

OTOMOTİV LABORATUVARI

Dizel Motor

1. Giriş

İçten yanmalı motor, yakıtın kimyasal enerjisini mekanik enerjiye çeviren makinedir. Yakıtın motor içinde yanma odasında yakılması ile oluşan basınç ve ısı enerjisi ilk önce piston silindir mekanizmasıyla öteleme hareketine daha sonra krank biyel mekanizmasıyla dönme hareketine, son olarakta aktarma organları aracılığıyla tekerleklere iletilir.

Bugün kullanımda olan üç ana tip içten yanmalı motor vardır:

- 1) Öncelikle otomobillerde kullanılan buji ateşlemeli motor
- 2) Devir verimliliğindeki gelişmelerin daha kompakt ve daha hafif kıvılcım ateşlemeli motor üzerinde avantaj sağladığı büyük araçlar ve endüstriyel sistemlerde kullanılan dizel motor.
- 3) Yüksek güç / ağırlık oranı nedeniyle uçakta kullanılan ve aynı zamanda sabit güç üretimi için kullanılan gaz türbini.

İçten yanmalı motorlar en çok araçlarda ve taşınabilir makinelerde mobil tahrik için kullanılır. Mobil ekipmanlarda, içten yanma avantajlıdır çünkü mükemmel yakıt enerji yoğunluğu ile birlikte yüksek güç-ağırlık oranları sağlayabilir. Genellikle fosil yakıt (çoğunlukla petrol) kullanan bu motorlar, neredeyse tüm araçlarda (otomobiller, kamyonlar, motosikletler, tekneler ve çok çeşitli uçak ve lokomotiflerde) taşımacılıkta ortaya çıkmıştır.

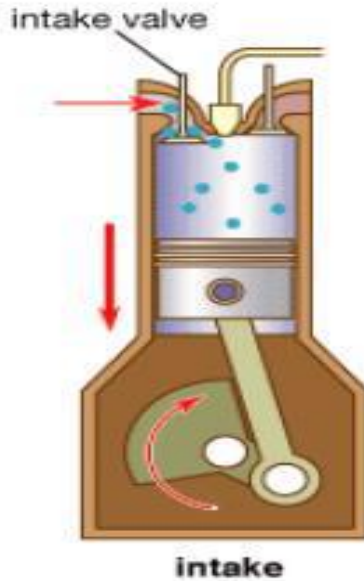
Bu deneyin amacı, dört zamanlı bir dizel motorun performans karakteristiklerini belirlemektir.

1.1. Dört Zamanlı Dizel Motor

Dört zamanlı dizel motor, dört zamanlı benzinli motora benzer. Her ikisi de emme, sıkıştırma, güç ve egzoz vuruşlarından oluşan bir çalışma döngüsünü takip eder. Emme ve egzoz valfleri için de benzer sistemleri paylaşırlar.

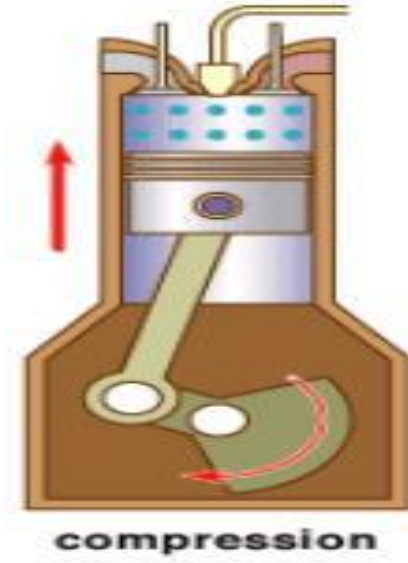
Dizel motor, benzinli motordan çok daha verimlidir, yüksek sıkıştırmadan dolayı oluşan ısı nedeniyle ateşleme sistemine ihtiyaç duymaz, yakıtın tamamen yanmasından dolayı daha iyi bir yakıt ekonomisine sahiptir, yüksek sıkıştırma oranından dolayı geliştirilen güç nedeniyle daha fazla tork üretebilir.

Emme Stroku: Piston, emme strokunun başlangıcında üst ölü noktadır ve piston aşağı doğru hareket ettikçe, emme valfi açılır. Pistonun aşağı doğru hareketi silindire hava çeker ve piston alt ölü noktaya ulaştıkça giriş valfi kapanır.



