



Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi : 1303
Yardımcı Ders Kitabı : 378

TERMİK MOTORLAR UYGULAMA ÖRNEKLERİ (IV. Baskı)

Yazarlar :

Prof.Dr.Güngör YAVUZCAN Prof.Dr.Ahmet SARAL

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Tarım Makinaları Bölümü

Ankara-1983

A.Ü.Ziraat Fakültesi Yayınları : 1303

Yardımcı Ders Kitapları : 378

**TERMİK MOTORLAR
UYGULAMA ÖRNEKLERİ
(IV. Baskı)**

Yazarlar :

Prof.Dr.Güngör YAVUZCAN Prof.Dr.Ahmet SARAL

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Tarım Makinaları Bölümü

ANKARA

1993

ÖNSÖZ

Termik motorlar, her kesimde uygulama alanı bulmaktadır. Bu motorların ülkemiz tarım kesimindeki uygulaması da giderek artmaktadır. Özellikle dışsal tarım kesiminin motorlaşması, hemen yalnızca, termik motorlarla sağlanmaktadır.

Termik motorların tipleri çok çeşitli ve boldur. Bu tiplerin her birinin kendine özgü karakteristikleri vardır. Bunların tümünü kapsayan tek bir yapıtın ortaya konulması olanaksızdır.

Fakültemizin Tarım Makinaları bölümü öğrencileri için yardımcı ders kitabı olarak hazırlanmış olan bu yapıtın ilk baskısı 1979, ikinci baskısı 1985 ve üçüncü baskısı 1986 yılında gerçekleştirilmiştir. Birinci, ikinci ve üçüncü baskılarının tükenmiş olması nedeniyle, bu kez dördüncü baskı yapılmıştır.

Kitap, tarım kesiminde de kullanılan termik motorların tiplerine ilişkin problemleri ve çözümleri içermektedir. Konular özlü biçimde işlenmiş olup, kitabın sonunda ayrıca çözülmemiş problemlere de yer verilmiştir.

Yapıtın öğrencilere ve meslekdaşlara yararlı olmasını dileriz.

Ankara, 1993

Prof.Dr.Güngör YAVUZCAN

Prof.Dr.Ahmet SARAL

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	3
İÇİNDEKİLER	5
1. BİRİMLER SİSTEMİ	7
1.1. Yeni Birimler	7
1.2. Birimlerin Üst ve Alt Katsayıları	8
1.3. Dönüşümler	8
2. BAZI YAPISAL ÖZELLİKLER	10
2.1. Strok Hızı	10
2.2. Sıkıştırma Oranı	10
2.3. Piston Yolu	12
2.4. Piston Hızı	14
3. TERMİK MOTORLARIN TERMODİNAMİK ÇEVİRİMLERİ	16
3.1. Termik Motorlara İlişkin Durum Değişiklikleri	16
3.2. Çevrim Diyagramları	23
4. TERMİK MOTORLARIN GÜÇ, ENERJİ VE VERİM KARAKTERİSTİKLERİ	27
4.1. Termik Motorların Güç ve Moment	27
4.2. Termik Motorların Verimleri	30
4.3. Termik Motorların Yakıt Tüketimi	32
5. MOTORLARIN DENENMESİ	34
5.1. Termik Motorların Denenmesinde Kullanılan Ölçme Düzenleri	34
	5

	<u>Sayfa</u>
5.1.1. Güç Frenleri	34
5.1.2. Devir Sayısı Ölçücükleri	36
5.1.3. Yakıt Tüketiminin Ölçülmesi	39
5.2. Termik Motorların Deneme Yöntemleri	42
6. YAKIT VE HAVA DONANIMLARI	50
6.1. İçten Yanmalı Motorlarda Püsküren Yakıtın Miktarı ve Püskürme Süresi	50
6.2. İçten Yanmalı Motorlarda Hava Miktarı	52
6.3. İçten Patlamalı Motorlarda Hava Yakıt Karışımı	53
7. TERMİK MOTORLARIN ELEKTRİK DONANIMLARI	55
7.1. Akümülatörler (Akıntoplarlar)	55
7.2. Marş Motorları	57
7.3. Şarj Dinamoları	58
8. YAĞLAMA VE SOĞUTMA	60
8.1. Yağlama	60
8.2. Soğutma	61
9. TERMİK MOTORLARIN TARIM KESİMİNDEKİ UYGULAMALARI	63
9.1. Çeki İşleri İçin Gerekli Motor gücü	63
9.2. Stasyoneri İş Makinaları ve Jenaratörler İçin Gerekli Motor Güçleri	65
9.3. Tarımsal Etkinliklerde Gereksinime Duyulan Güç, Enerji ve Yakıt Değerleri	67
10. TERMİK MOTORLARLA YAPILAN İŞİN MALİYETİ	70
11. ALIŞTIRMALAR	72
12. KAYNAKLAR	76

1. BİRİMLER SİSTEMİ

1.1 Yeni Birimler

Bu sistem, altı ana birimden oluşmaktadır. Bunlar, cetvel 1.1'de verilmiştir.

Cetvel 1.1. Yeni birimler sistemi.

Birimin adı	Kısa gösterilip)	Tanımı	Eşitliklerdeki simgesi
Metre	m	Uzunluk birimidir.	l
Kilogram	kg	Kütle birimidir.	m
Saniye	s	Zaman birimidir.	t
Amper	A	Akım şiddeti birimidir.	I
Kelvin	K	Sıcaklık birimidir.	T
Candela	cd	Işık şiddeti birimidir.	I

Bu ana birimlerden türetilen ve bu kitapta kullanılan öteki önemli birimler de, cetvel 1.2'de görülmektedir.

Cetvel 1.2. Ana birimlerden türetilen bazı birimler.

Birimin adı	Kısa gösterilip)	Tanımı	Eşitliklerdeki simgesi
Newton	N	Kuvvet birimidir. ($1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2$)	F
Newtonmetre	Nm	Dönme momenti birimidir. ($1 \text{ Nm} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$)	M_d
Watt	W	Güç birimidir. ($1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$)	P
Joule	J	Enerji (q) birimidir. ($1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$)	E
Pascal	Pa	Basınç birimidir. ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$)	P
Devir/saniye	$1/s = s^{-1}$	Devir sayısı birimidir. ($1/s = s^{-1} = \text{devir/saniye}$)	n

1.2. Birimlerin Üst ve Alt Katsayıları

Uygulamada yukarıdaki birimlerin üst ve alt katsayılarına da gereksinime duyulmaktadır. Bunlarla ilgili dönüştürme değerleri cetvel 1.3'de görülmektedir.

Cetvel 1.3. Birimlerin üst ve alt katsayıları.

Simgesi	Adı	Değeri
T	Tera	$10^{12} = 1.000.000.000.000$
G	Giga	$10^9 = 1.000.000.000$
M	Mega	$10^6 = 1.000.000$
k	Kilo	$10^3 = 1000$
h	Hekto	$10^2 = 100$
da	Deka	$10^1 = 10$
d	Desi (Desi)	$10^{-1} = 0,1$
c	Centi (Sent)	$10^{-2} = 0,01$
m	Milli (Mill)	$10^{-3} = 0,001$
µ	Mikro	$10^{-6} = 0,000.001$
n	Nano	$10^{-9} = 0,000.000.001$
p	Piko	$10^{-12} = 0,000.000.000.001$
f	Femto	$10^{-15} = 0,000.000.000.000.001$
a	Atto	$10^{-18} = 0,000.000.000.000.000.001$

1.3. Dönüşümler

Yeni ve eski birimler arasındaki ilişkilerin sağlanması amacıyla gerekli dönüşüm değerleri, toplu olarak, cetvel 1.4'de verilmiştir.

Çizelge 1.4: Dönüşüm değerleri.

Yeni birimden eski birime dönüşüm	Eski birimden yeni birime dönüşüm
1 N = 0,102 kp	1 kp = 9,81 N
1 Nm = 0,102 kp·m	1 kp·m = 9,81 Nm
1 W = 0,102 kp·m/s	1 kp·m/s = 9,81 W
1 kW = 1,36 BG = 860 kcal/h	1 BG = 0,736 kW
1 J = 0,102 kp·m = 0,239 cal	1 kp·m = 9,81 J 1 cal = 4,19 J
1 Pa = 0,102 kp/m ² 1 Pa = 0,102 mmHg	1 kp/m ² = 9,81 Pa 1 mmHg = 9,81 Pa
s ⁻¹ = 60 d/d = 60 d ⁻¹	1 d/d = 0,0143 s ⁻¹
1 rad = 57,3 grad (2π rad = 1 devir) 1 rad/s = 9,55 d ⁻¹	1 grad = 0,0175 rad 1 d ⁻¹ = 0,105 rad/s
K = °C + 273,16	°C = K - 273,16

2. BAZI YAPISAL ÖZELLİKLER

2.1. Strok Hacmi

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} H \cdot 10^3 \approx 785 D^2 H \quad \Sigma V_h \approx 785 D^2 H i = V_h i$$

V_h : Bir silindirin strok hacmi (l),
 D : Silindirin çapı (mm),
 H : Strok (mm),
 ΣV_h : Toplam strok hacmi (l),
 i : Silindir sayısı.

Örnek 1. Stroku 90 mm ve silindirin çapı 100 mm olan dört silindire bir motorun;

- Strok hacmini,
- Toplam strok hacmini bulunuz.

Çözüm:

a) $V_h = 785 D^2 H$ eşitliğinde verilenler yerlerine yazılarak,
 $V_h = 785 \cdot (0,1)^2 \cdot 0,09 \approx 0,7$ l olarak bulunur.

b) $\Sigma V_h = V_h i = 0,7 \cdot 4 = 2,8$ l.

Sonuç: a) $V_h = 0,7$ l, b) $\Sigma V_h = 2,8$ l.

2.2. Sıkıştırma Oranı

$$\epsilon = \frac{V_h + V_s}{V_h} = 1 + \frac{V_s}{V_h}$$

ϵ : Sıkıştırma oranı,
 V_h : Silindirin strok hacmi (l),
 V_s : Silindirin sıkıştırma odası hacmi (l).

Örnek 1. Silindirin hacmi 1 l ve sıkıştırma oranı 6 olan bir motorun sıkıştırma odası hacmini bulunuz.

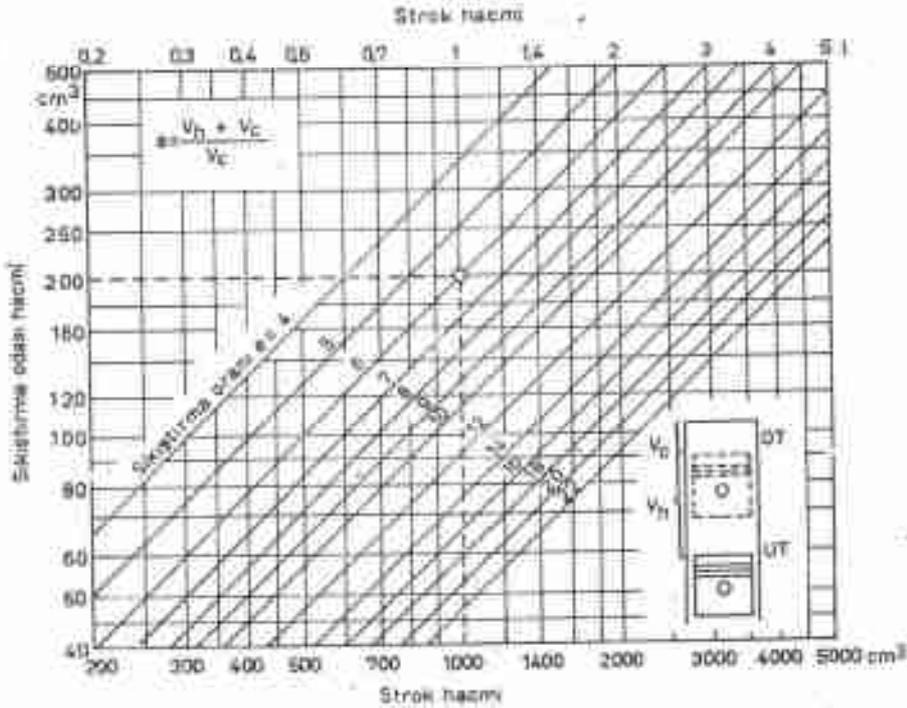
Çözüm: $e = \frac{V_h + V_c}{V_u}$ eşitliğinden gidilerek,

$6 = \frac{1 + V_c}{V_u}$ bulunur. Buradan da $6 \cdot V_c = 1 + V_c$

$V_c = 0,2 \text{ l}$ bulunur.

Sonuç: $V_c = 0,2 \text{ l}$.

Örnek 2. Örnek 1'de verilen değerlerden gidilerek ve şekil 2.1'deki grafik kullanılarak, sıkıştırma odası hacmini bulunuz.



Şekil 2. 1. Strok (V_h) ve sıkıştırma odası (V_c) hacimlerini başlı olarak sıkıştırma oranının değeri karakteristiği.

Çözüm:

Grafikte $V_h = 1000 \text{ cm}^3$ noktasından çıkılan dikmenin $e = 6$ doğrularını kestiği noktadan V_c eksenine çizilen paralel ordinat eksenini kestiği 200 cm^3 değeri, sıkıştırma odası hacmini verir.

Sonuç: $V_c = 200 \text{ cm}^3$.

2.3. Piston Yolu

Üst ölü nokta ile piston üst yüzeyi arasındaki uzaklık, krank milinin yapmış olduğu açıya göre değişmektedir. Bu uzaklığa, piston yolu adı verilmektedir.

$$H_k = r \left[1 + \frac{l}{r} - \cos \varphi - \sqrt{\left(\frac{l}{r}\right)^2 - \sin^2 \varphi} \right] \quad r = \frac{H}{\phi}$$
$$\varphi = \frac{360 \cdot n \cdot t}{60} = \phi \cdot n \cdot t$$

H_k : Piston yolu (mm),
 r : Krank milinin (döve boyunu) yarıçapı (mm),
 l : Piston kolu uzunluğu (mm),
 φ : Krank milinin yapmış olduğu açı (derece) (Ü.Ö.N.'de $\varphi = 0^\circ$, A.Ö.N.'de $\varphi = 180^\circ$),
 H : Strok (mm),
 n : Motor devri (d/d),
 t : Zaman (s).

Örnek 1. Stroku 120 mm ve piston kolu uzunluğu 240 mm olan benzînlî bir motorda;

- Ateşleme Ü.Ö.N.'ya 30° kala olduğuna göre piston yolunu,
- Emme supahı Ü.Ö.N.'ya 10° geçte açıldığına göre piston yolunu bulunuz.

Çözüm :

$$a) H_k = r \left[1 + \frac{l}{r} - \cos \varphi - \sqrt{\left(\frac{l}{r}\right)^2 - \sin^2 \varphi} \right] \text{ eşitli-$$

ğinden gidilerek,

$$H_k = 60 \left[1 + \frac{240}{60} - \cos 30 - \sqrt{\left(\frac{240}{60}\right)^2 - \sin^2 30} \right]$$

$$H_k = 9,921 \text{ mm} \approx 10 \text{ mm} \text{ elde edilir.}$$

b) Aynı eşitlikten gidilerek,

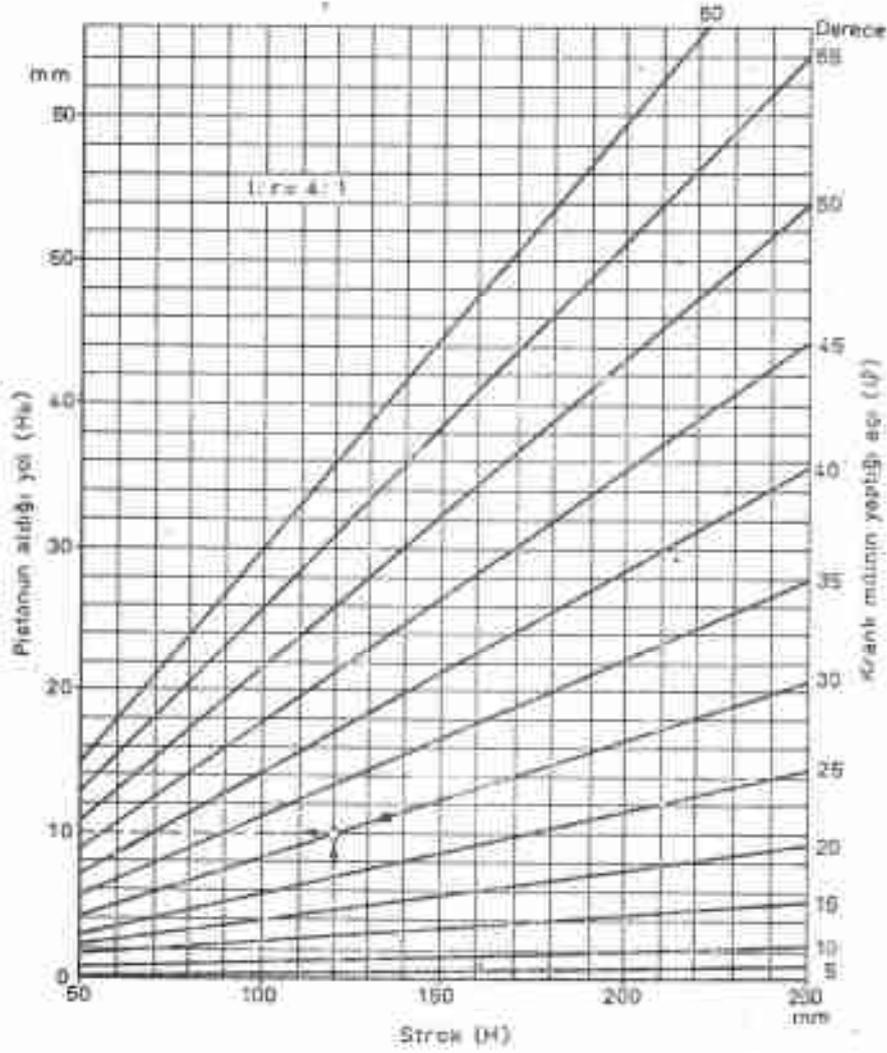
$$H_k = 60 \left[1 + \frac{240}{60} - \cos 10 - \sqrt{\left(\frac{240}{60}\right)^2 - \sin^2 10} \right]$$

$$H_k = 1,14 \text{ mm} \approx 1 \text{ mm} \text{ bulunur.}$$

Sonuç:

a) $H_2 \approx 10$ mm, b) $H_3 \approx 1$ mm.

Örnek 2. Örnek 1.a' da verilen değerleri kullanarak ve şekil 2.2'den yararlanarak piston yolunu bulunuz.



Şekil 2.2. Stroke ve krank milinin yarıçapı olduğu açıya bağlı olarak piston yolunun

değişim karakteristiği $\left(\frac{r}{s} = \frac{4}{1} \text{ için} \right)$

Çözüm : Grafikte $H = 120$ noktasından çıkan dikmenin $\varphi = 30^\circ$ doğrularını kestiği noktadan apsis eksenine çizilen paralelin ordinat eksenini kestiği 10 mm değeri, yaklaşık olarak piston yolunu verir.

Sonuç : 10 mm.

Örnek 3. Dakikadaki devir sayısı 3600 olan bir motorda ateşlemenin piston Ü.Ö.N'ya gelmeden $0,0015$ s önce olması istenmektedir. Buna göre, n anda krank milinin yapmış olduğu açığı bulunuz.

Çözüm :

$\varphi = 6 \cdot n \cdot t$ eşitliğinde verilenler yerlerine yazılarak,

$$\varphi = 6 \cdot 3600 \cdot 0,0015 = 32,4^\circ \text{ bulunur.}$$

Sonuç : $\varphi = 32,4^\circ$.

2.4. Piston Hızı

$$x = \frac{H \cdot n}{19100} \left(\sin \varphi + \frac{1}{2} \frac{r}{l} \cdot \sin 2\varphi \right) \quad r = \frac{H}{2}$$

$$v_m = \frac{H \cdot n}{10000} \quad v_{max} = 1,01 v_m \left(\frac{l}{r} = 4,5 \text{ kabulünde} \right)$$

$$v_{max} = 1,62 v_m \left(\frac{l}{r} = 4 \text{ kabulünde} \right)$$

x : Belli bir andaki piston hızı (m/s),
 H : Strok (mm),
 n : Motor devir sayısı (d/d),
 r : Krank mil (devir boyu) yarıçapı (mm),
 l : Piston kolu uzunluğu (mm),
 φ : Krank milinin yapmış olduğu açı (derece) (Ü.Ö.N.'da $\varphi = 0$ derece, A.Ö.N.'da $\varphi = 180$ derece),
 v_m : Piston ortalama hızı (m/s),
 v_{max} : Pistonun maksimum hızı (m/s).

