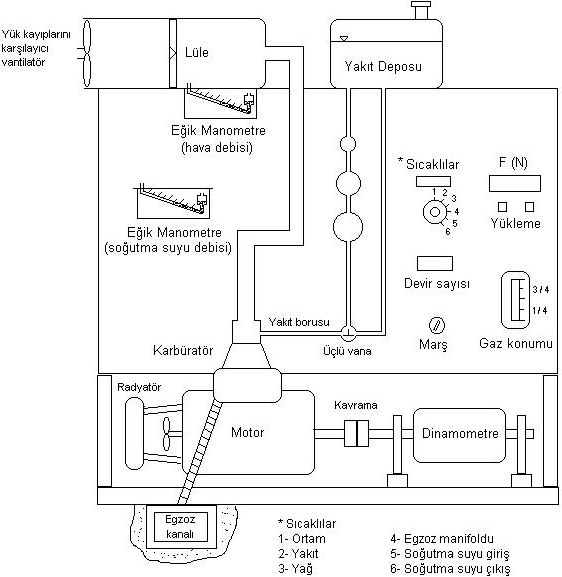
Toplam strok hacmi :1390 [cc]

Motor maks. gücü :94 [HP] 6000d/d’da

Maks. döndürme momenti :127 [N.m] 3750d/d’da

b-) Elektronik dinamometre ve bilgisayar

c-) Yakıt debisi ölçme sistemi



Şekil 6: Deney düzeneğinin şeması

**5) DENEYLER**

Motor çalıştırılır. Rejime girdikten sonra gaz kelebeği belli bir konum için ayarlanır. Elektronik dinamometrenin fren tertibatı vasıtasıyla yükleme yapılır. Bu durumda frenleme kuvveti, harcanan yakıtın hacmi ve geçen süre ölçülür. Her defasında yükleme miktarı arttırılarak ölçümler tekrarlanır.

Aynı ölçümler değişik gaz kelebeği konumları için tekrar edilir.

ÖLÇÜLECEK BÜYÜKLÜKLER

Değişik gaz kelebeği konumlarında ilk önce boşta daha sonra ise yükleme yapılarak n: motor devri (dev/dak), F: frenleme kuvveti (kg), ΔVy: harcanan yakıtın hacmi (cm3) ve Δt: ΔVy hacmindeki yakıtın yanması için geçen süre (s) değerleri tesbit edilecektir.

HESAPLANACAK BÜYÜKLÜKLER

Motor karakteristiklerinin (Md: döndürme momenti (N.m), Pe: efektif güç (kW), be: efektif yakıt sarfiyatı (gr/kWh) ve pme: ortalama efektif basınç (karakteristik büyüklükler içinde yer alabilir) her bir gaz kelebeği konumunda ölçülen büyüklükler cinsinden hesaplanarak devir sayısı ile değişimleri grafik halinde gösterilecektir. (ρy =0.730 g/cm3 alınacaktır.) Motorun ölçülen devir aralıklarında, efektif verimi hesaplanacaktır.

**6) RAPOR SUNUMU**

Rapor formatı

1) Kapak Sayfası

2) Ölçümler

3) Hesaplamalar

4) Grafikler

5) Yorumlar

6) Farklı gaz kelebeği açılarında (%50-%100) oluşacak olan güç, moment, yakıt tüketimi, özgül yakıt tüketimi ve verimdeki değişimleri yorumlayınız.