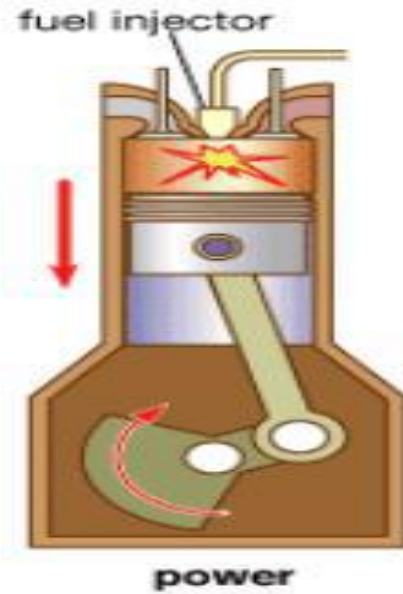
Şekil 1. Emme zamanı

Sıkıştırma Stroku: Piston, sıkıştırma strokunun başlangıcında alt ölü noktadadır ve piston yukarı hareket ettikçe hava sıkıştırır. Piston üst ölü noktaya ulaştığında, sıkıştırma stroku sona erer.



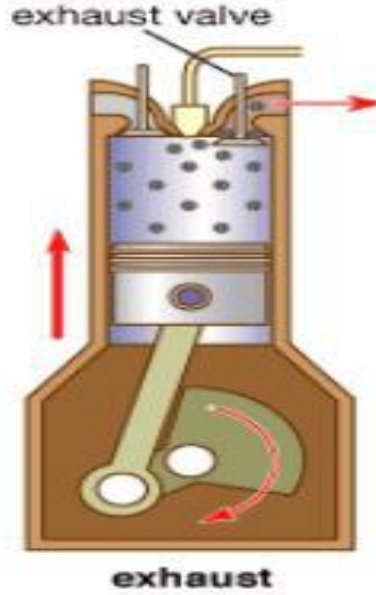
Şekil 2. Sıkıştırma zamanı

Güç Stroku: Piston, güç strokunu üst ölü noktadan başlatır. Bu noktada, yakıt yanma odasına enjekte edilir ve sıkıştırma ısı ile tutuşturulur. Bu güç darbesini başlatır. Yanan gazların genişleme kuvveti pistonu aşağı doğru iterek krank miline güç sağlar. Dizel yakıt tüm güç darbesi boyunca yanmaya devam edecektir (yakıtın daha eksiksiz yanması). Benzinli motor, başlangıçta hızlı yanmalı bir güç vuruşuna sahiptir, ancak sonunda çok az veya hiç yanma yoktur.



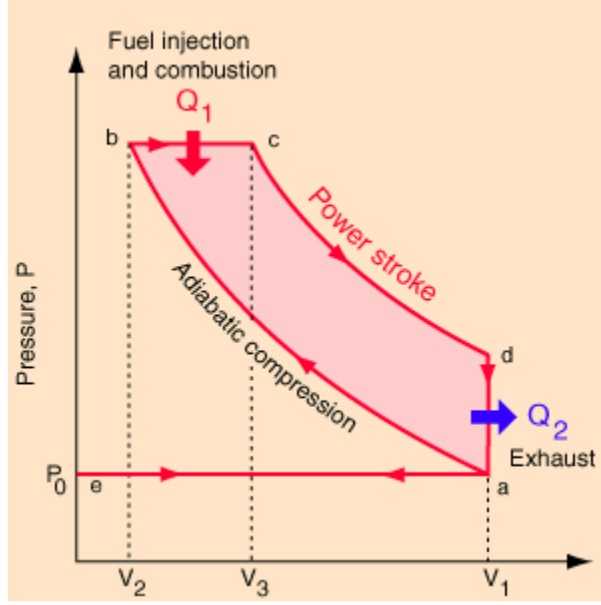
Şekil 3. Güç zamanı

Egzoz zamanı: Piston, güç darbesinde alt ölü noktaya ulaştığında güç stroku sona erer ve egzoz stroku başlar. Egzoz valfi açılır ve piston üst ölü noktaya doğru yükseldikçe yanmış gazlar egzoz deliğinden dışarı itilir. Piston üst ölü noktaya ulaştığında, egzoz valfi kapanır ve emme valfi açılır. Motor şimdi başka bir çalışma döngüsüne başlamaya hazırdır.



Şekil 4. Egzoz zamanı

Dizel motor, buji kullanmak yerine yakıtı ateşlemek için silindir içerisinde sıkıştırılan havaya enjektör yardımıyla yakıtı püskürterek yakıtın kendiliğinden tutuşmasını sağlar, böylece benzinle çalışan Otto çevriminden farklıdır. Dizel motorda hava adiyabatik olarak tipik olarak 15 ila 20 arasında bir sıkıştırma oranı ile sıkıştırılır. Bu sıkıştırma, sıcaklığı, hava sıkıştırıldıktan sonra yakıt enjekte edilerek oluşturulan yakıt karışımının tutuşma sıcaklığına yükseltir. İdeal hava standardı döngüsü, ters çevrilebilir adiyabatik bir sıkıştırma, ardından sabit basınçlı bir yanma işlemi ve sonrasında bir güç stroku olarak adiyabatik bir genişleme olarak modellenir. Egzozun sonunda, şemadaki a-e-a işlemleriyle gösterildiği gibi yeni bir hava yükü alınır.