Örnek 1. Piston kolu uzunluğu 180 mm, stroku 90 mm ve dakikadaki devir sayısı 5000 olan içten patlamalı (Otto, benzinci) bir motorda;

- Ortalama piston hızını,
- Maksimum piston hızını,
- Ü.Ö.N.'ya 30° kala ateşleme olduğuna göre, ateşleme anındaki piston hızını bulunuz.

Çözüm:

a) $c_m = \frac{H \cdot n}{30000}$ eşitliğinden gidilerek,

$$c_m = \frac{90 \cdot 5000}{30000} = 15 \text{ m/s elde edilir.}$$

b) $r = \frac{H}{2}$ oranından yararlanarak $r = 45 \text{ mm}$ bulunur.

Bu koşulda $\frac{l}{r} = \frac{180}{45} = 4$ olduğundan, $c_{\max} = 1,62 c_m$ eşitliğinden yararlanarak sonuca varılabilir:

$$c_{\max} = 1,62 \cdot 15 = 24,3 \text{ m/s.}$$

c) $c = \frac{H \cdot n}{19100} (\sin \varphi + \frac{1}{2} \cdot \frac{r}{l} \cdot \sin 2\varphi)$ eşitliğinden gidilerek,

$$c = \frac{90 \cdot 5000}{19100} (\sin 30 + \frac{1}{2} \cdot \frac{45}{180} \cdot \sin 60) = 14,33 \text{ m/s bulunur.}$$

Sonuç: a) $c_m = 15 \text{ m/s}$, b) $c_{\max} = 24,3 \text{ m/s}$, c) $c = 14,33 \text{ m/s}$.

3. TERMİK MOTORLARIN TERMODİNAMİK ÇEVİMLERİ

3.1. Termik Motorlara İlgili Durum Değişimleri

Ata Hüzneler	Mekanik İş
<i>Sabit Sıcaklık Durum Değişimi (İzotermik Değişim)</i>	
$T = \text{sabit}$ $P_1 V_1 = P_2 V_2$	$W_{1,2} = P_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$ $W_{1,2} = P_2 V_2 \ln \frac{V_2}{V_1}$ $W_{1,2} = P_1 V_1 \ln \frac{P_1}{P_2}$ $W_{1,2} = P_2 V_2 \ln \frac{P_1}{P_2}$ $\ln = 2.3 \log$
<i>İsotermik Durum Değişimi</i>	
$P_1 V_1^k = P_2 V_2^k$ $T_1 V_1^{k-1} = T_2 V_2^{k-1}$ $k = \frac{C}{v}$	$W_{1,2} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-k}$
<i>Polytropik Durum Değişimi</i>	
$P_1 V_1^n = P_2 V_2^n$ $\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{n-1}{n}} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{n-1}$ $n = \frac{\log \frac{P_2}{P_1}}{\log \frac{V_1}{V_2}}$	$W_{1,2} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-n}$ $W_s = W_{1,2} + W_{2,1} + W_{3,4}$ $N_s = n_s \cdot W_s$
<i>Sabit Basıncı Durum Değişimi (İzobarik Değişim)</i>	
$P = \text{sabit}$ $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$W_{1,2} = P(V_2 - V_1)$
<i>Sabit Hacimde Durum Değişimi (İzokromatik Değişim)</i>	
$V = \text{sabit}$ $\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$	

Bu eşitliklerde :

P_1 : İlk basınç (Pa),	C : Sabit basınç altındaki ısıma oranı,
V_1 : İlk hacim (m^3),	c : Sabit hacim altındaki ısıma oranı,
P_2 : Son basınç (Pa),	n : Üs faktörü (her özel durumda için deneylerle saptanabilir. Pratik uygulamalarda 1,3 olarak alınabilir),
V_2 : Son hacim (m^3),	T_1 : Sıcaklık (K),
$W_{1,2}, W_{2,3}, W_{3,4}$: Durum değişimleri sırasında sisteme verilen veya sistemden alınan işler (Nm),	T_2 : İlk sıcaklık (K),
\ln : Tabii ("e" tabanına göre) logaritma,	W_1 : Toplam iş (Nm),
\log : 10 tabanına göre logaritma,	N_1 : Motorun ezişme gücü (Watt),
k : Üs faktörü (hava için $C = 0,28$ ve $c = 0,17$ olduğundan $k \approx 1,4$)	n_1 : Saniyedeki çevrim sayısı (s^{-1}),

Örnek 1. İçten patlamalı bir motorun sıkıştırma oranı 5:1 olarak bulunmuştur. Sıkıştırmanın başlangıç ve bitimindeki basınçlar sırasıyla $P_1 = 1,033 \text{ kp/cm}^2$ ($= 0,101 \text{ MPa}$) ve $P_2 = 8,4 \text{ kp/cm}^2$ ($= 0,824 \text{ MPa}$) olarak saptanmıştır.

Bu bilinenlere göre, politropik değişimdeki (n) üs faktörünün değerini bulunuz.

Çözüm :

$$n = \frac{\log \frac{P_2}{P_1}}{\log \frac{V_1}{V_2}} \text{ eşitliğinden gidilerek,}$$

$$n = \frac{\log \frac{8,4}{1,033}}{\log \frac{5}{1}} = \frac{\log 8,132}{\log 5} \approx 1,302 \text{ bulunur.}$$

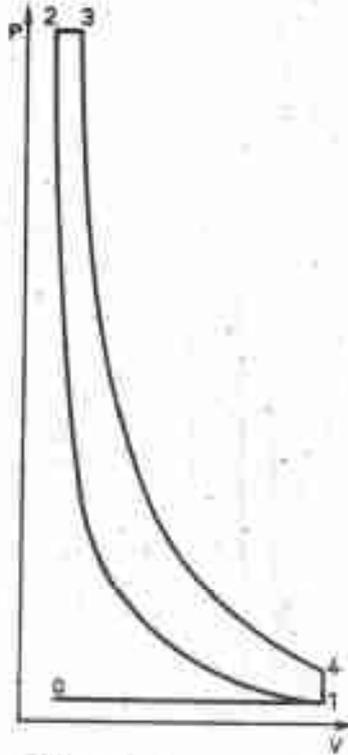
Sonuç : $n \approx 1,302$.

Örnek 2. Bir termik motorun strok hacmi $V_h = 1932 \text{ cm}^3$, sıkıştırma odası hacmi $V_s = 138 \text{ cm}^3$ dir. Sıkıştırma oranı 15:1, sıkıştırma başlangıcındaki basınç $P_1 = 1,033 \text{ kp/cm}^2$ ($= 0,101 \text{ MPa}$), genişleme sonunda ulaşılan basınç da $P_2 = 2,8 \text{ kp/cm}^2$ ($= 0,275 \text{ MPa}$) olarak bulunmuştur. Çevrim sırasında şekil 3.1'deki grafik elde edilmiştir.

Bu bilinenlere göre ve $n = 1,3$ değerini alarak;

- Grafikteki durum değişimlerinin tiplerini saptayınız,
- Sıkıştırma sırasında sistemin aldığı işi bulunuz,

- c) Genleşme sırasında sistemin verdiği işi bulunuz,
d) Çevrim sırasındaki toplam işi bulunuz,
e) 4 zamanlı olan bu motorun dakikadaki devir sayısını 2400 olduğuna göre, endike gücü bulunuz.



Şekil 3.1. Termik motor çevrimi.

Çözüm :

- a) 0-1 : Eş basınç,
1-2 : Polotropik sıkıştırma,
2-3 : Eş basınç,
3-4 : Polotropik genleşme,
4-1 : Eş hacim eğrileridir.

b) Sıkıştırma işi, $W_{1,2} = \frac{P_2 \cdot V_2 - P_1 \cdot V_1}{1 - n}$ eşitliğinden ya-

tarafından bulunabilir. Burada önce, verilmeyen değerlerin bulunması gerekmektedir:

$P_1 \cdot V_1^n = P_2 \cdot V_2^n$ eşitliğinden gidilerek, P_2 bulunabilir:

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^n = 1,033 \left(\frac{15}{1} \right)^{1,3} \approx 35 \text{ kp/cm}^2 (= 3,431 \text{ MPa}).$$

Sıkıştırma başlangıcındaki hacim,

$V_2 = V_h + V_s = 1932 + 138 = 2070 \text{ cm}^3$ olarak bulunur.

$$W_{12} = \frac{35 \cdot 138 - 1,033 \cdot 2070}{1 - 1,3} \approx -8972 \text{ kpcm} =$$

$$-89,72 \text{ kpm} (= -880,183 \text{ Nm}) \text{ olarak elde edilir.}$$

c) $W_{34} = \frac{P_4 V_4 - P_3 V_3}{1 - n}$ eşitliğinden gidilerek,

genleşme sırasında sistemin verdiği iş bulunur:

$P_1 = P_2 = 35 \text{ kp/cm}^2$, $V_4 = V_1 = 2070 \text{ cm}^3$ olduğu gözlemlenmektedir. Bu değerler aşağıdaki eşitlikte yerine yazılarak V_3 bulunur:

$$V_3 = \left(\frac{P_4}{P_3} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot V_4 = \left(\frac{2,8}{35} \right)^{\frac{1}{1,3}} \cdot 2070 \approx 297 \text{ cm}^3.$$

Bu bilinenlere göre:

$$W_{34} = \frac{P_4 \cdot V_4 - P_3 \cdot V_3}{1 - n} = \frac{2,8 \cdot 2070 - 35 \cdot 297}{1 - 1,3} = 15330 \text{ kpcm}$$

$$= 153,30 \text{ kpm} (= 1503,873 \text{ Nm}) \text{ olarak bulunur.}$$

d) Çevrim sırasındaki toplam işin (W_t) bulunabilmesi için sıkıştırma sırasında sistemin aldığı işten ve genleşme sırasında sistemin verdiği işten başka 2-3 noktaları arasında yapılan işin de bilinmesi gerekmektedir.

E_2 basmaç altında oluşan bu iş, aşağıdaki eşitliğe göre bulunabilir:

$$W_{23} = P_2(V_3 - V_2) = 35(297 - 138) = 5565 \text{ kpcm}$$

$$= 55,65 \text{ kpm} (= 545,927 \text{ Nm}).$$

Bilinen değerler yerlerine yazılırsa,

$$W_1 = W_{1,2} + W_{2,3} + W_{3,4} = 55,65 + 153,30 - 89,72 \\ = 119,23 \text{ kpm} (= 1169,646 \text{ Nm}) \text{ elde edilir.}$$

e) Dört zamanlı motorlarda her iki devirde bir çevrim oluşmaktadır. Örnekteki motor, 2200 d/d yaptığına göre, dakikada 1200 çevrim çıkacaktır. Saniyedeki çevrim sayısı (n_1) 20 olacaktır. Buna göre endike güç (N_1) aşağıdaki gibi bulunur:

$$N_1 = n_1 \cdot W_1 = 30 \cdot 119,23 = 2384,60 \text{ kpm/s} \approx \\ 31,8 \text{ BG} \approx 23,4 \text{ kW.}$$

Sonuç:

- 0-1: Eş basınç, 1-2: politropik sıkıştırma, 2-3: eş basınç, 3-4: politropik genişleme, 4-1: eş hacim eğrileridir;
- $W_{1,2} = -89,72 \text{ kpm} (= -880,162 \text{ Nm});$
- $W_{2,3} = 153,30 \text{ kpm} (= 1503,873 \text{ Nm});$
- $W_1 = 119,23 \text{ kpm} (= 1169,646 \text{ Nm});$
- $N_1 \approx 31,8 \text{ BG} \approx 23,4 \text{ kW.}$

Örnek 3. Bir termik motorun sıkıştırma odası hacmi, strok hacminin $1/13$ 'ü kadardır. Sıkıştırma başlangıcındaki basınç $1,03 \text{ kp/cm}^2$ olduğuna göre, sıkıştırma sonundaki basıncı bulunuz.

Çözüm:

$\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^n = \frac{P_2}{P_1}$ eşitliğinden gidilerek, sıkıştırma sonundaki P_2 basıncı bulunabilir.

Bunun için önce $\frac{V_1}{V_2} = \frac{V_h + V_c}{V_c}$ eşitliğinin sağ tarafını V_c 'a göre düzenleyelim:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{V_h + \frac{1}{13} V_h}{\frac{1}{13} V_h} = \frac{1 + \frac{1}{13}}{\frac{1}{13}} = 14.$$

Balanan değeri,

$$\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^n = \frac{P_2}{P_1} \text{ eşitliğinde yerine koyarak;}$$

$$(14)^{1,3} = \frac{P_2}{1,03} \text{ bulunur. } P_2 = 1,03 \cdot (14)^{1,3} \approx 31,83 \text{ kp/cm}^2.$$

(= 3,13 MPa) olarak elde edilir.

Sonuç: $P_2 \approx 31,83 \text{ kp/cm}^2$ (= 3,12 MPa).

Örnek 4. Bir motorun sıkıştırma başlangıcındaki sıcaklığı 40°C ve sıkıştırma oranı da 14:1 olarak bilinmektedir. Bu motorun sıkıştırma sonundaki sıcaklığını bulunuz.

Çözüm: Verilenler $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\kappa-1}$ eşitliğinde yerine yansarak,

$$\frac{T_2}{40 + 273} = \left(\frac{14}{1}\right)^{1,3-1} \text{ bulunur. Buradan da}$$

$$T_2 = 313 \cdot (14)^{0,3} \approx 691 \text{ K elde edilir.}$$

Sonuç: $T_2 \approx 691 \text{ K}$.

Örnek 5. Çevrim diyagramı şekil 3.2'de verilmiş bulunan içten patlamalı bir motorun sıkıştırma oranı 6:1 ve silindir hacmi 11,3 l olarak bulunmuştur. Sıkıştırma başlangıcındaki basıncı $P_1 = 1,033 \text{ kp/cm}^2$ (= 0,101 MPa) ve o noktadaki sıcaklık da $T_1 = 333 \text{ K}$ 'dir. Patlama sonunda elde edilen sıcaklık $T_2 = 2573 \text{ K}$ 'dir. Bu hilenlere göre;

- Sıkıştırma ve genleşme sonundaki sıcaklıkları bulunuz.
- Bir çevrimde elde edilen teorik net işi bulunuz.

Çözüm:

$$a) T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\kappa-1} \text{ eşitliğinden giderek sıkıştırma sonun-}$$

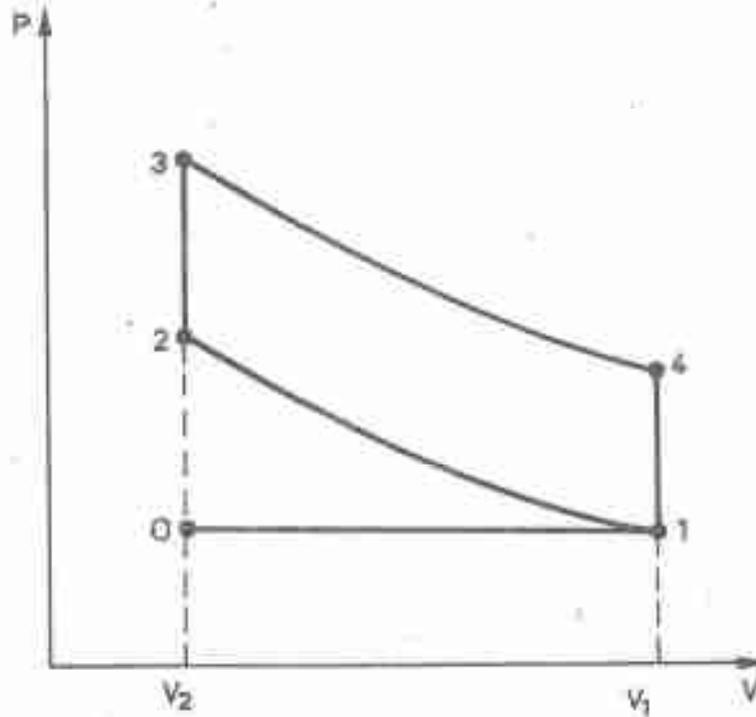
daki sıcaklık bulunabilir:

$$T_2 = 333 \left(\frac{6}{1}\right)^{1,3-1} = 333 \cdot 6^{0,3} \approx 570 \text{ K.}$$

Genleşme sonundaki sıcaklığın bulunabilmesi için V_3 ve V_4 değerlerinin bilinmesi gerekmektedir:

$$V_3 = V_2 = \frac{V_1}{6} = \frac{11,3}{6} \approx 1,883 \text{ l,}$$

$$V_4 = V_3 = 11,3 \text{ l.}$$



Şekil 2.2. Örnek 2'nin ilgili çevrim diyagramı.

Bulunan değerler $T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa-1}$ eşitliğinde yerine yazılarak,

$$T_2 = 2573 \left(\frac{1,883}{11,3} \right)^{1,4-1} \approx 1503 \text{ K bulunur.}$$

b) Teorik net işin (W_{net}) bulunabilmesi için önce 1-2 noktaları arasındaki sıkıştırma işi ile 3-4 noktaları arasındaki genleşme işinin bulunması gerekmektedir:

$$W_{1,2} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1 - \kappa} \text{ eşitliğinden gidilerek sıkıştırma}$$

işi bulunabilir:

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa} = 1,033 \left(\frac{6}{1} \right)^{1,4} = 10,610 \text{ kp/cm}^2 \\ (= 1,049 \text{ MPa});$$

$$W_{1,2} = \frac{10,610 \cdot 1883 - 1,033 \cdot 11300}{1-1,3} \approx - 27686 \text{ kJcm}$$

$$= - 276,86 \text{ kJcm} (= - 2715,997 \text{ Nm}).$$

$$W_{3,4} = \frac{P_3 \cdot V_4 - P_4 \cdot V_3}{1-n} \text{ eşitliğinden gidilerek genişleme işi}$$

bulunabilir:

$$P_3 = \frac{T_3}{T_2} \cdot P_2 = \frac{2573}{570} \cdot 10,610 = 47,894 \text{ kp / cm}^2$$

$$(= 4,695 \text{ MPa});$$

$$P_4 = P_3 \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^n = 47,894 \left(\frac{1883}{11300} \right)^{1,3} \approx 4,662 \text{ kp / cm}^2$$

$$(= 0,457 \text{ MPa});$$

$$W_{3,4} = \frac{4,662 \cdot 11300 - 47,894 \cdot 1883}{1-1,3} \approx 125013 \text{ kJcm}$$

$$= 1250,13 \text{ kJcm} (= 12263,775 \text{ Nm})$$

$$W_s = W_{1,2} + W_{3,4} = - 276,86 + 1250,13 = 973,27 \text{ kJcm}$$

$$(= 9547,779 \text{ Nm}) \text{ bulunur.}$$

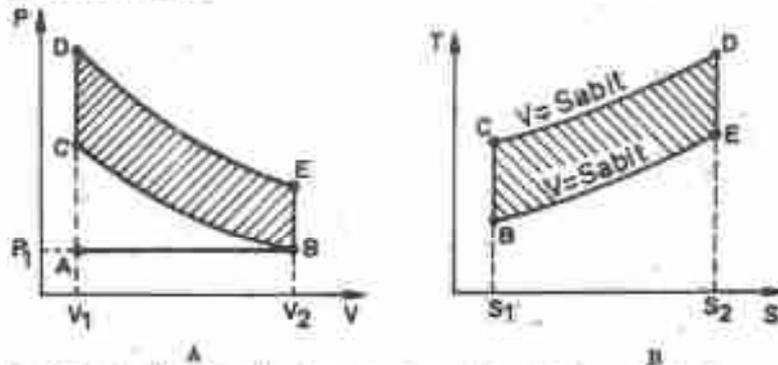
Sonuç:

a) $T_2 \approx 570 \text{ K}$, $T_4 \approx 1503 \text{ K}$,

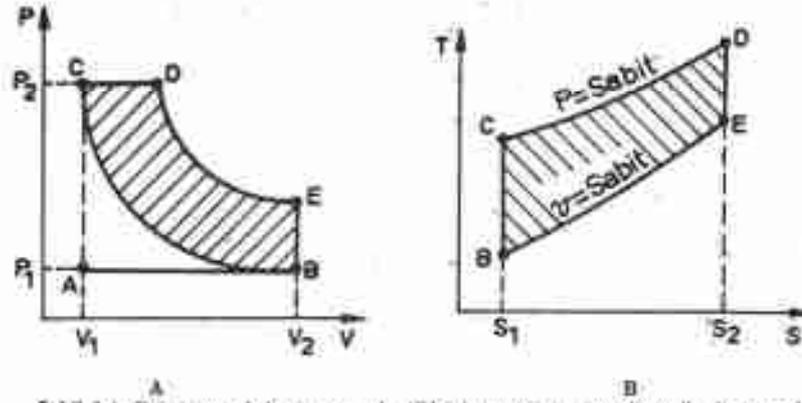
b) $W_s = 973,27 \text{ kJcm} (= 9547,779 \text{ Nm})$;

3.2. Çevrim Diyagramları

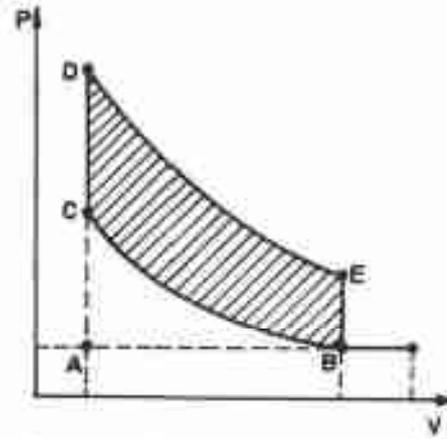
Her termik motorun kendine özgü çevrim diyagramı vardır. Bunlar, termodinamik ilkelerle çözümlenen çevrim diyagramlarından ve endikatör cihazlarıyla çizilen endikatör diyagramlarından oluşmaktadır. Bu bölümle ilgili olan diyagramlar aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir (Şekil 3.3. ... 3.9).