Şekil 5. Dizel motor çevrimi

Dizel ve Otto motorları arasındaki temel fark yakıtın yanmasıdır. Bir benzinli motorda, hava/yakıt karışımı silindire girer ve stokiyometrik homojen bir karışım oluşturur ve sonrasında karışım buji ile ateşlenir. Dizel motorda hava silindire girer, yakıt enjekte edilir, kendiliğinden tutuşur ve difüzyon tipi bir yanma ile yanar.

Dizel motor:

- Daha yüksek sıkıştırma oranı (daha yüksek termodinamik verimlilik, vuruntu yok)
- Gaz keleşi yok (pompalama kaybı yok, güç ~ yakıtı)
- Yanma her zaman fakirdir (daha düşük ısı kayıpları, daha yüksek verimlilik)
- Yakıt seçimi konusunda daha esnek

2. Deneysel Hesaplamalar

2.1. Tork ve Güç Çıkışı

Motor torku, bir hidrolik dinamometre yardımıyla ölçülür. Güç çıkışı torktan saniyede radyan cinsinden açısal hız ile çarpılarak hesaplanır. Dinamometre

motorda bir fren görevi gördüğünden, çıkış şaftındaki güç “Fren Gücü” (PB) olarak adlandırılır.

$$P_B = \frac{2\pi N}{60} \times T \quad (1)$$

P_B = Fren Gücü (W)

N = Motor devri (d/dak)

T = Tork (Nm)

2.2. İdeal Bir Motorun Performansı

Motor testinin bir yönü, tork ve fren gücünün motor hızına göre nasıl değiştiğini belirlemektir. Gerçek bir motorun sonuçlarını yorumlamak için, yakıtta bulunan enerjiyi kayıpsız mekanik çalışmaya dönüştüren ideal bir motordan beklenebilecek maksimum performansı oluşturmak gerekir.

Güç çıkışı, yakıtın yakılma hızına bağlıdır. Tam yanma için yakıt, doğru kimyasal oranlarda hava ile karıştırılmalıdır. Yeterli oksijen mevcutsa, bir hidrokarbon yakıtı tamamen oksitlenebilir. Yakıttaki karbon daha sonra karbondioksit CO₂'ye ve hidrojeni su H₂O'ya dönüştürülür. Her döngüde ne kadar yakıt yakılabileceğini belirleyen silindire çekilen hava miktarıdır. Yakıtın kapladığı hacmi göz ardı ederek, her döngü sırasında silindire indüklenen hava hacmi ideal olarak süpürülen hacme eşittir. Hava atmosferden bir yoğunlukta içeri çekilirse, o zaman:

$$\text{Döngü başına ideal hava kütlesi} = \rho_a \times V_s \quad (2)$$

ρ_a = Havanın yoğunluğu (kg/m³)

V_s = Süpürme hacmi (m³)

Hava tüketim oranı;

$$\dot{m}_a = \frac{N}{60 \times n} \times \rho_a \times V_s \quad (3)$$

\dot{m}_a = motorun emdiği hava debisi (kg/s)

N = Motorun devir sayısı (d/dak)

$n = 1$ (2 zamanlı motor için)

$n = 2$ (4 zamanlı motor için)

Tam yanma varsayıldığında, birim yakıt kütlesi başına üretilen ısı kalorifik değerlere eşittir. Bu genellikle benzin için 42000 kJ/kg, dizel yakıt için 39000 kJ/kg'dır.

$H = \text{kalorifik değer (kj/kg)}$

Motora verilen ısı oranı şu şekilde hesaplanır;

$$Q_{in} = \dot{m}_f \times H \quad (4)$$

$\dot{m}_f = \text{Tüketilen yakıt debisi (kg/h)}$

Tüm enerji mekanik güce dönüştürülebilir, güç çıkışı şu şekilde olurdu;

$$P_{B,ideal} = Q_{in} \quad (5)$$

İdeal Fren Gücü Çıkışı, formül 3,4,5'te verilen diğer değişkenler cinsinden yakıt tüketim oranını ifade ederek yazılırsa;

$$P_{B,ideal} = \frac{H}{R} \times \frac{N}{60 \times n} \times \rho_a \times V_s \quad (6)$$

2.3. Fren Ortalama Efektif Basınç ve Özgül Yakıt Tüketimi

Motor verimliliğinin diğer bir ölçüsü, fren ortalama efektif basıncı (bmep) ve spesifik yakıt tüketimi (sfc) 'dir.

$$bmep = \frac{2\pi \times T \times n}{V_s \times 1000} \text{ (kPa)} \quad (7)$$

$$sfc = \frac{\dot{m}_f}{P_B} \times 1000 \text{ (g/kWh)} \quad (8)$$

Spesifik yakıt tüketimi, doğrudan bir motorun ekonomisiyle ilgili olduğu için motor performansının yararlı bir ölçüsüdür. Dolayısıyla, farklı yakıt türünün ekonomik performansını tahmin etmek için spesifik yakıt tüketimi kullanılabilir.

2.4. Isıl Verim

Termodinamikte, termal verimlilik (η_{th}), örneğin bir içten yanmalı motor, bir buhar türbini veya bir buhar motoru, bir kazan, bir fırın veya bir buzdolabı gibi termal enerji kullanan bir cihazın boyutsuz bir performans ölçüsüdür.

Termal verimlilik şu şekilde tanımlanır:

$$\eta_{th} = \frac{\text{Dönüğü başına çalışma}}{\text{Çevrim başına ısı girişi}} = \frac{W}{Q_{in}} = \frac{W}{\dot{m}_f \times H} \quad (9)$$

İçindeki terimleri genişlettiğimizde, aşağıdaki denklemi elde edebiliriz:

$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{r^{\gamma-1}} \times \frac{a^{\gamma}-1}{\gamma^{\alpha-1}} \quad (10)$$

$\alpha = \text{Kesme oranı} \left(\frac{V_3}{V_2}\right)$ (yanma aşaması için bitiş ve başlangıç hacmi arasındaki oran)

$r = \text{sıkıştırma oranı} \left(\frac{V_1}{V_2}\right)$

$\gamma = \text{özellik ısıların oranı} \left(\frac{c_p}{c_v}\right)$

2.5. Egzozdaki Isı Kaybı

Egzoz ve ortam sıcaklıkları (25 °C) arasındaki fark ölçülerek ve egzoz gazlarının özgül ısı için 1 kJ / kgK'lık tipik bir değer varsayılarak egzozda tahmini bir ısı kaybı yapılabilir.

$$\text{Egzozda ısı kaybı} = (\dot{m}_a + \dot{m}_f) \times C_{exh} \times \Delta_t$$

3. Motor Test Cihazı

Motor performans testini gerçekleştirmek için 3200 d/dak motor hızında 89 kW maksimum güce sahip ve 1800 d/dak motor hızında 295 Nm maksimum torka sahip dört silindirli, dört zamanlı, doğal emişli, su soğutmalı doğrudan enjeksiyonlu sıkıştırma ateşleme motoru kullanılacaktır. Motorun teknik özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Test motorunun teknik özellikleri

Marka	Mitsubishi Canter
Model	4D34-2A
Silindir sayısı	4
Tipi	Kızdırma bujili doğrudan enjeksiyonlu dizel
Çap	104 mm
Strok	115 mm
Güç	89 kW @ 3200 d/dak
Tork	295 Nm @ 1800 d/dak
Ağırlığı	325 kg

3.1. Tork Ölçümü

Motor torku, bir hidrolik dinamometre yardımıyla ölçülür. S tipi yük hücresi, dinamometrenin torkunu ölçmek için kullanılır (1/3000 hassasiyete sahip paslanmaz çelik). Sistem tarafından kullanılan tüm verileri almak ve toplamak için dinamometre kontrol ünitesi kullanılmıştır.

Tablo 2. Dinamometrenin teknik özellikleri

Tork aralığı	0-1700 Nm
Hız aralığı	0-7500 d/dak
Gövde ağırlığı	45 kgf
Toplam ağırlık	110 kgf
Gövde çapı	350 mm
Tork kolu uzunluğu	350 mm

3.2. Hız Ölçümü

Ana hareket hızını tespit etmek için kullanılan hız sensörü manyetik toplayıcıdır (MPU). Manyetik bir malzeme (genellikle ana taşıyıcı tarafından tahrik edilen bir dişli dişi) manyetik toplamanın sonunda manyetik alandan geçtiğinde bir voltaj oluşur. Bu voltajın frekansı, hız ile ana taşıyıcı hızını doğru bir şekilde gösteren bir sinyale çevrilir.