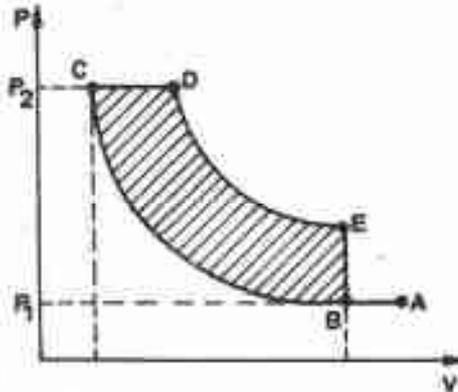
Şekil 3.3. Dört zamanlı içten pistonlu motorun termodinamik diyagramları (A: Clapeyron ve B: entropik diyagramlar).



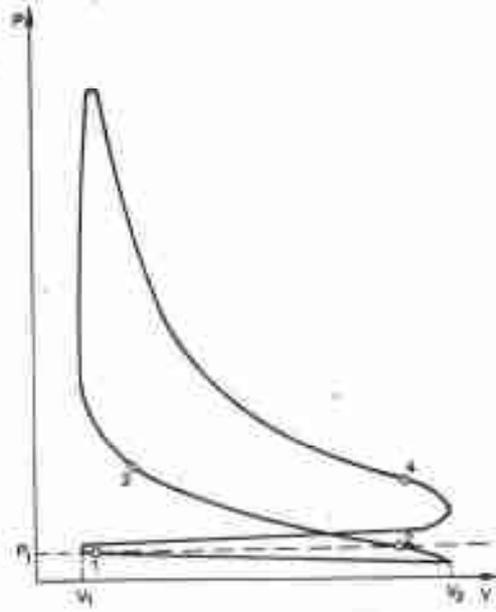
Şekil 3.4. Dört zamanlı içten yananlı (Diesel) motorun termodinamik diyagramları.
(A: Clapeyron ve B: entropik diyagramlar).



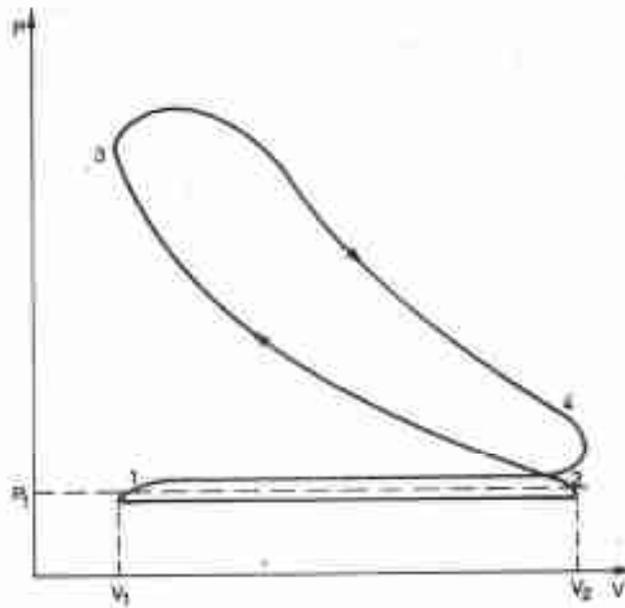
Şekil 3.5. İki zamanlı içten patlamalı motorun termodinamik diyagramı.



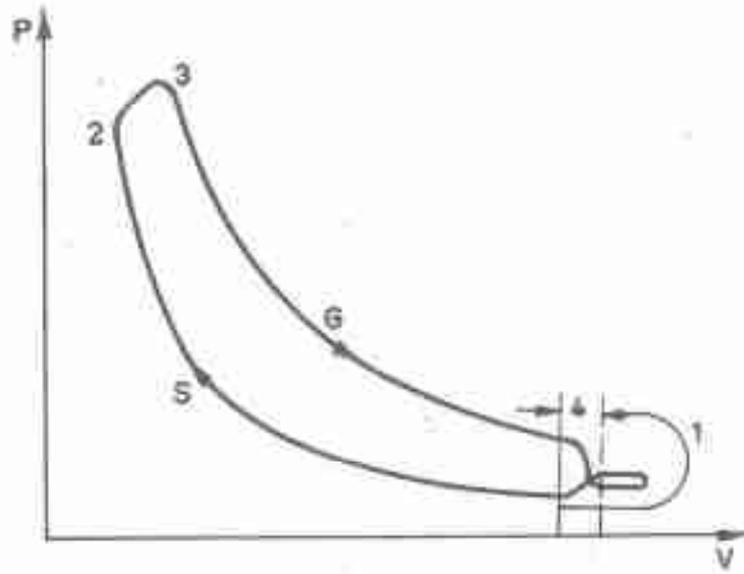
Şekil 3.6. İki zamanlı içten yananlı motorun termodinamik diyagramı.



Şekil 3.7. Dört zamanlı içten patlamalı motorun endikatör diyagramı.



Şekil 3.8. Dört zamanlı içten yanmalı motorun endikatör diyagramı.



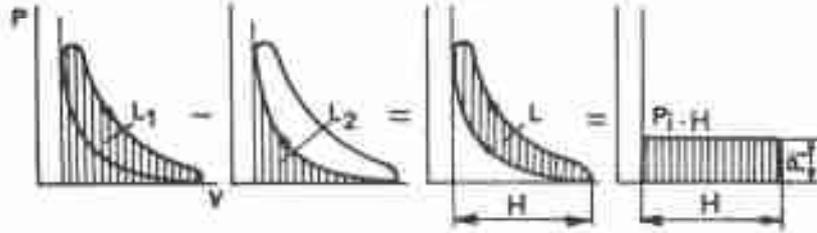
Şekil 3.10. İki aşamalı motorun emiliminde döngü.

4. TERMİK MOTORLARIN GÜC, ENERJİ VE VERİM KARAKTERİSTİKLERİ

4.1. Termik Motorlarda Güc ve Moment

Dört zamanlı motorlarda:	İki zamanlı motorlarda:
$N_e = \frac{V_d \cdot n \cdot p_i}{900}$	$N_e = \frac{V_d \cdot n \cdot p_i}{450}$
$N_l = \frac{F \cdot H \cdot i \cdot n \cdot p_i}{9000}$	$N_l = \frac{F \cdot H \cdot i \cdot n \cdot p_i}{4500}$
$N_e = N_l \cdot \eta_m$ $N_e = \frac{M_d \cdot n}{716,2}$	
<p> N_e : Etkili güç (BG), V_d : Toplam strok hacmi (l), n : Motor devri (d/s), p_i : Ortalama sürekli iş basıncı (bar/cm²) (şekil 4.1), F : Piston kaat alanı (cm²), H : Strok (m), i : Silindire sayı, N_e : Aksal güç (effektif güç) (BG), η_m : Mekanik verim (işler derecesi) (%), M_d : Dönme momenti (kgm). </p>	
Dört zamanlı motorlarda:	İki zamanlı motorlarda:
$N_e = \frac{V_d \cdot n \cdot p_i}{2}$	$N_e = V_d \cdot n \cdot p_i$
$N_l = \frac{F \cdot H \cdot i \cdot n \cdot p_i}{10}$	$N_l = \frac{F \cdot H \cdot i \cdot n \cdot p_i}{10}$
$N_e = N_l \cdot \eta_m$ $N_e = \frac{M_d \cdot n}{130,1}$	
<p> N_e : Etkili güç (kW), V_d : Toplam strok hacmi (l), n : Motor devri (d/s), p_i : Ortalama sürekli iş basıncı (MPa), F : Piston kaat alanı (cm²), H : Strok (m), i : Silindire sayı, N_e : Aksal güç (effektif güç) (kW), η_m : Mekanik verim (işler derecesi) (%), M_d : Dönme momenti (Nm). </p>	

Ortalama endike iç basınç, endikatör diyagramından yararlanılarak bulunabilir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Ortalama endike iç basınç

Örnek 1. İki silindireli ve 4 zamanlı içten yanmalı bir motorun silindir çapı 90 mm ve stroku da 100 mm'dir. Silindirlerin içindeki ortalama endike iç basınç $6,1 \text{ kp/cm}^2$ ($= 0,598 \text{ MPa}$) olarak saptanmıştır. Bu bilinenlere göre, motorun 2000 d/d ($= \frac{1000}{3} \text{ d/s}$)'de geliştireceği gücü (BG ve kW olarak) bulunuz.

Çözüm: Önce iki silindirin toplam strok hacminin bulunması gerekmektedir.

$$V_h = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H \cdot 10^3 \cdot 2 = \frac{3,14 \cdot (90)^2}{4} \cdot 0,1 \cdot 10^3 \cdot 2 = 1,27 \text{ l.}$$

Endike güc $N_1 = \frac{V_h \cdot n \cdot p_1}{900}$ eşitliğinden gidilerek bulunabilir:

$$N_1 = \frac{1,27 \cdot 2000 \cdot 6,1}{900} \approx 17,2 \text{ BG.}$$

$$N_1 = \frac{F \cdot H \cdot l \cdot n \cdot p_1}{9000} \text{ eşitliğinden yararlanılmak istenilirse,}$$

Önce piston kesit alanı (F) bulunur:

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (90)^2}{4} = 63,585 \text{ cm}^2.$$

Bulunan ve verilenler yerine konulursa:

$$N_1 = \frac{63,585 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 2000 \cdot 6,1}{9000} \approx 17,2 \text{ BG bulunur.}$$

Motor gücünü kW olarak bulmak için,

$$N_i = \frac{V_s \cdot n \cdot p_i}{2} \text{ veya } N_i = \frac{F \cdot H \cdot i \cdot n \cdot p_i}{20} \text{ eşitliklerinden}$$

yararlanılabılır:

$$N_i = \frac{V_s \cdot n \cdot p_i}{2} = \frac{1,27 \cdot \frac{100}{3} \cdot 0,598}{2} \approx 12,7 \text{ kW}$$

olarak bulunur.

Sonuç: $N_i \approx 17,2 \text{ BG} \approx 12,7 \text{ kW}$.

Örnek 2. Piston çapı ve stroku örnek 1'deki motorla aynı büyüklükte olan iki samanlı, iki silindireli içten yanmalı motorun silindir iç basıncı $3,8 \text{ kp/cm}^2 (= 0,373 \text{ MPa})$ olduğuna göre, aynı devir sayısında bu motorun geliştirebileceği gücü bulunuz.

Çözüm:

$$N_i = \frac{F \cdot H \cdot i \cdot n \cdot p_i}{4500} \text{ eşitliğinden yararlanarak güc,}$$

$$N_i = \frac{63,585 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 2000 \cdot 3,8}{4500} \approx 21,5 \text{ BG olarak bulunur.}$$

Gücü kW olarak bulmak için aşağıdaki eşitlikten yararlanılır:

$$N_i = V_s \cdot n \cdot p_i = 1,27 \cdot \frac{100}{3} \cdot 0,373 \approx 15,8 \text{ kW.}$$

Sonuç: $N_i \approx 21,5 \text{ BG} \approx 15,8 \text{ kW}$.

Örnek 3. İçten patlamalı bir motorun $3600 \text{ d/d} (= 60 \text{ d/s})$ 'deki dönme momenti $0,737 \text{ kpm} (= 7,23 \text{ Nm})$ olduğuna göre, bu koşullardaki gücünü bulunuz.

Çözüm:

$$N_s \text{ (BG)} = \frac{M_d \cdot n}{716,2} \text{ ve } N_s \text{ (kW)} = \frac{M_d \cdot n}{159,1} \text{ eşitliğinden}$$

gidilerek,

$$N_e = \frac{0,737 \cdot 3600}{716,2} \approx 3,70 \text{ BG ve } N_e = \frac{7,23,60}{159,1} \approx 2,73 \text{ kW}$$

bulunur.

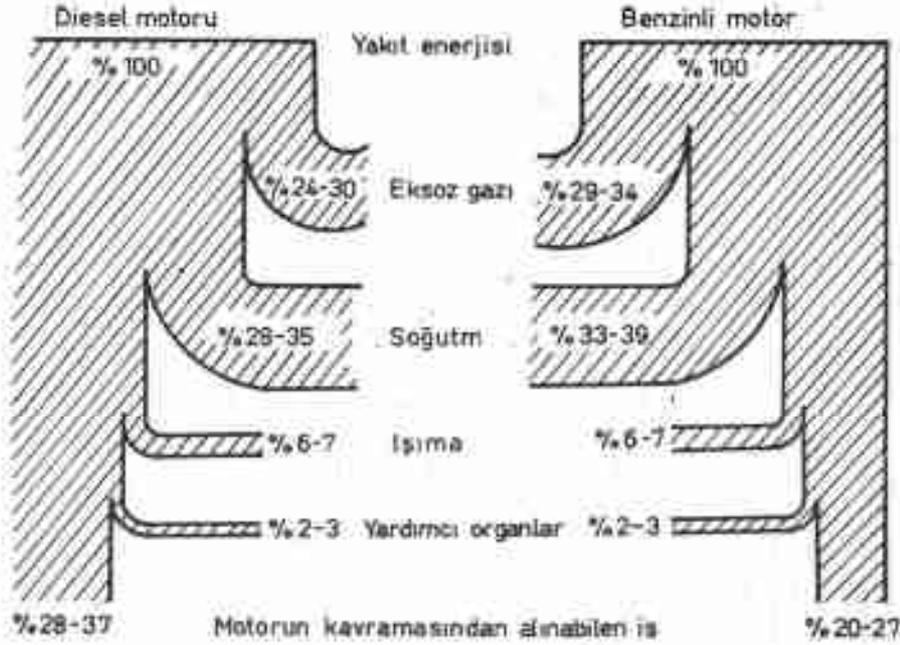
$$\text{Sonuç: } N_e \approx 3,70 \text{ BG} \approx 2,73 \text{ kW.}$$

4.2. Termik Motorların Verimleri

$\eta_c = \frac{T_2 - T_1}{T_1}$	$\eta_T = \eta_c \cdot \eta_m$
$\eta_m = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$	$\eta_T = \frac{N_e \text{ (BG) \cdot 60}}{Q_e}$
$\eta_k = \frac{Q_1}{Q_e} = \frac{N_e}{N_s}$	$\eta_T = \frac{N_e \text{ (kW) \cdot 100}}{Q_e}$
$\eta = \frac{N_e}{N_s} = \frac{N_e}{N_s + N_k} = \frac{N_e}{P_1}$	

η_c : Carnot çevriminin verimi,
 T_1 : Sıcak kaynağın sıcaklığı (K),
 T_2 : Soğuk kaynağın sıcaklığı (K),
 η_m : Çevrimin teorik verimi,
 Q_1 : Yanma veya ısıtılma ortamında devreye verilen ısı (kcal),
 Q_2 : Ekserj galarıyla dışarıya atılan ısı (kcal),
 η_k : Gerçek termik verim,
 Q_1 : Alınan enerji (kcal),
 Q_e : Verilen enerji (kcal),
 N_s : Alınan güç (BG veya kW),
 N_e : Verilen güç (BG veya kW),
 η_m : Mekanik verim,
 N_s : Anma gücü (effektif güç) (BG veya kW),
 N_k : Kayıp güç (BG veya kW),
 P_1 : Ortalama efektif iç basınç (kg/cm² veya MPa),
 P_2 : Ortalama emilme iç basınç (kg/cm² veya MPa),
 η_T : Toplam verim.

Termik motorların verimleri gazların çeşitli kayıplar etkisi altındadır. Bu kayıplar, farklı motorlarda değişik değerler göstermektedir. Ortalama olarak şekil 4.2'deki değerler gösterilebilir.



Şekil 4.2. Termik motorların ısı kayıplarını gösteren blok grafiği.

Örnek 1. İçten patlamalı bir motorun patlama sonundaki silindir iç sıcaklığı $T_1 = 3750 \text{ K}$, eksoz gazları sıcaklığı da $T_2 = 800 \text{ K}$ 'dir. Motorun endike gücü 50 kW ve saatlik yakıt tüketimi de 12 kg 'dır. Motorun ortalama devir sayısında ölçülen fren gücü (anma gücü) 40 kW olarak bulunmuştur. Benzinin ısı değeri 10 500 kcal/kg 'dir. Bu bilgilere göre;

- Aynı koşullarda çalışan Carnot çevriminin verimini,
- Termik verimi,
- Mekanik verimi,
- Toplam verimi bulunuz.

Çözüm:

$$a) \eta_c = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \text{ eşitliğinden gidilerek,}$$

$$\eta_c = \frac{3750 - 800}{3750} \approx 0,71 \text{ bulunur.}$$

$$b) Q_1 = 50 \text{ kW} \cdot 860 \text{ kcal/kW} = 43.000 \text{ kcal.}$$

$$Q_2 = 12 \text{ kg} \cdot 10.500 \text{ kcal/kg} = 126.000 \text{ kcal.}$$

Bu bilinçler $\eta_c = \frac{Q_1}{Q_2}$ eşitliğinde yerlerine yazılarak termik verim,

$$\eta_c = \frac{43.000}{126.000} \approx 0,34 \text{ olarak bulunur.}$$

c) Mekanik verim $\eta_m = \frac{N_2}{N_1}$ eşitliğinden gidilerek,

$$\eta_m = \frac{40}{50} = 0,80 \text{ bulunur.}$$

d) $\eta_T = \eta_c \cdot \eta_m$ eşitliğinden gidilerek, toplam verim bulunur:

$$\eta_T = 0,34 \cdot 0,80 \approx 0,27.$$

Sonuç:

$$a) \eta_c \approx 0,71 = \% 71,$$

$$b) \eta_c \approx 0,34 = \% 34,$$

$$c) \eta_m \approx 0,80 = \% 80,$$

$$d) \eta_T \approx 0,27 = \% 27.$$

4.3. Termik Motorların Yakıt Tüketimi

$b_s = \frac{H}{N_e}$ <p> b_s : Özgül yakıt tüketimi (kg/BGh), H : Yakıt tüketimi (kg/h), N_e : Anma gücü (effektif güc) (BG), H_u : Yakıtın özgül ağırlığı (kcal/kg), η_T : Toplam verim. </p>	$b_s = \frac{860}{H_u \cdot \eta_T}$
$b_s = \frac{H}{N_e}$ <p> b_s : Özgül yakıt tüketimi (kg/kWh), H : Yakıt tüketimi (kg/h), N_e : Anma gücü (effektif güc) (kW), H_u : Yakıtın özgül ağırlığı (kcal/kg), η_T : Toplam verim. </p>	$b_s = \frac{860}{H_u \cdot \eta_T}$

Örnek 1. Dört silindirli ve dört zamanlı içten yanmalı bir motor 3000 d/d ($= \frac{100}{3} \text{ d/a}$)'de $40,76 \text{ BG}$ ($\approx 30 \text{ kW}$) geliştiriyor. Bu devirdeki özgül yakıt tüketimi 200 g/BGh ($\approx 272 \text{ g/kWh}$) bulunuyor.

Yakıtın özgül ısı $10\,000 \text{ kcal/kg}$ olduğuna göre;

- Saatlik yakıt tüketimini,
- Motorun toplam verimini (tesir derecesini) bulunuz.

Çözüm:

a) $B = b_s \cdot N_s$ eşitliğinden giderek, saatlik yakıt tüketimi bulunabilir:

$$B = 0,200 \cdot 40,76 \approx 8,2 \text{ kg veya}$$

$$B = 0,272 \cdot 30 \approx 8,2 \text{ kg.}$$

b) Motorun toplam tesir derecesi $\eta_r = \frac{632}{H_u \cdot b_s}$ veya

$$\eta_r = \frac{860}{H_u \cdot b_s} \text{ eşitliklerinden yararlanılarak bulunur:}$$

$$\eta_r = \frac{632}{10\,000 \cdot 0,200} \approx 0,32,$$

$$\eta_r = \frac{860}{10\,000 \cdot 0,272} \approx 0,32.$$

Sonuç:

- $B \approx 8,2 \text{ kg}$.
- $\eta_r \approx 0,32 = \% 32$.

5. MOTORLARIN DENENMESİ

5.1. Termik Motorların Denenmesinde Kullanılan Ölçme Düzenleri

Bu düzenler başlıca; güc frenleri, devir sayıcılar ve yakıt tüketimi ölçerleri olarak üç grupta toplanabilir.

5.1.1. Güc Frenleri

Bu frenler yardımıyla termik motorların çeşitli devir sayılarındaki dönme momentleri ölçülebilmektedir. Çeşitli tipte yapılan frenler, dört ana grupta toplanabilir:

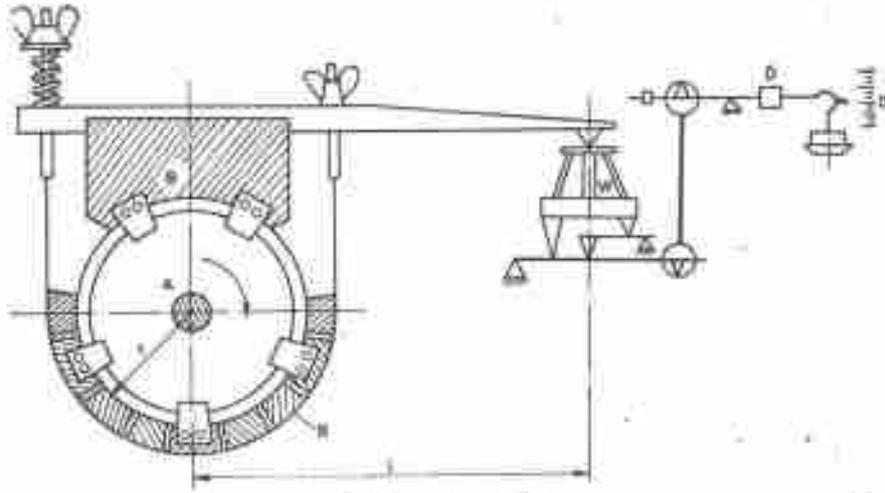
- 1- Mekanik sürtünmeli frenler,
- 2- Havalı (Pnömatik) frenler,
- 3- Hidrolik frenler,
- 4- Elektrikli frenler.

Mekanik Sürtünmeli Frenler: Bu frenlerin en önemli tipi, Prony frenidir (Şekil 5.1). Burada, motor tarafından verilen enerji, sürtünme yoluyla ısı enerjisine dönüştürülerek harcanmaktadır. Bu işlem, motorun volanına veya güc miline bağlı bulunan bir kasnağa hastırılan takozlar yardımıyla yapılmaktadır. Mekanik sürtünmeli frenlerin şekil 5.1'de gösterilen tipi dışında hantlı tipi de vardır.

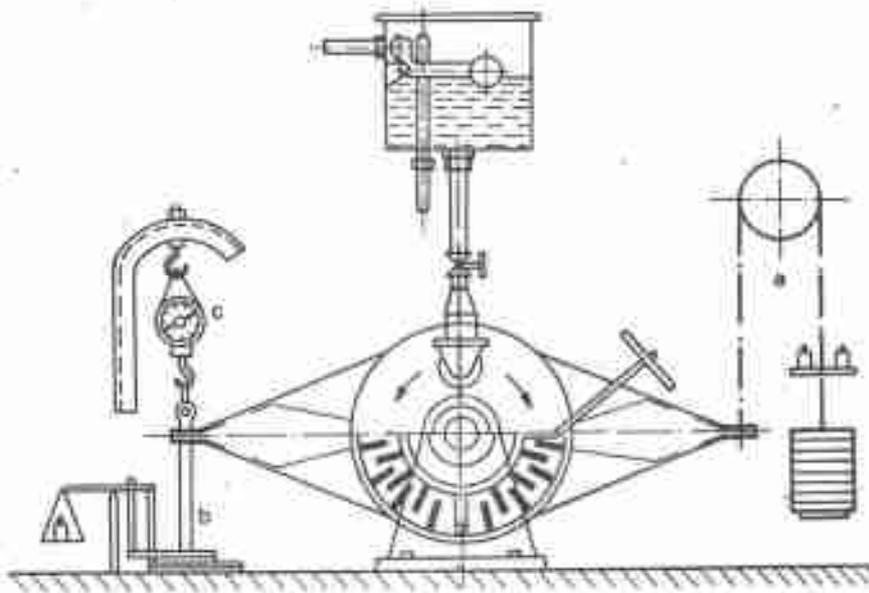
Havalı (Pnömatik) Frenler: Bu frenler, motorun güc miline bağlanmış bulunan bir pervaneden oluşmaktadır. Pervanenin palleri üzerine karşılıklı olarak yerleştirilmiş bulunan iki plaka, dönme sırasında ortaya çıkan hava dizesini yardımıyla güc milini frenlemektedir.

Modern güc frenleri uygulamaya konduktan sonra, mekanik sürtünmeli ve havalı frenler önemli yitirmişlerdir.

Hidrolik Frenler: Bu frenler, su içerisinde dönen bir fan ve salınım yapabilecek şekilde yataklanmış bir gövdeden oluşmaktadır (Şekil 5.2).



Şekil 3.1. Prony freni.



Şekil 3.2. Hidrolik fren.

Termik motordan hareket alan fan, sürtünme nedeniyle suyu birlikte sürükler. Hareket halindeki su ile temasta bulunan ve içinde kanatçıklara sahip olan gövde, fanın dönüş yönünde harekete geçer. Gövdeye bağlanmış bulunan bir moment kolu, uç kısmından bir tara-

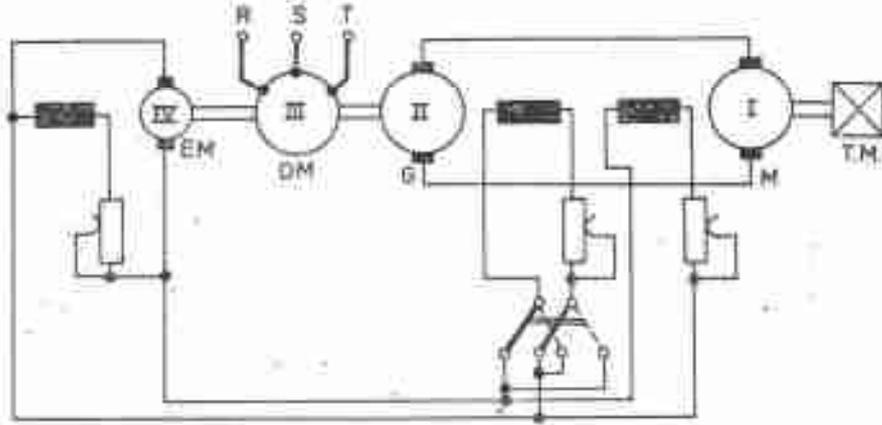
ziye basarak gövdenin hareketini frenlemektedir. Terazide okunan değer ile moment kolu uzunluğunu çarpılarak dönme momenti elde edilmektedir.

Modern hidrolik frenlerde, askaladan, doğrudan doğruya dönme momenti değerleri okunabilmektedir.

Elektrikli Frenler: Burada, bir elektrik jeneratörü, motoru yüklemek amacıyla fren olarak kullanılmaktadır. Termik motor tarafından çalıştırılan jeneratörün verdiği elektrik enerjisi bir direnç üzerinden ısı enerjisine çevrilerak, motor yüklenmektedir.

Her çeşit jeneratör elektrikli fren olarak kullanılabilirse de, uygulamada daha çok devir sayıları geniş sınırlar arasında ayarlanabilen doğru akım jeneratörlerinden yararlanılmaktadır.

Deneme laboratuvarlarında motorların denemesi için Leonard grubundan yararlanılmaktadır. Şekil 5.3'de görüldüğü gibi, bu grup, dört ana elemandan oluşmaktadır. T. M. ile gösterilen termik motor, I doğru akım jeneratörünü çalıştırmaktadır. Buradan üretilen doğru akım, II motoruna verilmekte; bu motor da III no'lu trifaz asenkron jeneratörü çalıştırmaktadır. Doğru akım motor ve jeneratörünün uyarım akımları, IV no'lu jeneratörden sağlanmaktadır.



Şekil 5.3. Leonard grubu.

5.1.2. Devir Sayısı Ölçücüleri

Takometre olarak da adlandırılabilen devir sayısı ölçücüleri, çalışma prensiplerine göre, üç ana grupta toplanabilir:

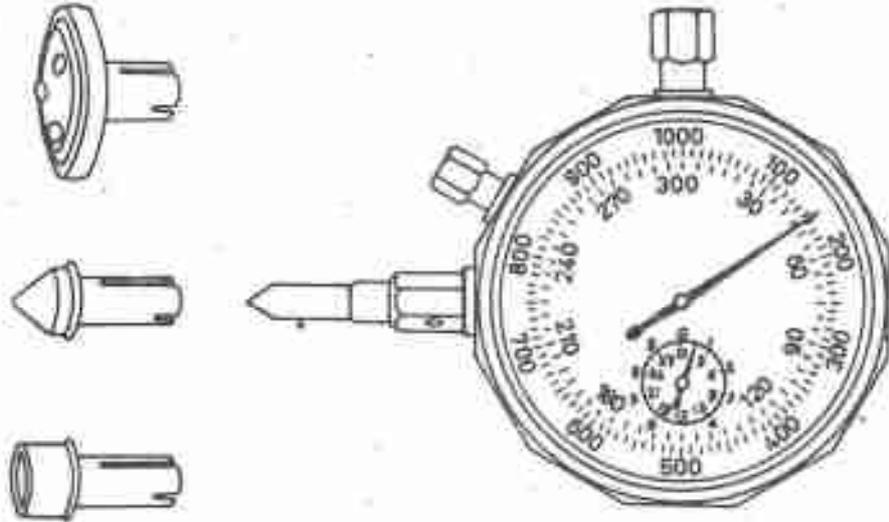
- 1- Mekanik devir ölçücüler,
- 2- Optik devir ölçücüler,
- 3- Elektriksel devir ölçücüler.

Mekanik Devir Ölçücüler: Bunlarda, göstergeye hareket mekaniksel yoldan iletilmektedir.

Mekanik devir ölçücülerin çeşitli alt tipleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

a) Ani devir sayısı ölçücüler: Santrifuj yönteme göre çalışan bu ölçücüler, ani devir sayısı değerlerini verirler.

b) Ortalama devir sayısı ölçücüler: Genellikle motor denemelerinde bunlar kullanılmaktadır. Bunların da çeşitli tipleri vardır. Şekil 5.4'de bunlardan birisinin şematik resmi görülmektedir.



Şekil 5.4. Mekanik devir ölçüm.

Optik Devir Ölçücüler: Stroboskopik etki ile yararlanarak çalışan bu cihazlara, stroboskop adı da verilmektedir. Doğruluk dereceleri düşük olduğundan, bunlar, motor denemelerinde pek fazla kullanılmazlar.

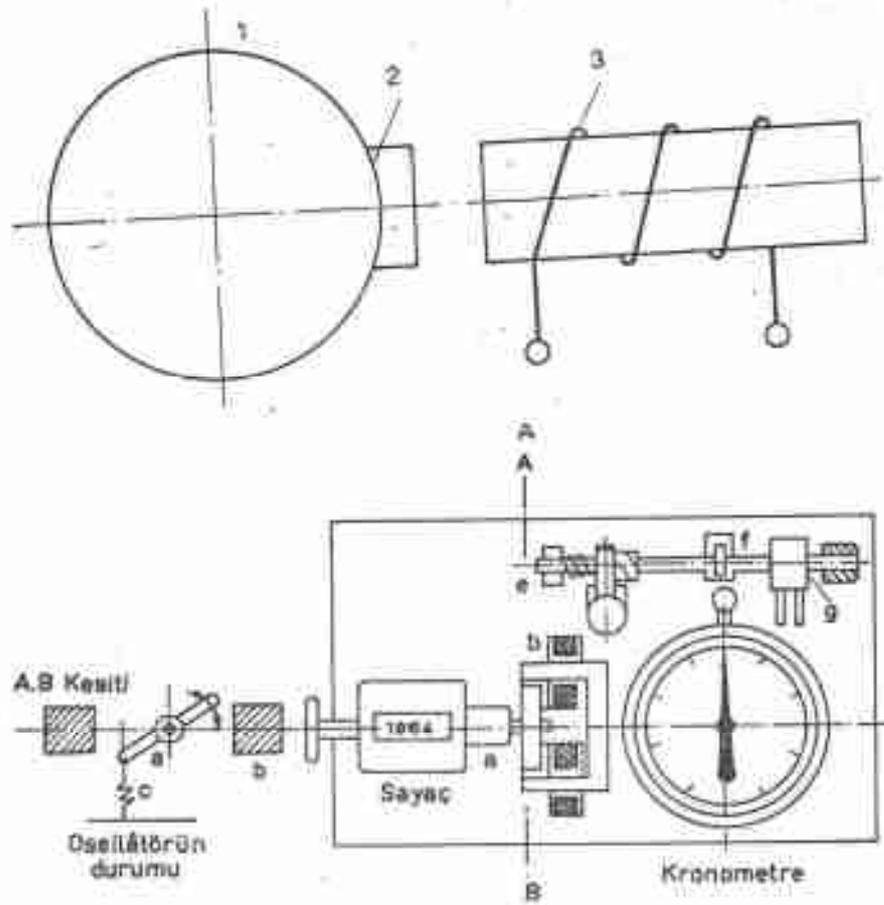
Elektriksel Devir Ölçücüler: Bu cihazlarla, devir sayısı ölçülecek motor milinin mekanik hareketi, elektriksel bir büyüklüğe dönüştürülür.

mesinde kullanılarak ölçüm yapılmaktadır. Burada, aşağıdaki yöntemlere göre devir sayısı ölçülmektedir:

- a) İmpulslarla devir sayısı ölçülmesi,
- b) Devir sayısı ölçme jeneratörüyle devir sayısı ölçülmesi,
- c) Virbel akımlı takometreyle devir sayısı ölçülmesi.

Elektrikli devir sayısı ölçücüler içinde en yaygın olanı, impulslu devir sayısı ölçücülerdir. Bu aletlerde, impuls verici ve impuls alıcı olmak üzere iki organ bulunmaktadır.

Devir sayısı ölçülecek mil üzerine bağlanan bir impuls verici yardımıyla, döme sırasında, bir elektriksel devrede mekanik, manyetik,



Şekil 3.5. İndüktif impuls verici (A), elektromekanik devir sayısı (B).

kapasitif, indüktif veya foto elektrik yollarla akım impulsları üretilmektedir.

İmpuls vericiden gelen impulslar; doğrudan doğruya frekans ölçme yöntemine, doğru akım büyüklüklerine çevirerek ölçme yöntemine veya sayarak ölçme yöntemine göre (elektronik sayma yöntemine göre) belirlenmektedir.

Şekil 5.5A'da gösterilmiş olan indüktif vericide bir ölçme mili (1) üzerine tesbit edilmiş olan mıknatıs (2), her devirde bobin (3) içinde bir gerilim impulsu vermektedir.

Elektromekanik sayıcının çalıştırma düğmesine basıldığı zaman kronometreye kumanda edilmektedir. İmpuls vericinin ürettiği impulslar, sayıcının elektromıknatısına her devirde bir akım göndermektedir. Bu sırada (a) osilatörü (c) yayına karşı çekilmekte ve sayıcının numaratörü 1 sayı atmaktadır. Sayma işlemi, kronometreye ikinci kez basılınca dek, impulsu olarak devam etmektedir (Şekil 5.5 B).

5.1.3. Yakıt Tüketiminin Ölçülmesi

Ölçüm değeri olarak saatlik yakıt tüketimi alınmaktadır. Yakıt tüketimi değişimlerini incelerken, büyüklükleri farklı olan motorlarda saatlik yakıt tüketiminden giderek, karşılaştırma yapılamaz. Bu amaçla, saatlik yakıt tüketiminin motor gücüne oranı olan özgül yakıt tüketimi değerlerinden yararlanılır.

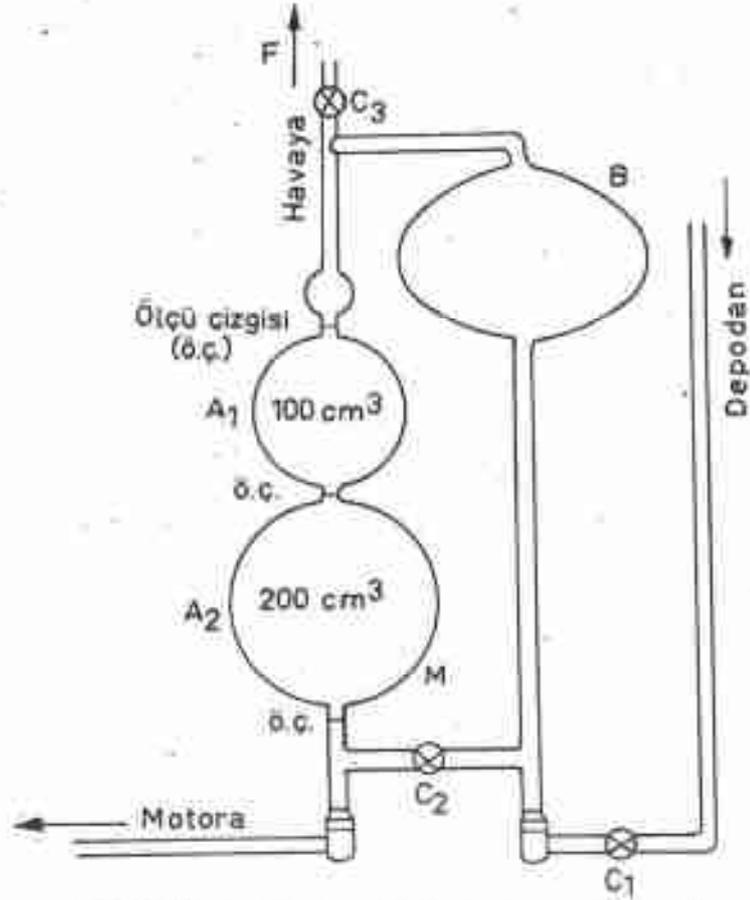
Yakıt tüketimi ölçülürken iki temel prensipten hareket edilir:

- 1- Hacim ölçülmesi,
- 2- Ağırlık ölçülmesi.

Hacim Ölçülmesi: Hacim ölçülmesinde en basit yöntem, bir kab içerisinde hareket eden yakıt yüzeyinin iki ölçü çizgisi arasından geçme süresinin kronometreyle saptanmasıdır. Bu amaçla kullanılan bir ölçme cihazı, şekil 5.6'da görülmektedir.

Şekilde, A_1 ve A_2 ölçü kaplarını, C_1 , C_2 ve C_3 de vanaları göstermektedir. Ölçmeye başlamadan önce C_3 vanası açılarak yakıtın A_1 ve A_2 kaplarına dolması sağlanır. Yakıt B kabının alt seviyesine geldiğinde C_3 vanası kapatılır. B kabında hapsedilen hava, yakıtın daha fazla yükselmesini engeller. Ölçüme başlanırken C_2 vanası kapatılır. Motor A_1 ve A_2 kaplarından yakıt tüketmeye başlar. Ölçüm yapan kimse, yakıt yüzeyinin iki ölçü çizgisi arasından geçtiği süreyi kronometreyle

saptar. Bu süreden hareket ederek saatlik yakıt tüketimi l/h olarak bulunur. Bu değer yakıtın yoğunluğu ile çarpılarak, kg/h olarak yakıt tüketimi bulunur.

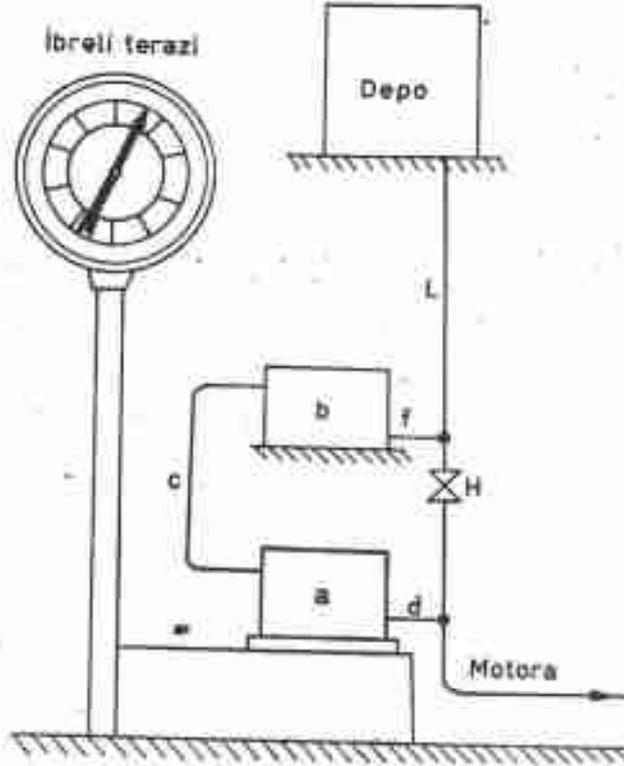


Şekil 5.5. Belli hacimdeki yakıtın tüketilmesi için geçen sürenin ölçülmesi.

Ağırlık Ölçülmesi: Bu yöntemde en basit ölçme şekli, bir ibrelî terazi üzerinde duran belli yakıt ağırlığının tüketimi için geçen sürenin ölçülmesidir. Bu amaçla kullanılan bir ölçme cihazı, şematik olarak şekil 5.7'de görülmektedir.

Terazinin üzerinde duran a kabı, esnek bir boru (c) ile ve kendisinden daha yüksekte sabit bir zemin üzerinde bulunan b kabına bağlanmıştır. a ve b kapları birer boru ile depodan motora giden l boru-

suna bağlanmıştır. L borusu üzerinde bulunan H vanası hızlı kapanabilmektedir.



Şekil 1.7. Belli yakıt ağırlığının tüketilmesi için geçen sürenin saptanması.

Motor depodan beslenirken H vanası açıktır, a kabı yakıt ile hemen hemen doludur. b kabı, c borusu ve a kabının üst kısmında az basınçlı hava bulunmaktadır.

Ölçüme başlanırken, ibrelî terazide, aralarında kronometre tutulacak iki ölçü çizgisi saptılır. H vanası kapatılınca, motor a kabından yakıt tüketir ve b kabına a kabından azalan kadar yakıt dolar. a kabından tüketilen belli vakit ağırlığı için geçen süre ise kronometreyle saptılır. Bu ölçüm değerlerinden hareket ederek, saatlik yakıt tüketimi, kg/h olarak bulunur.

Görünümde, yukarıda anlatılan temel prensipleri esas alan ve saatlik yakıt tüketimini direkt olarak veren ibrelî, sayınlı veya yazıcı

bir çok alet geliştirilmiştir. Bu aletler, mekanik, elektrikli veya elektronik sistemlerle çalışmaktadır.

5.2. Termik Motorların Deneme Yöntemleri

Termik motorların geliştirebileceği güç ve moment değerleri ile yakıt tüketiminin motor devrine bağlı olarak değişen değerlerinin saptanması için üç ayrı yöntem uygulanmaktadır. Bunlar:

1. SAE Deneme Yöntemi (SAE: Society of Automotive Engineers): Amerika Birleşik Devletlerinde uygulanmaktadır. Motorun brüt gücünü verir. Bu yöntemde, motor tarafından geliştirilen güden yararlanılan organlar ile hava filtresi, eksoz donanımı gibi motor gücünü etkileyen tüm donanımlar motordan ayrılarak deneme yapılmaktadır. Ölçülen motor gücü, DIN Deneme Yöntemi ile ölçülene oranla % 10-20 daha fazladır. Motorları ayrılan donanımların güçlerinin motor gücüne oranları, motorların markasına bağlı olarak az çok değişmektedir. Bu nedenle iki yöntem arasındaki güç farkı kesin bir rakamla ifade edilememektedir.

2. CUNA Deneme Yöntemi (CUNA: Commissione Unificazione Normalizzazione Autoveicoli): İtalyada uygulanmaktadır. Deneme sırasında, hava filtresi ve eksoz donanımı motordan ayrılmaktadır. Ölçülen motor gücü, DIN Deneme Yöntemiyle ölçülene oranla, % 5-10 daha fazladır.

3. DIN Deneme Yöntemi (DIN: Deutsche Industrie Norm): Bu yöntem, Batı Almanya'da kullanılmaktadır. O.E.C.D. Traktör Deneme Koduna göre yapılan motor denemeleri bu yöntemle benzerdir. Deneme sırasında, motor işletmeye hazır durumda olmaktadır. Bütün donanımlar motor üzerinde olduğu için, ölçülen güç, motorun net gücü olmaktadır.

Motor denenirken mekanik, hidrolik, pnömatik ve elektrikli yöntemlere göre oluşan güç frezlerinden yararlanılmaktadır. Güç freni, motorun dönme momentini ölçmektedir. Deneme sırasında tüketilen yakıt, ayrı bir cihazla ölçülmektedir. Ölçümler aşağıdaki sıraya göre yapılmaktadır:

a) Motor devrine bağlı olarak dönme momentini, efektif motor gücü, saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketiminin saptanması (şekil 5.8) (sayfa: 46); ayrıca, güçle bağlı olarak özgül yakıt tüketimi ve öteki değişkenlerin bulunması (şekil 5.9) (sayfa: 47);

b) Maksimum motor gücünde iki saatlik deneme;

- e) Maksimum dönme momentinde bir saatlik deneme;
d) Değişik yük denemeleri: Bu denemeler aşağıdaki sıraya göre yapılır:

1. Maksimum motor gücündeki dönme momentinin % 85'inde yapılan ölçme,
2. Yüksüz yapılan ölçme,
3. (1)'de elde edilen gücün % 50'sinde yapılan ölçme,
4. Maksimum gücde ölçme,
5. (1)'de elde edilen gücün % 25'inde yapılan ölçme,
6. (1)'de elde edilen gücün % 75'inde yapılan ölçme.

Örnek 1: Bir traktör motoru denenirken cetvel 5.1'in I, II ve III sütunlarında verilen değerler elde edilmiştir.

Cetvel 5.1. Bir traktör motoru denemesine ilişkin değerler.

I Motor devri		II Dönme momenti		III Saatlik yakıt tüketimi		IV Etkin motor gücü		V Örgül yakıt tüketimi	
d / d	rad / s	kgm	Nm	l / h	kg / h	HP	kW	g / BHP h	g / kW h
920	96,5	22,05	216,3	5,73	4,41	28,3	20,8	170	231
1170	122,5	22,20	217,8	7,40	5,28	36,3	26,7	173	225
1390	143,1	22,00	215,0	8,30	6,09	39,6	29,1	174	227
1500	157,1	21,75	213,4	9,30	7,04	45,6	33,6	172	222
1785	186,9	20,80	204,2	11,00	8,24	51,9	38,2	178	242
1970	206,3	20,30	199,0	11,80	9,04	55,5	40,8	179	244
2130	223,0	19,40	190,6	12,47	10,47	57,8	42,5	181	246
2245	235,1	18,55	184,9	12,90	10,00	58,4	43,7	183	249
2400	251,3	18,30	181,5	13,30	11,22	62,0	45,6	181	248
2428	254,3	15,73	154,4	11,37	9,72	53,1	39,5	183	248
2464	259,9	11,86	116,3	9,46	7,93	48,8	36,0	195	262
2492	261,8	7,99	77,5	7,54	6,37	37,5	28,2	228	310
2531	266,1	5,07	38,9	5,96	4,25	13,7	10,1	310	421
2559	268,9	—	—	3,67	2,68	—	—	—	—

Bu bilinenlere göre;

- a) Etkin motor gücü ve örgül yakıt tüketimi değerlerini hesaplayınız.
- b) Maksimum motor gücünü, maksimum dönme momentini, maksimum motor devrini ve değişen yükleme denemeleri sonuçlarını belirten noktaları saptayarak, bir cetvel halinde veriniz.
- c) Apsise motor devir sayısını; ordinata da dönme momenti, saatlik

yakıt tüketimi, efektif motor gücü ve özgül yakıt tüketimi değerlerini koyarak, bu değerlere ilişkin eğrileri çiziniz;

d) Apaise motor gücü, ordinata da özgül yakıt tüketimi, saatlik yakıt tüketimi, dönme momenti ve motor devir sayısı değerlerini koyarak, bu değerlere ilişkin eğrileri çiziniz.

Çözüm :

a) Etkif motor gücü $N_e = \frac{M_d \cdot n}{716,2}$ eşitliğinden ve özgül

yakıt tüketimi $b_s = \frac{B}{N_e}$ eşitliğinden yararlanarak, cetvel 5.1'in IV. ve V. satunlarında belirtilen değerler bulunur.

b) Cetvel 5.1 incelendiğinde, maksimum motor gücünün 2400 d/d'da 62,0 BG olduğu görülür. Bu güçteki dönme momenti 18,50 kpm'dir. Bunun % 85'i 15,73 kpm civarındadır. Buna karşıl原因 motor gücü 53,3 BG olarak cetvelden bulunur. Diğer değişen yük değerleri bu gücün yaklaşık % 50, % 25 ve % 75'i kadardır. Bütün bu değerler cetvel 5.2'de verilmiştir.

Cetvel 5.2. Deneme Sonuçları

Güç		Devir sayısı		Yakıt tüketimi			
BG	kW	d/d	rad/s	Saatlik yak. tük. l/h	Özgül yakıt tüketimi g/BGh	Özgül yakıt tüketimi g/kWh	
Maksimum motor gücünde iki saatlik deneme							
62,0	45,0	2400	251,3	13,56	11,22	181	240
Maksimum Dönme Momentinde Bir Saatlik Deneme							
30,5	22,7	1170	122,5	7,46	6,26	172	235
Değişen Yük Denemeleri							
1. Maksimum motor gücündeki momentin % 85'inde yapılan ölçme							
53,3	39,2	2418	254,2	11,87	9,72	162	240
2. Yüksek yapılan ölçme							
—	—	2509	262,3	3,67	3,00	—	—
3. (1)'de elde edilen gücün % 50'sinde yapılan ölçme							
27,5	20,2	2412	251,8	7,48	6,27	229	310
4. Maksimum gücünde ölçme							
62,0	45,0	2400	251,3	13,56	11,22	181	240
5. (1)'de elde edilen gücün % 25'inde yapılan ölçme							
15,7	11,3	2541	266,1	5,06	4,25	310	421
6. (1)'de elde edilen gücün % 75'inde yapılan ölçme							
40,8	30,0	2466	258,0	9,45	7,95	195	265

Cetvel 5.2'nin devamı:

Boşta maksimum motor devri: 2559 d/d (267,9 rd/s)

Maksimum gübdeki dönm momenti: 18,50 kpm (181,5 Nm)

Maksimum dönm momenti: 22,20 kpm (217,8 Nm) 1170
d/d motor devrinde.

Ortalama hava koçulları: Sıcaklık : 23°C

Basınç : 1023 mbar

Bağıl nem : % 60

Motora ilişkin maksimum sıcaklıklar:

Soğutma suyu : 88°C

Motor yağı : 130°C

Yakıt : 45°C

c) Apsise motor devir sayısını ve ordinata öteki büyüklükleri koyarak şekil 5.8'deki eğriler elde edilir.

d) Apsise motor gücü ve ordinata öteki büyüklükler konularak, elde edilen eğriler ise şekil 5.9'da verilmiştir.

Sonuç:

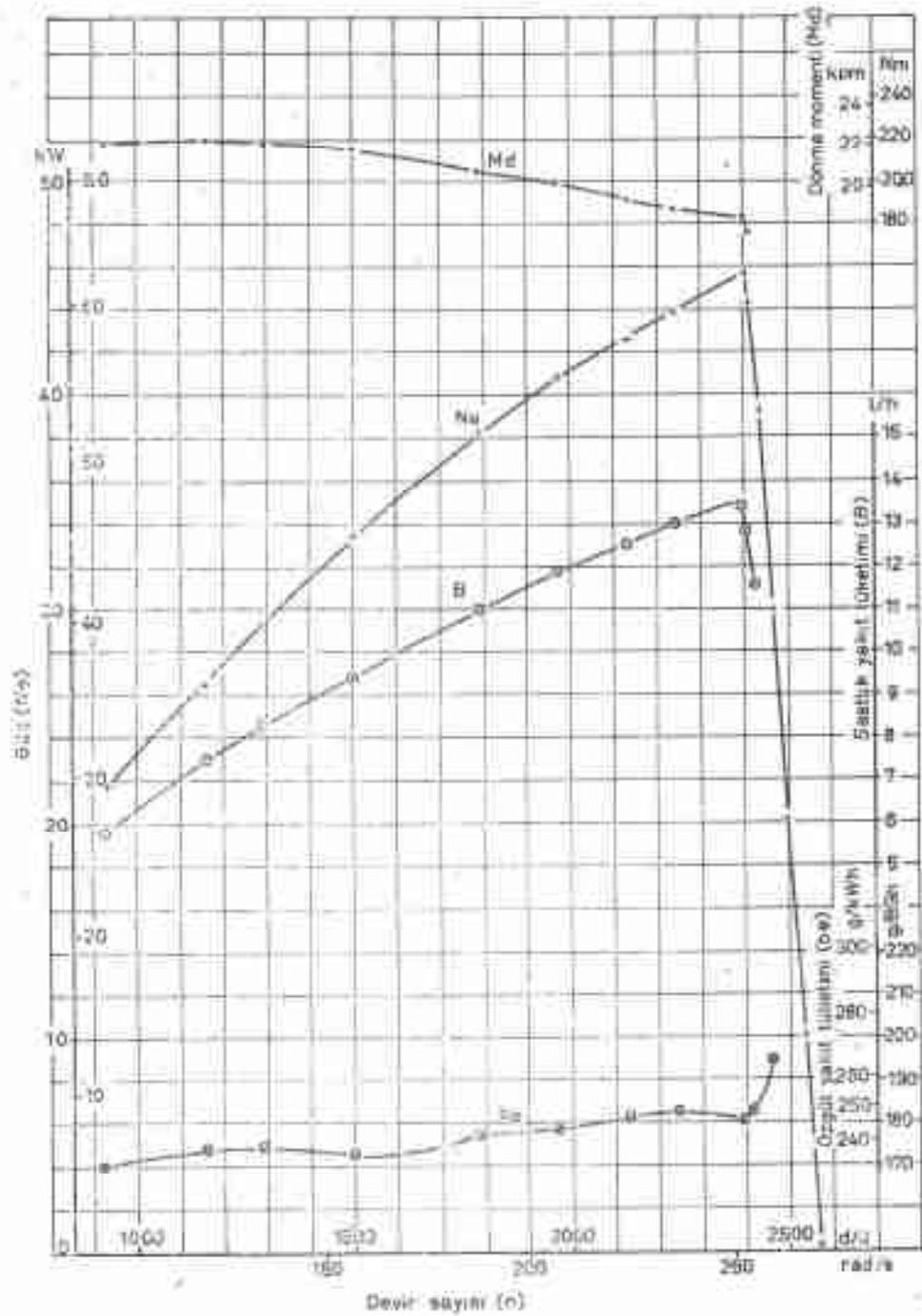
- Cetvel 5.1'in IV. ve V. sütunlarındaki değerler,
- Cetvel 5.2'deki değerler,
- Şekil 5.8'deki eğriler,
- Şekil 5.9'daki eğriler.

Örnek 2. Bir silindiri içten patlamalı bir motorun silindir çapı 65 mm ve stroku da 62 mm'dir. Bu motor denenirken 3100 d/d'da dönm momentı 0,800 kpm olarak bulunmuştur (Şekil 5.10). Bu hâlinde göre;

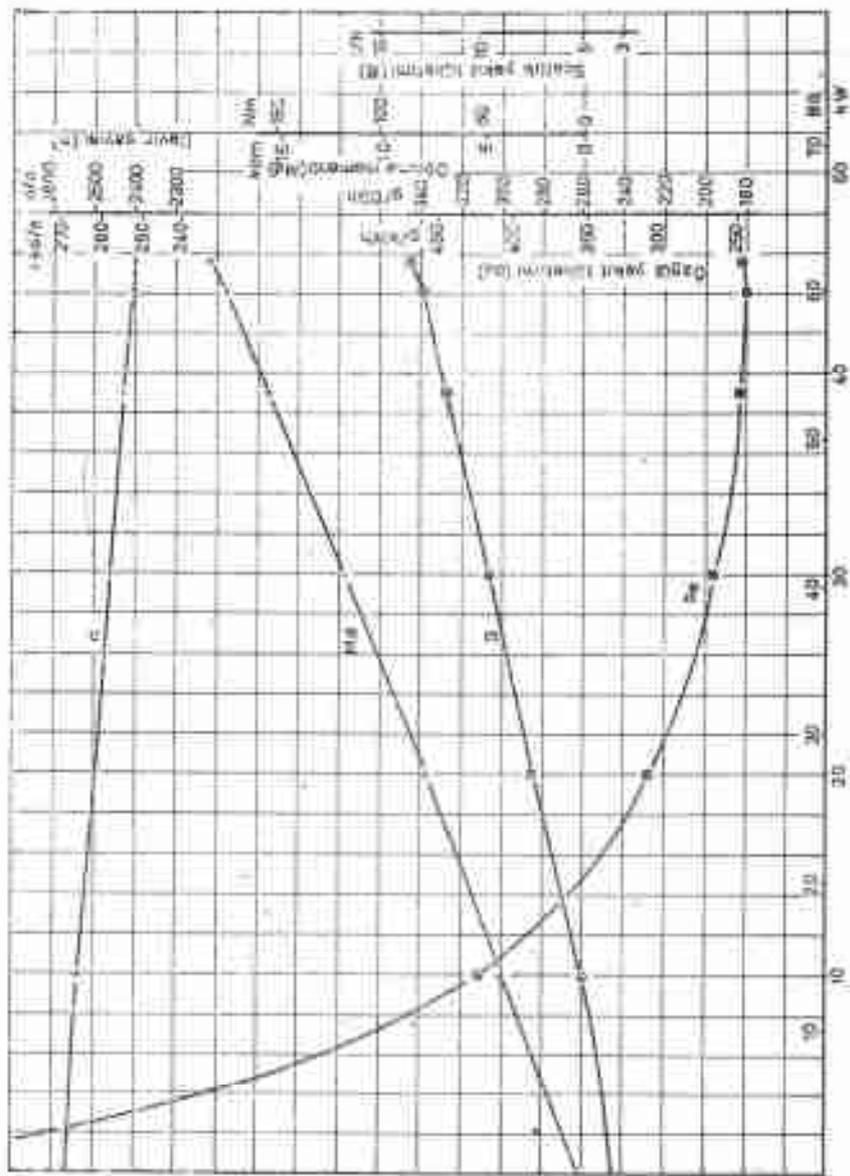
a) Bu devir sayısındaki efektif motor gücünü BG ve kW olarak hesaplayınız.

b) Motor aynı devirde çalışırken 50 cm³ yakıtı tüketmek için geçen süre 112 saniye olduğuna göre, saatlik yakıt tüketimini (kg/h) ve özgül yakıt tüketimini (g/BGh) olarak bulunuz (Yakıtın yoğunluğu $\rho = 0,78$ kg/l'dir).

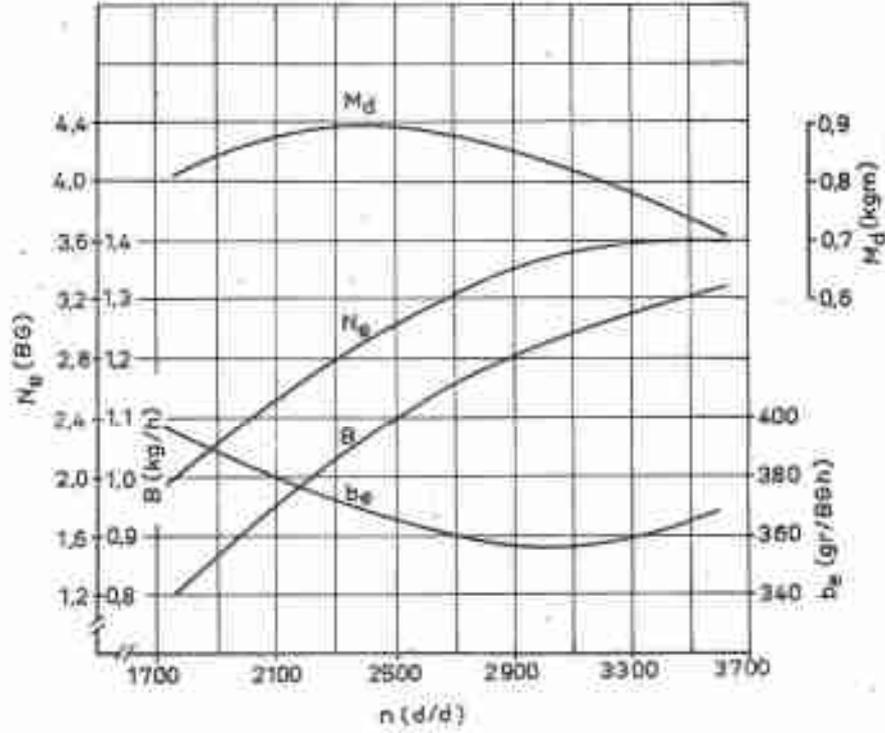
c) Toplam randımanı bulunuz (Yakıtın özgül ısısı 10.000 kcal/kg'dir).



Şekil 3.8. Devir sayısına bağlı olarak motor karakteristik eğrileri.



Şekil 3.4. Güçlü bağlı olmaksızın motor karakteristik eğrileri.



Şekil 5.10. İçten yataklı bir motorun yüksek karakteristik eğriler.

Çözüm :

$$a) N_e(BG) = \frac{M_d \cdot n}{716,2} \text{ veya } N_e(kW) = \frac{M_d \cdot n}{973,4} \text{ eşitliklerinden}$$

giderek,

$$N_e = \frac{0,800 \cdot 3100}{716,2} \approx 3,5 \text{ BG} \quad N_e = \frac{0,800 \cdot 3100}{973,4} \approx 2,5 \text{ kW}$$

olarak bulunur.

b) 50 cm³ yakıtı 112 saniyede tükettiğine göre 3600 saniyede tüketeceği yakıt miktarı,

$$B = \frac{3600 \cdot 50}{112 \cdot 1000} \approx 1,6 \text{ l/h,}$$

$B = 1,6 \cdot 0,78 \approx 1,25 \text{ kg/h}$ olarak bulunur.

Özgül yakıt tüketimi, $b_s = \frac{B}{N_s}$ eşitliğinden gidilerek bulunabilir:

$$b_s = \frac{B}{N_s} = \frac{1,25}{3,5} = 0,357 \text{ kg/BGh} = 357 \text{ g/BGh.}$$

c) Toplam randıman,

$$\eta_T = \frac{N_s(BG) \cdot 632}{Q_s} \text{ eşitliğinden giderek bulunabilir:}$$

$$\eta_T = \frac{3,5 \cdot 632}{1,25 \cdot 10000} \approx 0,18 = \% 18.$$

Sonuç:

a) $N_s \approx 3,5 \text{ BG} \approx 2,5 \text{ kW}$,

b) $B \approx 1,6 \text{ l/h} \approx 1,25 \text{ kg/h}$; $b_s = 357 \text{ g/BGh}$,

c) $\eta_T \approx \% 18$.

6. YAKIT VE HAVA DONANIMLARI

6.1. İçten Yanmalı Motorlarda Püskürme Yakıtın Miktarı ve Püskürme Süresi

$$F_m = \frac{1000 \cdot b_s \cdot N_s}{60 \cdot n_s \cdot i}$$

$$v_s = \frac{60 \cdot \varphi_s}{\pi \cdot 360^\circ}$$

$$m = \frac{1000 \cdot b_s \cdot N_s}{60 \cdot n_s \cdot i} \cdot \frac{\pi \cdot 360^\circ}{60 \cdot \varphi_s} = \frac{100 \cdot b_s \cdot N_s \cdot \pi}{n_s \cdot i \cdot \varphi_s}$$

$$v = \sqrt{\frac{\pi}{\rho} (p_s - p_a)}$$

$$f = \frac{10 \cdot m}{\mu \cdot \rho \cdot v}$$

F_m : Bir pompa elemanını bir defada bastığı yakıt (g).

b_s : Özgül yakıt tüketimi (kg/SHG veya kg/kWh).

N_s : Ana güç (Etkin güç) (SHG veya kW).

n_s : İş zamanı sayısı (Püskürme / d) veya pompa devir sayısı (d / d).

i : Silindir sayısı.

φ_s : Püskürme süresi (s).

φ_p : Erzak suyu olarak püskürme süresi (s).

n : Motor devri (d / d).

m : Püskürme debisi (g / s).

v : Memeye deliğinde ortalama yakıt püskürme hızı (m / s).

ρ_p : Püskürme basıncı (N / m²).

ρ_a : Silindire iç basıncı (N / m²).

ρ : Yakıt yoğunluğu (kg / m³).

f : Enjektör memesi kesit alanı (cm²).

μ : Katsayı (Keskin kenarlı memeye delikleri için değeri 0,6'dır).

Örnek 1. Dört silindirli dört zamanlı içten yanmalı bir motorun ana güçü 40 kW ve devir sayısı da 2000 d / d'dir. Bu motorun özgül

yakıt tüketimi 0,250 kg/kWh'dır. Püskürme, krank milinin 30°'lik dönüşünde olmaktadır. Sıkıştırmanın sonunda silindir iç basıncı 30 kp/cm² (= 2 943 000 N/m²) ve yakıt püskürme basıncı da 300 kp/cm² (= 29 430 000 N/m²) olarak bulunmuştur. Bu bilgilere göre;

- Bir pompa elemanının bir defada bastığı yakıt miktarını,
- Püskürme süresini,
- Püskürme debisini,
- Meme deliğinde teorik ortalama yakıt püskürme hızını,
- Enjektör meme deliği alanını bulunuz.

Çözüm :

$$a) P_m = \frac{1000 \cdot b_s \cdot N_s}{60 \cdot n_s \cdot i} \text{ eşitliğinden gidilerek,}$$

$$P_m = \frac{1000 \cdot 0,250 \cdot 40}{60 \cdot \frac{2000}{2} \cdot 4} \approx 0,0417 \text{ g. olarak bulunur.}$$

$$b) P_s = \frac{60 \cdot \varphi_s}{n \cdot 360} \text{ eşitliğinde verilenler yerine konularak,}$$

$$P_s = \frac{60 \cdot 30}{2000 \cdot 360} = \frac{1}{400} \text{ s} = 0,0025 \text{ s bulunur.}$$

$$c) m = \frac{100 \cdot b_s \cdot N_s \cdot n}{n_s \cdot i \cdot \varphi_s} \text{ eşitliğinde değerler yazılarak,}$$

$$m = \frac{100 \cdot 0,250 \cdot 40 \cdot 2000}{\frac{2000}{2} \cdot 4 \cdot 30} \approx 16,7 \text{ g/s.}$$

$$d) v = \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_o - p_d)} \text{ eşitliğinden yararlanarak ve } \rho = 850 \text{ kg/m}^3 \text{ alarak,}$$

$$v = \sqrt{\frac{2}{850} (29\,430\,000 - 2\,943\,000)} \approx 249,6 \text{ m/s bulunur.}$$

$$e) f = \frac{10 \cdot m}{\mu \cdot \rho \cdot v} \text{ eşitliğinden giderek,}$$

$$f = \frac{10 \cdot 16,7}{0,6 \cdot 850 \cdot 249,6} \approx 0,0013 \text{ cm}^2 = 0,13 \text{ mm}^2 \text{ bulunur.}$$

Soruç:

- $P_m \approx 0,0417$ g,
- $P_x = 0,0025$ s,
- $m = 16,7$ g/s,
- $v \approx 249,6$ m/s,
- $f \approx 0,13$ mm².

6.2. İçten Yanmalı Motorlarda Hava Miktarı

Dört zamanlı içten yanmalı motorlar	İki zamanlı içten yanmalı motorlar
Saatlik Strok Hacmi:	
$V_{st} = i \cdot \frac{\pi D^3}{4} \cdot H \cdot 60 \cdot \frac{n}{2}$	$V_{st} = i \cdot \frac{\pi D^3}{4} \cdot H \cdot 60 \cdot n$
$V_{st} = N_1 \cdot \frac{60 \cdot 60 \cdot 75}{p_1 \cdot 10000}$	$V_{st} = N_1 \cdot \frac{60 \cdot 60 \cdot 75}{p_1 \cdot 10000}$
Etkili Hava Miktarı:	
$H_m = \eta_{il} \cdot \rho \cdot V_{st}$	$H_m = \sigma \cdot \rho \cdot V_{st}$
V_{st} : Saatlik strok hacmi (m ³ /h),	
i : Silindir sayısı,	
D : Piston çapı (m),	
H : Strok (m),	
n : Motor devir sayısı (d/d),	
N_1 : Endike güç (BG),	
p_1 : Ortalama endike iç basıncı (kp/cm ²),	
H_m : Etkili hava miktarı (kg/h),	
η_{il} : Dolum verimi (yavaş devirli motorlar için 0,75-0,84, yüksek devirli motorlar için 0,70-0,75),	
ρ : Hava yoğunluğu (kg/m ³),	
σ : Süpürme katsayısı ($\approx 1,2$).	

Örnek 1. Dört zamanlı içten yanmalı bir motorun ortalama iç basıncı 7 kp/cm² ve endike gücü de 100 BG olarak saptanmıştır. Bu bilgilere göre etkili hava miktarını bulunuz ($\eta_{il} \approx 0,82$ ve $\rho \approx 1,2$ kg/m³).

Çözüm: Önce saatlik strok hacminin bulunması gerekmektedir:

$$V_{st} = N_1 \cdot \frac{60 \cdot 60 \cdot 75}{p_1 \cdot 10000} = 100 \cdot \frac{60 \cdot 60 \cdot 75}{7 \cdot 10000} \approx 385,7 \text{ m}^3/\text{h}.$$

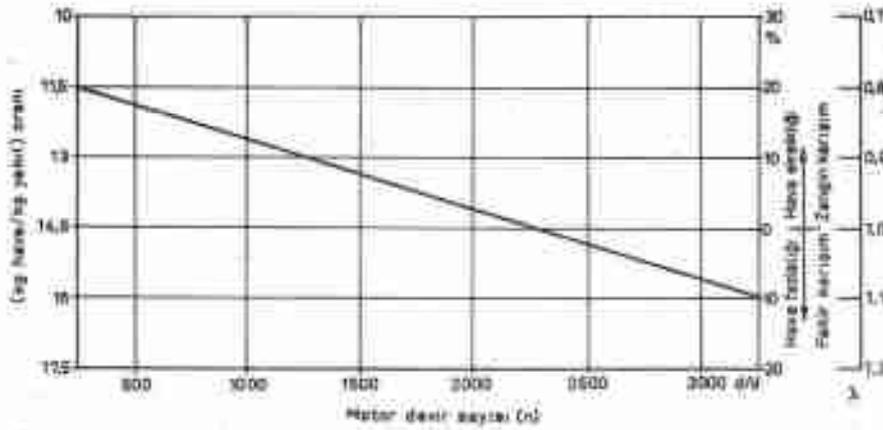
$$H_m = \eta_{il} \cdot \rho \cdot V_{st} \text{ eşitliğinden gidilerek,}$$

$$H_m = 0,82 \cdot 1,2 \cdot 385,7 \approx 379,5 \text{ kg/h bulunur.}$$

Sonuç: $H_m \cong 379,5 \text{ kg/h}$.

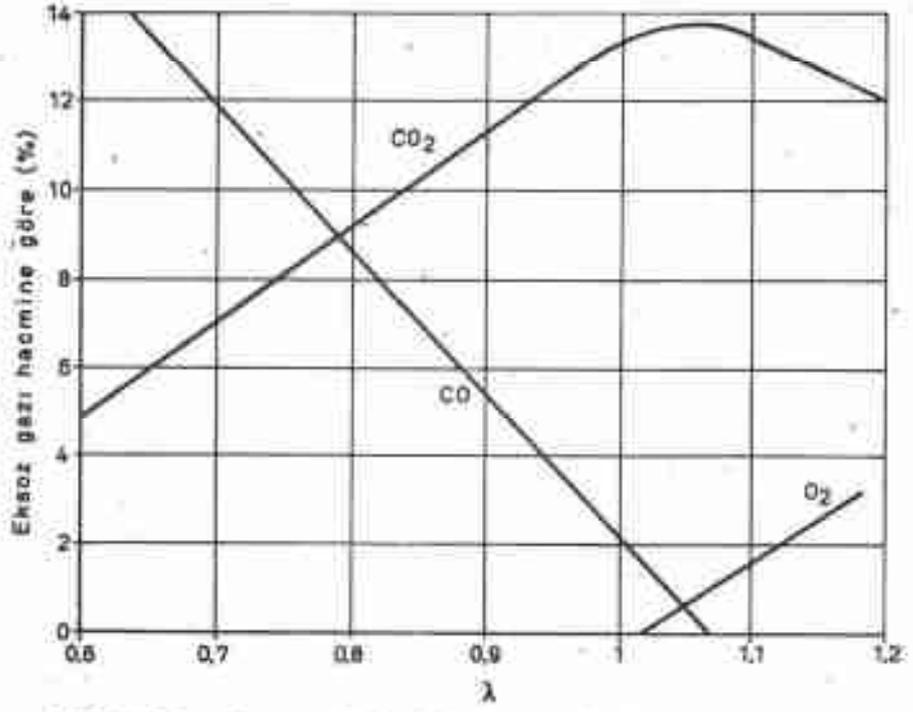
6.3. İçten Patlamalı Motorlarda Hava Yakıt Karışımı

Ortalama olarak 1 kg benzinin termik motorlarda yanabilmesi için 14,5-15 kg havaya gereksinime duyulmaktadır. Motorun değişik yük ve devir sayılarında, karbüratörler, bu oranı sağlayabilmelidir. Ne var ki, uygulamada, bu tam olarak gerçekleşmemektedir. Bu nedenle fakir ve zengin karışımlar söz konusu olabilmektedir (Şekil 6.1).



Şekil 6.1. Bir motorda hava yakıt oranının devir sayısına bağlı olarak değişimi.

Karışımın zengin veya fakir oluşu, yanma sonucu meydana gelen eksoz gazının bileşimini etkilemektedir (Şekil 6.2). Zengin karışım, eksoz gazındaki karbonmonoksit yüzdesinin yüksek, buna karşın karbondioksit yüzdesinin düşük olması sonucuna doğurmaktadır. Fakir karışıma doğru gidildikçe, karbondioksit yüzdesinin arttığı ve karbonmonoksit yüzdesinin azaldığı görülmektedir. Fakir karışımın yanması sonucu oluşan eksoz gazında, karbonmonoksit tamamen yok olmakta ve oksijen fazlalığı ortaya çıkmaktadır.



Şekil 6.2. Hava yakıt oranına bağlı olarak ekson gazındaki CO₂, CO ve O₂ yitimi.

7. TERMİK MOTORLARIN ELEKTRİK DONANIMLARI

7.1. Akümülatörler (Akümülatörler)

Termik motorlarda genellikle kurşun-asit akümülatörler kullanıldığı için, bu bölümde verilen eşitlikler, bu akümülatörlere ilişkindir.

$$\begin{aligned} B &= 144,3 \left(1 - \frac{1}{Y} \right) & Y &= \frac{144,3}{144,3 - B} & E &= 0,01 + Y \\ C_1 &= I_1 \cdot t_1 & C_2 &= I_2 \cdot t_2 & W_1 &= U_1 \cdot C_1 & W_2 &= U_2 \cdot C_2 \\ \eta_{Ah} &= \frac{C_2}{C_1} = \frac{I_2 \cdot t_2}{I_1 \cdot t_1} & \eta &= \frac{W_2}{W_1} = \frac{U_2 \cdot I_2 \cdot t_2}{U_1 \cdot I_1 \cdot t_1} = \frac{U_2}{U_1} \cdot \eta_{Ah} \end{aligned}$$

B : Elektrolitin yoğunluğu,
Y : Elektrolitin yoğunluğu,
E : Akümülatör hücrelerinin elektro-motor kuvveti (v.m.k),
C₁ : Dolma (sarj) kapasitesi (Ah),
I₁ : Dolma akımı (A),
t₁ : Dolma süresi (h),
C₂ : Boşalma (deşarj) kapasitesi (Ah),
I₂ : Boşalma akımı (A),
t₂ : Boşalma süresi (h),
W₁ : Dolma (sarj) enerjisi (Wh),
U₁ : Dolma gerilimi (V),
W₂ : Boşalma sırasında akümülatörden alınan enerji (Wh),
U₂ : Boşalma gerilimi (V),
η_{Ah} : Amper-saat verimi,
η : Wat-saat verimi.

Uygulamada η_{Ah} ≈ % 90 ve η ≈ % 75-85 seviyesindedir.

Örnek 1: Elektrolitinin yoğunluğu 1,220 olan bir akümülatör hücrelerinin gerilimini bulunuz.

Çözüm:

$$E = 0,84 + Y \text{ eşitliğinden gidilerek,}$$

$$E = 0,84 + 1,22 = 2,06 \text{ V olarak bulunur.}$$

Sonuç: $E = 2,06 \text{ V}$.

Örnek 2. Amper-saat verimi % 90 ve Watt-saat verimi % 80 olarak bilinen 12 V'luk ve 120 Ah kapasiteli bir akümülatörün;

- 12 saatlik boşalma süresinde verebileceği enerjiyi,
- 6 A'lık sabit akımla şarj edilmeye için gerekli süreyi,
- Dolma enerjisini bulunuz.

Çözüm:

a) $W_2 = U_2 \cdot C_2$ eşitliğinden gidilerek bulunabilir:

$$W_2 = 12 \cdot 120 = 1440 \text{ Wh} = 1,44 \text{ kWh.}$$

b) Önce $C_1 = \frac{C_2}{\eta_{Ah}}$ eşitliğinden gidilerek,

$$C_1 = \frac{120}{0,9} = 133,3 \text{ Ah olarak bulunur. Bu değer ve } I_1 = 6 \text{ A}$$

değeri kullanılarak,

$$t_1 = \frac{133,3}{6} \cong 22,2 \text{ saat bulunur.}$$

c) $W_1 = \frac{W_2}{\eta}$ eşitliğinden giderek,

$$W_1 = \frac{1,44}{0,80} = 1,8 \text{ kWh olarak bulunur.}$$

Sonuç:

a) $W_2 = 1,44 \text{ kWh,}$

b) $t_1 \cong 22,2 \text{ saat,}$

c) $W_1 = 1,8 \text{ kWh.}$

7.2. Marş Motorları

$$N_s \text{ (BG)} = \frac{M_s \cdot n_s}{716,2} \quad N_s \text{ (kW)} = \frac{M_s \cdot n_s}{973,4} \quad M_s = C \cdot V_h$$

N_s : Termik motorun ilk harekete geçmesi için gerekli güç (BG, kW),

M_s : Termik motorun harekete geçirilmesi için gerekli ilüme momenti (kpm),

n_s : İlk hareket devir sayısı (d/d),

C : Bir katsayı (kpm/l),

V_h : Toplam strok hacmi (l),

Traktör motorlarının ilk hareket devir sayıları:

Motor Tipi:	n_s (d/d)
Direk püskürlümlü içten yanmalı motor (kızdırma bujisi)	100
Ön hürelü, gidap hürelü ve kompresörlü içten yanmalı motor:	
Kızdırma bujisi	100
Kızdırma bujisi	200
İçten patlamalı motor	30

Motor tipi:	C katsayısının değeri:	C (kpm/l)
İçten yanmalı motor		5... 10
İçten patlamalı motor		3... 5

Örnek 1. Bir tarım traktörü motorunun gücü $N_s = 12$ BG ve strok hacmi $V_h = 0,90$ l'dir. Direk püskürlümlü ve kızdırma bujisi olan bu motora en uygun gücde bir marş motoru seçiniz.

Çözüm :

$M_s = C \cdot V_h$ eşitliğinde $C = 10$ ve $V_h = 0,9$ değerleri yerine konulursa;

$$M_s = 10 \cdot 0,9 = 9 \text{ kpm bulunur.}$$

$N_s \text{ (BG)} = \frac{M_s \cdot n_s}{716,2}$ eşitliğinden giderek ve $n = 100$ d/d alınarak,

$$N_s = \frac{9 \cdot 100}{716,2} \approx 1,256 \text{ BG veya}$$

$$N_s = \frac{9 \cdot 100}{973,4} \approx 0,925 \text{ kW bulunur.}$$

Sonuç: $N_a \approx 0,925$ kW.

Örnek 2. 65 BG'de bir otomobil motorunun toplam strok hacmi $V_h = 1,3$ l'dir. Bu motoru uygun marş motorunun gücünü bulunuz.

Çözüm:

İçten patlamalı motor için $n_s = 50$ d/d, $C = 5$ alınarak;

$$M_s = C \cdot V_h \text{ ve } N_s \text{ (BG)} = \frac{M_s \cdot n_s}{716,2} \text{ eşitliklerinde yerine ko-$$

mulursa;

$$M_s = 5 \cdot 1,3 = 6,5 \text{ kpm.}$$

$$N_s \text{ (BG)} = \frac{6,5 \cdot 50}{716,2} \approx 0,45 \text{ BG olarak bulunur.}$$

Sonuç: $N_s \approx 0,45$ BG.

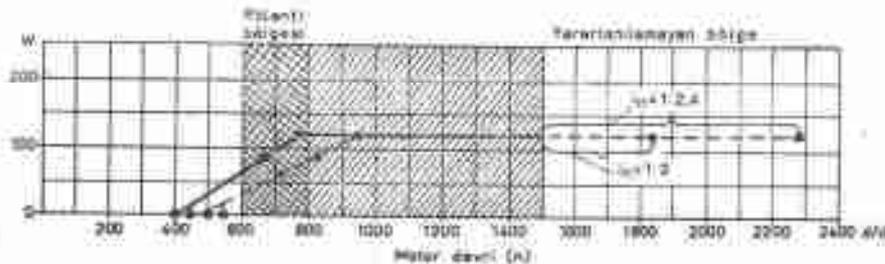
7.3. Şarj Dinamoları

Şarj dinamosu paralel (şönt) uyartımlı doğru akım motordur. Tarım traktörlerinde kullanılan şarj dinamolarının nominal güçleri 75 ... 130 W arasında değişmektedir. Bu dinamoların güç rezervi, anma gücünün % 50'si kadar olmalıdır. Örneğin, 130 W anma gücüne sahip bir şarj dinamosu, sürekli olarak 200 W verebilmelidir. Bu gücün 130 W'ı sürekli tüketiciler için, 70 W'ı da akümülatörün şarjı için gereklidir.

Şarj dinamoları için çeşitli devir sayıları söz konusu olmaktadır. Bunlar içerisinde sıfır watt, devreye girme, anma ve maksimum devir sayıları bildirilebilir.

Sıfır watt devir sayısı: Dinamonun normal sıcaklığında iken anma gerilimine ulaştığı, fakat enerji vermediği bölgedeki devir sayısıdır.

Devreye girme devir sayısı: Dinamonun konjektör tarafından elektriksel devreye sokularak güç vermeye başladığı noktadaki devir sayısıdır. Dinamo, termik motorun rölanti devrinde bile bu noktaya erişebilmelidir (Şekil 7.1).



Anma devir sayısı: Dinamonun normal sıcaklığında iken anma gücünü verebildiği bölgedeki devir sayısıdır.

Maksimum devir sayısı: Şarj dinamosu için müsaade edilen en yüksek devir sayısıdır. Maksimum devir sayısı, dinamonun yapısına bağlı olarak 3 500 ... 10000 d/d arasında değişmektedir.

Örnek 1. Bir traktör motorunun maksimum devir sayısı $n_{max} = 1500$ d/d ve rölanti devir sayısı da $n_r = 600 - 800$ d/d olarak verilmektedir. Bu motora bağlanacak şarj dinamosunun; sıfır watt devir sayısı $n_s = 1200$ d/d, devreye girme devir sayısı $n_d = 1320$ d/d, maksimum devir sayısı da $n_m = 5500$ d/d olarak bilinmektedir.

Bu verilere göre, motor devri ile dinamo devri arasındaki oranı (i_n), termik motorun maksimum devir sayısında dinamonun devrini ve dinamonun devreye girdiği andaki motor devrini bulunuz.

Çözüm:

Dinamonun sıfır watt devir sayısına termik motorun 500 d/d devrinde erişileceği kabul edilerek $i_n = \frac{500}{1200} = \frac{1}{2,4}$ bulunur.

Termik motorun maksimum devir sayısında dinamonun devri: $1500 \cdot 2,4 = 3600$ d/d olmaktadır.

Bulunan bu devir sayısı, dinamonun maksimum devir sayısından oldukça düşük olduğundan, dinamonun maksimum devir sayısından tam yararlanıma sağlanamamaktadır.

Dinamonun devreye girdiği andaki motor devri:

$$\frac{1320}{2,4} = 550 \text{ d/d}$$

Bulunan devir sayısı, rölanti devir sayısından daha küçük olduğundan, dinamo, motorun rölanti devrinde emniyetle devreye girebilir.

Sonuç:

$$i_n = 1/2,4,$$

Termik motorun maksimum devir sayısında dinamonun devri: 3600 d/d,

Dinamonun devreye girdiği andaki motor devri: 550 d/d.

8. YAĞLAMA VE SOĞUTMA

8.1. Yağlama

$$N_p(\text{BG}) = \frac{Q \cdot \gamma \cdot H}{\eta \cdot 60 \cdot 75} \qquad N_p(\text{kW}) = \frac{Q \cdot \gamma \cdot H}{\eta \cdot 60 \cdot 102}$$

N_p : Yağ pompasının tahrik gücü (BG veya kW),
 Q : Yağ debisi (l/d),
 γ : Yağın ağırlık ağırlığı (kg/l),
 H : Pompanın basma hancı (m SS),
 η : Pompasının verimliliği (%).

Örnek 1. Bir traktör motorunun gücü 25 kW'tır. Bu motorda 5,25 l yağ vardır. Motorun karterinde bulunan tüm yağ, 1,5 dakikada bir yatakları devretmektedir. Yağın 4,5 atlı basınçla iletilmesi için yağ pompasının tahrik gücünü bulunuz ($\gamma \approx 0,9 \text{ kg/l}$ ve $\eta = \% 75$ dir).

Çözüm:

Önce, yağ debisinin bulunması gerekmektedir:

$$Q = \frac{5,25}{1,5} = 3,5 \text{ l/d}$$

Öte yandan $10 \text{ mSS} \approx 1 \text{ kg/cm}^3$ olduğuna göre,
 $4,5 \text{ kg/cm}^3 \approx 45 \text{ mSS}$ olarak bulunur.

Bilinenler $N_p(\text{kW}) = \frac{Q \cdot \gamma \cdot H}{\eta \cdot 60 \cdot 102}$ eşitliğinde yerlerine yazılır.

İzasa,

$$N_p(\text{kW}) = \frac{3,5 \cdot 0,9 \cdot 45}{0,75 \cdot 60 \cdot 102} = 0,031 \text{ kW olarak bulunur.}$$

Sonuç:

$$N_p = 0,031 \text{ kW.}$$

3.2. Soğutma

$$Q_m = N_e \cdot b_e \cdot H \quad Q \approx \epsilon \cdot Q_m$$

$$W = \frac{Q}{c_s(T_{su} - T_{st})} \quad L = \frac{Q}{c_{ph}(T_{ku} - T_{kl})} \cdot \frac{1}{\gamma_h} \quad F = \frac{Q}{k \cdot (T_{su} - T_{ku})}$$

Q_m : Motorun yakıtı yanmasıyla oluşan ısı enerjisi (kcal/h).
 N_e : Motorun nominal (effektif) gücü (kW).
 b_e : Özgül yakıt tüketimi (kg/kWh).
 H : Yakıtın ısı değeri (kcal/kg).
 ϵ : Soğutma yoluyla transfer edilmeyen geçen ısı enerjisinin, motorun yakıtı yanmasıyla oluşan ısı enerjisine oranı ($\approx 0,3$).
 W : Su debisi (kg/h).
 Q : Soğutma yoluyla transfer edilmeyen geçen ısı enerjisi (kcal/h).
 c_s : Suyun özgül ısı (≈ 1 kcal/kgK).
 T_{su} : Suyun ilk sıcaklığı (K).
 T_{st} : Suyun son sıcaklığı (K).
 L : Radyatör cihazlarında dolaşan havanın debisi (m^3/h).
 c_{ph} : Havanın ısıtılma hacimindeki özgül ısı ($c_{ph} \approx 0,24$ kcal/kgK).
 T_{ku} : Havanın ilk sıcaklığı (K).
 T_{kl} : Havanın son sıcaklığı (K).
 γ_h : Havanın özgül ağırlığı (kg/ m^3).
 F : Peteklerin toplam soğutma alanı (m^2).
 k : Sıdın burçaya ısı iletim katsayısı (kcal/ m^2hK).

Örnek 1. Bir termik motor 1500 d/d'da 40 kW geliştiriyor ve kWh başına 0,300 kg yakıt tüketiyor. $T_{st} - T_{su} = 10K$, $T_{ku} - T_{kl} = 20 K$, $T_{su} - T_{ku} = 70 K$, $c_s = 1$ kcal/kgK, $c_{ph} \approx 0,24$ kcal/kgK ve $k = 50$ (kcal/ m^2hK) olarak saptanmıştır. Yakıtın ısı değeri de 10.000 kcal/kg ve $\gamma_h = 1,2$ kg/ m^3 olarak verilmektedir. Bu bilgilere göre;

- Soğutma için gerekli olan su debisini,
- Radyatördeki suyu soğutma için gerekli olan havanın debisini,
- Peteklerin toplam soğutma alanını bulunuz.

Çözüm :

$$a) Q_m = N_e \cdot b_e \cdot H = 40 \cdot 0,300 \cdot 10000 = 120 \ 000 \text{ kcal/h}$$

$$Q \approx 0,3 \cdot Q_m = 0,3 \cdot 120 \ 000 = 36 \ 000 \text{ kcal/h elde edilir.}$$

$$W = \frac{Q}{c_s(T_{su} - T_{st})} \text{ eşitliğinden gidilerek,}$$

$$W = \frac{36 \ 000}{1 \cdot 10} = 3600 \text{ kg/h bulunur.}$$

b) $L = \frac{Q}{c_{pa}(T_{kr}-T_{hl}) \cdot \gamma_n}$ eşitliği kullanılarak,

$$L = \frac{36\,000}{0,24 \cdot 20 \cdot 1,2} = 6250 \text{ m}^3/\text{h} \text{ elde edilir.}$$

c) $F = \frac{Q}{k \cdot (T_s - T_k)}$ eşitliğinden gidilerek,

$$F = \frac{36\,000}{50 \cdot 70} = 10,3 \text{ m}^2 \text{ bulunur.}$$

Sonuç:

a) $W = 3600 \text{ kg/h}$,

b) $L = 6250 \text{ m}^3/\text{h}$,

c) $F = 10,3 \text{ m}^2$.

9. TERMİK MOTORLARIN TARIM KESİMİNDEKİ UYGULAMALARI

9.1. Çeki İşleri İçin Gerekli Motor Gücü

$$N_0 = \frac{Z_g \cdot V_g}{270 \cdot \eta_u} \quad N_L = \frac{Z_g \cdot V_g \cdot f}{270 \cdot \eta_u} \quad N_V = \frac{Z_g \cdot V_g \cdot r}{270 \cdot \eta_u \cdot \eta_d}$$

$$\eta_u = \frac{V}{V_g} \quad p = \frac{V_g - V}{V_g}$$

$$N_G = \frac{(G+L) \cdot (f+s) \cdot V_g}{270 \cdot \eta_u} \quad N_M = \frac{M_d \cdot n}{116,2}$$

$$N = z \left(\frac{Z_g \cdot V_g}{270 \cdot \eta_u} + \frac{M_d \cdot n}{116,2} \right)$$

N_0 : İş makinasını çekmek için traktör kavramasında gerekli motor gücü (BG),

Z_g : Toplam çeki kuvveti (İş makinası için gerekli çeki kuvveti + traktörün yürütme direnci) (kp),

V_g : Teorik yürütme hızı (km/h),

η_u : Traktör aktarma organlarının verimliliği (pratikte genellikle $\eta_u = 0,9$ alınmaktadır),

N_L : Teorik yürütme hızından giderek hesaplanan motor gücü (BG),

z : Bezerv faktörü ($z = 1,1 \dots 1,2$ arasında değişmektedir),

N_V : Pratikteki yürütme hızından giderek hesaplanan motor gücü (BG),

V : Pratikteki yürütme hızı (km/h),

η_d : Pratik yürütme hızının teorik yürütme hızına oranı,

p : Patınaj,

N_G : Tarım aracıyla taşınmada gerekli motor gücü (BG),

G : Traktörün toplam ağırlığı (kg),

L : Tarım aracılarının yük ile birlikte toplam ağırlığı (kg),

f : Yürütme direnci katsayısı (En büyük değerler olarak, tarla yolunda 0,05, ana tarlada 0,10, yumuşak toprakta 0,20),

s : Meyil direnci katsayısı (Orneğin % 5 meyil için $s = 0,05$),

N_M : İş makinasının kayrak milinden istediği güç (BG),

M_d : İş makinası için gerekli döndürme momenti (kpm),

n : Kayrak milin devri (d/d) (standart kayrak mil devri 540 d/d),

N : Kayrak milinden hareket olarak çıkan çekirtili tip iş makinası için gerekli toplam motor gücü (BG).

Örnek 1. 750 kp çeki kuvveti isteyen bir pulluk, yürüme direnimi 250 kp olan bir traktörle çekilmek istenmektedir. Teorik yürüme hızı 5 km/h ve $\epsilon = 1,18$ olarak verildiğine göre:

- Traktör motorunun gücünü,
- % 20 patınaj olduğuna göre pratikteki yürüme hızını bulunuz.

Çözüm :

$$a) N_z = \frac{Z_s \cdot V_s \cdot \epsilon}{270 \cdot \eta_0} \text{ eşitliğinde, } Z_s = 750 + 250 = 1000 \text{ kp,}$$

$$V_s = 5 \text{ km/h ve } \eta_0 = 0,9 \text{ değerleri yerlerine konularsa:}$$

$$N_z = \frac{1000 \cdot 5 \cdot 1,18}{270 \cdot 0,9} \approx 24,28 \text{ BG bulunur.}$$

$$b) p = \frac{V_s - V}{V_s} \text{ eşitliğinden giderek,}$$

$$0,20 = \frac{5 - V}{5} \text{ yazılır, } V = 5 - 1 = 4 \text{ km/h olarak bulunur.}$$

Sonuç :

- $N_z \approx 24,28 \text{ BG,}$
- $V = 4 \text{ km/h.}$

Örnek 2. Yüklü ağırlığı 4600 kg olan bir tarım aracı 2000 kg ağırlığındaki bir traktör tarafından %5 meyilli arazi bir tarlada çekilmektedir. Teorik yürüme hızı 8 km/h olduğuna göre, çeki işi için gerekli motor gücünü bulunuz.

Çözüm :

$$N_s = \frac{(G+L) \cdot (f+s) \cdot V_g}{270 \cdot 0,9} \text{ eşitliğinden giderek ve } f = 0,10$$

değeri alınarak,

$$N_s = \frac{(2000+4600) (0,10+0,05) \cdot 8}{270 \cdot 0,9} \approx 32,6 \text{ BG bulunur.}$$

Sonuç :

$$N_s \approx 32,6 \text{ BG.}$$

Örnek 3. Çekilir tip bir biçer-döğürle hasatta toplam çeki kuvveti 630 kp ve biçer döverin moment gereksinimesi 540 d/d'da 17 kpm olarak

verilmektedir. Yürüme hızı 3,6 km/h olduğuna göre, gerekli motor gücünü bulunuz (rezerv faktörü $r = 1,18$ 'dir).

Çözüm :

$$N = r \left(\frac{Z_s \cdot V_s}{270 \cdot \eta_0} + \frac{M_s \cdot n}{716,2} \right) \text{ eşitliğinden giderek;}$$

$$N = 1,18 \left(\frac{630 \cdot 3,6}{270 \cdot 0,9} + \frac{17 \cdot 540}{716,2} \right) = 1,18 (9,33 + 12,82) \approx$$

26,1 BG olarak bulunur.

Sonuç :

$$N \approx 26,1 \text{ BG.}$$

9.2. Stasyoneri İş Makinaları ve Jeneratörler İçin Gerekli Motor Güçleri

$N_s = \frac{N_m \cdot r}{\eta_0}$	$N_g = \frac{N_g}{\eta_g \cdot \eta_s}$	$N_g = N_s \cdot \cos \varphi$
N_s : Termik motorun anma (effektif) gücü (BG veya kW).	N_g : İş makinesinin gerektirdiği güç (BG veya kW).	
r : Rezerv faktörü ($r = 1,1 \dots 1,2$).	η_0 : İletim verimliliği.	
η_g : Jeneratörün güç verimliliği (kW).	η_s : Jeneratörün verimliliği.	
N_g : Jeneratörün çıkış gücü (kW).	N_s : Jeneratörün nominal gücü (kVA).	
$\cos \varphi$: Jeneratörün güç faktörü.		

Örnek 1. Gereksinime duyduğu güç 15 BG (≈ 11 kW) olan bir su pompası, hareketini kayış kasnak düzeni yardımıyla termik motordan almaktadır. İletim verimliliği 0,92 ve rezerv katsayısı 1,2 olduğuna göre, termik motorun anma gücünü bulunuz.

Çözüm :

$$N_s = \frac{N_m \cdot r}{\eta_0} \text{ eşitliğinden giderek,}$$

$$N_s = \frac{15 \cdot 1,2}{0,92} \approx 19,6 \text{ BG} \approx 14,4 \text{ kW} \text{ olarak bulunur.}$$

Sonuç :

$$N_s \approx 14,4 \text{ kW.}$$

Örnek 2. Gerçek gücü 50 kW ve güç faktörü $\cos \varphi = 0,80$ olan bir jeneratöre direk akuplasyonla uygun termik motor seçilmek isten-

mektedir. Jeneratörün randımanı 0,94 olarak verilmektedir. Bu bilgilere göre;

- Termik motorun gücünü,
- Jeneratörün zahiri gücünü bulunuz.
- Jeneratör 40 kW'lık güç verdiği sırada $\cos \varphi = 0,60$ olmaktadır. Randıman değişmediğine göre, termik motorun ve jeneratörün yüklenme durumunu saptayınız.

Çözüm:

a) $N_2 = \frac{N_1}{\eta_1 \cdot \eta_2}$ eşitliğinde bilinmeyenler yerlerine yazılarak,

$$N_2 = \frac{50}{1 \cdot 0,94} \approx 53,2 \text{ kW} (\approx 72,3 \text{ BG}) \text{ bulunur.}$$

b) $N_2 = \frac{N_1}{\cos \varphi}$ eşitliğinden giderek,

$$N_2 = \frac{50}{0,60} = 62,5 \text{ kVA} \text{ bulunur.}$$

c) Termik motor için $N_2 = \frac{40}{0,94} \approx 42,5 \text{ kW} (\approx 57,7 \text{ BG})$

bulunur. Bu son değer nominal güç değerine bölünerek yüklenme derecesi saptanabilir:

$$\frac{42,5}{53,2} \approx 0,80 = \% 80.$$

Jeneratör için $N_2 = \frac{40}{0,6} \approx 66,7 \text{ kVA}$ bulunur. Bu değer

jeneratörün nominal güç değerine bölünerek yüklenme derecesi:

$$\frac{66,7}{62,5} \approx 1,07 = \% 107 \text{ olarak bulunur.}$$

Sonuç:

a) $N_2 \approx 53,2 \text{ kW} \approx 72,3 \text{ BG}$,

b) $N_2 = 62,5 \text{ kVA}$,

c) $\approx \% 80, \% 107$.

9.3. Tarımsal Etkinliklerde Gereksinime Duyulan Güç, Enerji ve Yakıt Değerleri

Bu değerler sıra ile cetvel 9.1 ... 9.5'de verilmiştir.

Cetvel 9.1. Tam motorizasyonun sağlanması durumunda ürün rinin başlıklar olarak hektar başına gerekli olan motor gücü.

Ürünün cinsi	Ön devreler	Bakım	Hasat	Toplam	
	(DGh / ha)	(DGh / ha)	(DGh / ha)	(DGh / ha)	(kWh / ha)
Tahıl (hasatta güç ve ildeformasyon ve saman balyalı kuruyık sulandıktan hareket olarak çalışma türleri için kullanılmalıdır)	102	50	250	410	221,5
Yemliklik besleme (büyük, yığın harman etme kapasitesi)	92	74	442	608	337,5
Şeker pancarı	100	130	1132	1460	1000,4
Hayvan pancarı	103	130	1960	1373	1070,5
Potates	164	173	273	610	440,0
Silaj yemi	102	30	273	405	320,2
Çayır ete (L. biçiminde)			160	160	117,8
Kulm (hoşlama, yığın harman etme kapasitesi)	124	66	390	470	346,0

Cetvel 9.2. Traktörlerle çalıştırılan yağmurulama pompasının güç gereksinimi

Traktörün motor gücü (DG)	Pumpa kapasitesine uygun olarak		Pompanın ve diğer ekipmanların az güçte çalışması (%)
	Dalı (m ³ / h)	Manometrik yükseklik (mH ₂ O)	
10	15	33	40
15	20	60	40
	25	55	40
20	20	90	45
	25	80	50
	30	80	60
	40	60	60
25	35	30	60
	45	70	65
	60	55	70
30	40	90	60
	60	65	65
	70	60	70
40	60	95	65
	70	80	70
	80	72	72

Çevre 9.3. Çeşitli tarımsal işlemler için yakıt tüketimi ve enerji gereksinimi.

Yapılan iş	Çalışma hızı	Hektara yakıt tüketimi	Hektar başına enerji tüketimi	
	(km / h)		DGH / ha	kWh / ha
Pullukla sürme (1/2 derinliği 20 cm ve 100 l toprak mukavemeti 45 kp / dm ²)	4,5 . 6,5	14,0 . 20,0	44,0 . 63	22,4 . 46
Kaymak tabakasını kırma-ikileme (1/2 derinliği 8 cm'den küçük)	7,0 . 8,0	6,0 . 8,5	19,0 . 23	14,0 . 15
Sığirt çekmek	6,0	2,2 . 2,8	7,0 . 9,0	5,2 . 6,6
Kazayağıyla ikilemek (kahartmak) (1/2 derinliği yaklaşık 12 cm)	8,5 . 11	6,0 . 8,0	19,0 . 23	14,0 . 18
Tarımla ikileme	5,0 . 6,0	3,0 . 5,0	9,5 . 16	7,0 . 12
Ekim	5,0 . 8,0	2,6 . 3,5	8,0 . 11	5,9 . 8,8
Mordane çekme (Cambri'de mordane)	6,0 . 8,0	2,8 . 4,0	7,5 . 12,5	5,5 . 9,2
Bakım işleri (çapalama, ilaçlama, boğaz doldurma)	3,0 . 4,0	3,0 . 4,0	7,5 . 12,5	5,5 . 8,2
Anak tip biçme	7,0 . 8,0	2,5 . 3,0	8,0 . 9,5	5,9 . 7,9
Kıvrak milinden hareketli tür makinesiyle bağlama	5,5 . 6,8	3,0 . 3,5	9,5 . 11,0	7,0 . 8,3
Biçerdöğme hasat (kıvrak milinden hareketli veya kendi yürütür)	2,8 . 3,2	12,0 . 15,0	38,0 . 47,0	20,0 . 24,0
Potates hasadı (kıvrak milinden hareketli)	4,5 . 5,4	2,5 . 3,0	8,0 . 9,5	5,9 . 7,0
Fanar hasadı (tür arası sökme)	3,5 . 4,8	3,0 . 4,0	9,5 . 12,5	7,9 . 9,2
Gübreleme, kazayağıyla ikileme, tarımla ikileme	4,0 . 5,0	4,5 . 5,5	14,0 . 17,0	10,2 . 12,5
Gübreleme, ekim, tarımlama	3,0 . 6,0	3,0 . 3,5	9,5 . 11,0	7,9 . 8,3
Yazma (100 t faydalı yük-km başına)	16,0 . 18,0	3,0 . 4,0	yaklaşık 30 . 120	yaklaşık 20,0 . 28,3

Çevre 9.4. Çekirir tip biçme-döğme hasatta güc gereksinimi ve verim.

Traktör motor gücü		Gereksinim: 5 aylık kıvrak milinden		% 5 mayıs kadar ve dört aşamalı oran 1:1,35 olan buğday hasadında teknik verim (ton / h)
(DGH)	(kW)	(DGH)	(kW)	
25	18,4	13	9,0	1,7
30	22,0	15	11,0	1,8
35	25,8	17	12,5	2,1
40	29,4	19	14,0	2,5
45	33,1	22	16,5	2,8
50	36,8	24	17,7	3,1

Çizelge 9.5. Tarla çalışmalarında yakıt tüketimi.

İşin adı	Dizel yakıt tüketimi (l / ha)
Pollükle sürme (tolun-gübre yatağı açma) hafif topraklarda ağır topraklarda	12 - 10 10 - 20
Pollükle sürme (sonbahar işleme, öcük sürme) hafif topraklarda ağır topraklarda	15 - 20 25 - 30
Ara bulama	8 - 12
Kültürvurta geçişim	3 - 5
Tırmıklama	2 - 4
Tolun tırağı çalışma	1 - 2
Sığılı çalışma	2 - 3
Mordano çalışma	2 - 3
Tırmık gübre serpmo	4 - 5
Tolun ekim (tırıya ekim)	0 - 5
Öcük açma veya kapatma	2 - 3
Potates herdem	9 - 11
Potates çapalama veya huşar dökme	3 - 4
Yem biçme	3 - 5
Hububat biçme (Bıçak bağlarla)	4 - 8
Biçip biçme (35-45 BG'lık Dizel motorla)	20 - 25
Biçip biçme (60 BG'lık Dizel motorla)	25 - 30
Not: Yukarıdaki değerler, ağır topraklarda ve mevsimel meyilli arazideki çalışmalar için geçerlidir.	

10. TERMİK MOTORLARLA YAPILAN İŞİN MALİYETİ

$$M_t = M_s + M_i \quad M_t = M_{ys} + M_{yq} + M_p + M_{tb} \quad M_s = M_a + M_f$$

$$Y = \frac{A}{t} \quad f = 0,55 \cdot A \cdot y$$

M_t : Toplam masraf (TL/kWh),
 M_s : Sabit masraf (TL/kWh),
 M_i : İşletme masrafı (TL/kWh),
 M_a : Amortismanından düşen pay (TL/kWh),
 M_f : Faizden düşen pay (TL/kWh),
 M_{ys} : Yakıttan düşen masraf (TL/kWh),
 M_{yq} : Yağlamadan düşen masraf (TL/kWh),
 M_p : İşletme personeline düşen masraf (TL/kWh),
 M_{tb} : Tamir ve bakım masrafı (TL/kWh),
 Y : Yıllık amortisman payı (TL/yıl),
 A : Satın alma bedeli (TL),
 t : Hizmet ömrü (yıl),
 f : Ortalama faiz değeri (TL/yıl),
 y : Yıllık faiz oranı (%).

Termik motorlarda ortalama hizmet ömrü 10 yıl, yıllık amortisman yüzdesi ise %10'dur.

Tamir ve bakım masrafı, hizmet saati başına satın alma fiyatının % 0,005'i kadar olmaktadır.

Örnek 1. Etkin güç 28 kW olan bir Diesel motorunun satın alma fiyatı 30 000 TL'dir. Bu motorla bir yılda 1000 saat çalışıyor. Bu süreçte 22 000 kWh'lik iş yapılırken toplam 5,5 ton yakıt harcanıyor. Yakıtın birim fiyatı 4,75 TL/kg ve yıllık faiz oranı da % 10 olduğuna göre, kWh başına düşen toplam masrafı bulunuz. (Bir yılda bu motora düşen personel masrafı 4 000 TL ve yağlama masrafı da 1200 TL'dir.)

Çözüm :

$$Y = \frac{A}{t} \text{ eşitliğinden giderek, } Y = \frac{30\ 000}{10} = 3000 \text{ TL/yıl}$$

ve $f = 0,55.A.y = 0,55.30.000.0,10 = 1650$ TL/yıl bulunur.

Sabit maaştan 1 kWh başına düşen pay:

$$M_s = \frac{3000+1650}{22.000} \cong 0,211 \text{ TL/kWh,}$$

$$\text{Yakıt masrafı: } M_{ya} = \frac{5500}{22.000} \cdot 4,75 \cong 1,188 \text{ TL/kWh,}$$

$$\text{Yağlama masrafı } M_{yağ} = \frac{1200}{22.000} \cong 0,055 \text{ TL/kWh,}$$

$$\text{Personel masrafı: } M_p = \frac{4000}{22.000} \cong 0,182 \text{ TL/kWh,}$$

$$\text{Tamir ve bakım masrafı: } M_{tb} = \frac{30000.0,00005.1000}{22.000} \cong$$

0,068 TL/kWh.

İşletme masrafından 1 kWh başına düşen pay:

$$M_i = M_{ya} + M_{yağ} + M_p + M_{tb} = 1,188 + 0,055 + 0,182 + 0,068 = 1,493 \text{ TL/kWh.}$$

Toplam masraf, $M_t = M_s + M_i$ eşitliğinden gidilerek bulunabilir:

$$M_t = 0,211 + 1,493 = 1,704 \text{ TL/kWh.}$$

Sonuç:

$$M_t = 1,704 \text{ TL/kWh.}$$

II. ALIŖTIRMALAR

1. Stroku 100 mm ve silindir çapı 110 mm olan iki silindirli bir motorun toplam strok hacmini bulunuz.

2. Stroku 100 mm ve piston kolu uzunluğu 300 mm olan içten yanmalı bir motorda;

a) Emme supabı Ü.Ö.N'ya 8° kala açıldığına göre piston yolunu,

b) Püskürme Ü.Ö.N'ya 26° kala başladığına göre piston yolunu bulunuz.

3. Dakikadaki devir sayısı 3000 olan bir motorda ateşlemenin Ü.Ö.N'ya gelmeden 38° önce olması istenmektedir. Buna göre ateşlemenin Ü.Ö.N'ya gelmeden kaç saniye önce olduğunu bulunuz.

4. Piston kolu uzunluğu 220 mm, stroku 110 mm ve dakikadaki devir sayısı 2800 olan içten yanmalı bir motorda;

a) Ortalama piston hızını,

b) Maksimum piston hızını bulunuz.

5. Bir termik motorun strok hacmi $V_0 = 2000 \text{ cm}^3$, sıkıştırma oranı hacmi de $V_1 = 125 \text{ cm}^3$ dir. Sıkıştırma başlangıcındaki basınç $P_1 = 0,101 \text{ MPa}$ ve genleşme sonundaki basınç da $P_2 = 0,290 \text{ MPa}$ olarak bulunmuştur.

Bu bilinenlere göre;

a) Politropik olarak gerçekleşen sıkıştırma sırasında sistemin aldığı işi,

b) Politropik olarak gerçekleşen genleşme sırasında sistemin verdiği işi,

c) Çevrim arasındaki toplam işi bulunuz.

6. İçten yanmalı bir motorun sıkıştırma oranı 15:1 olarak saptanmıştır. Sıkıştırmanın başlangıç ve bitimindeki basınçlar arasıyla

$P_1 = 0,101$ MPa ve $P_2 = 2,424$ MPa olarak saptanmıştır. Bu bilinenlere göre, politropik değişimdeki n katsayısının değerini bulunuz.

7. Dört silindireli ve dört zamanlı içten yanmalı bir motorun silindire çapı 80 mm ve stroku da 90 mm'dir. Silindirlerin içindeki ortalama endike iç basınç 0,610 MPa olarak saptanmıştır. Bu bilinenlere göre, motorun 40 d/s'de geliştirebileceği gücü kW olarak bulunuz.

8. Dört silindireli ve iki zamanlı içten yanmalı bir motorun silindire çapı 80 mm ve stroku da 90 mm'dir. Silindirlerin içindeki ortalama endike iç basınç 0,390 MPa olduğuna göre, motorun 40 d/s'de geliştirebileceği gücü kW olarak bulunuz.

9. İçten patlamalı bir motorun patlama sonundaki silindir iç sıcaklığı $T_2 = 2900$ K, eksoz gazları sıcaklığı da $T_3 = 900$ K'dir. Motorun endike gücü 100 kW ve saatlik yakıt tüketimini de 24 kg'dır. Motorun ortalama devir sayısında ölçülen fren gücü (anma gücü) 80 kW olarak bulunmuştur. Benzinin ısı değeri 10 000 kcal/kg'dır. Bu bilinenlere göre, motorun toplam verimini bulunuz.

10. Sıkıştırma oranı 14:1 olan bir motorda sıkıştırma başlangıcında silindir içindeki sıcaklık derecesi 313 K olduğuna göre, sıkıştırma sonunda ulaşılan sıcaklık derecesini bulunuz.

11. Dört silindireli ve dört zamanlı içten patlamalı bir motor 3000 d/d'da 55 BG geliştiriyor. Bu devirdeki özgül yakıt tüketimi 0,260 kg/BGh bulunuyor. Yakıtın özgül ısı 10000 kcal/kg olduğuna göre;

- Saatlik yakıt tüketimini bulunuz.
- Motorun toplam verimini bulunuz.

12. Dört silindireli dört zamanlı içten yanmalı bir motorun silindirlerinin çapı 130 mm, stroku da 140 mm'dir. Bu motor denenirken 1900 d/d'da dönmeye momentini 31,9 kpm olarak bulunmuştur. Bu bilinenlere göre;

a) Bu devir sayısındaki efektif motor gücünü BG ve kW olarak hesaplayınız.

b) Motor aynı devirde çalışırken 200 cm³ yakıt tüketmek için geçen süre 40 saniye olduğuna göre, saatlik yakıt tüketimini (kg/h) ve özgül yakıt tüketimini (kg/kWh) olarak bulunuz. (Yakıtın yoğunluğu $\rho = 0,84$ kg/l'dir).

13. İki silindireli dört zamanlı içten yanmalı bir motorun anma gücü 22 kW ve devir sayısı da 2200 d/d'dir. Bu motorun özgül yakıt tüketimi 260 g/kWh'dir. Püskürme, krank milinin 35° lik dönüştünde olmaktadır.

Sıkışmanın sonunda silindir iç basıncı 32 kp/cm^2 ve yakıt püskürme basıncı da 290 kp/cm^2 olarak bulunmuştur. Bu bilinenlere göre;

- Bir pompa elemanının bir defada bastığı yakıt miktarını,
- Püskürme süresini,
- Püskürme debisini,
- Enjektör memesi deliği alanını bulunuz.

14. Dört zamanlı ve dört silindirlilikten yansmalı bir motorun ortalama iç basıncı $6,7 \text{ kp/cm}^2$ ve endike gücü de 40 kW olarak saptanmıştır. Bu bilinenlere göre, etkili hava miktarını bulunuz.

15. Elektrolitinin yoğunluğu $1,228$ olan bir akümülatör hücresinin gerilimini bulunuz. Altı hücresinin seri bağlanmasıyla oluşan akümülatör bataryasının gerilimini hesaplayınız.

16. 54 Ah kapasiteli bir akümülatör bataryası 6 V 'lık bir anma gerilimine sahiptir. $\eta_{\text{ak}} = \% 90$ ve $\eta = \% 78$ 'dir. Bu bilinenlere göre;

- 10 saatlik boşalma sırasında verebileceği enerjiyi,
- 3 A 'lık sabit akımla doldurulması için gerekli süreyi,
- Dolma enerjisini bulunuz.

17. Bir tarım traktörü motorunun gücü $N_g = 25 \text{ BG}$ ve strok hacmi $V_g = 1,2 \text{ l}$ 'dir. Ön hücreli ve kızdırma bujisiz olan bu motora en uygun gücte bir many motoru seçiniz.

18. Bir motorun maksimum devir sayısı $n_{\text{max}} = 3000 \text{ d/d}$ ve çö-lanti devir sayısı da $n_s = 1200-1600 \text{ d/d}$ olarak verilmektedir. Bu motora bağlanacak çarj dinamosunun; sıfır watt devir sayısı $n_0 = 2400 \text{ d/d}$, devreye girme devir sayısı $n_g = 2640 \text{ d/d}$, maksimum devir sayısı da $n_m = 11.000 \text{ d/d}$ olarak bilinmektedir.

Bu verilere göre, motor devri ile dinamo devri arasındaki oranı, ternak motorun maksimum devir sayısında dinamonun devrini ve dinamonun devreye girdiği andaki motor devrini bulunuz.

19. 40 kW 'lık bir traktör motorunun karterinde 6 l yağ bulunmaktadır. Bu yağ, 2 dakikada bir yatakları devretmektedir. Yağın $6,6$ atü basınçla iletilebilmesi için yağ pompasının tahrik gücünü bulunuz ($\gamma = 0,9 \text{ kg/l}$ ve $\eta = \% 78$ 'dir).

20. Yüklü ağırlığı 6200 kg olan bir tarım arabası 2200 kg ağırlığındaki bir traktör tarafından $\% 3$ meyilli bir tarla yolunda çekilmek-

tedir. Teorik yürüme hızı 12 km / h olduğuna göre, çeki işi için gerekli olan motor gücünü bulunuz.

21. 450 kp çeki kuvveti isteyen bir çapalama makinesi, yürüme direnimi 220 kp ve gücü 40 kW olan bir traktörle çekilmek istenmektedir. Teorik yürüme hızı 10 km / h ve rezerv katsayısı 1,2 olarak verildiğine göre;

- a) Bu çeki işi için gereksinime duyulan motor gücünü bulunuz,
- b) Traktörün bu yönden uygunluğunu tartışınız,
- c) % 18 patinaj olduğuna göre, pratikteki yürüme hızını bulunuz.

22. Gereksinime duyduğu güce 7,5 kW olan bir yem değirmeni, hareketini kayış-kasnak düzeneğiyle termik motordan almaktadır. İletim randımanını 0,92 ve rezerv katsayısı 1,18 olduğuna göre, termik motorun ana gücünü bulunuz.

23. Gerçek gücü 30 kW ve güc faktörü $\cos \varphi = 0,78$ olan bir jeneratöre direkt akuplasyonla uygun termik motor seçilmek istenmektedir. Jeneratörün randımanını 0,92 olarak verilmektedir. Bu bilimselere göre;

- a) Termik motorun gücünü,
- b) Jeneratörün zahiri gücünü bulunuz.
- c) Jeneratör 25 kW'lık güce verdiği sırada $\cos \varphi = 0,62$ olmaktadır. Randımanın değişmediğini kabul ederek, termik motorun ve jeneratörün yüklenme durumunu saptayınız.

24. Etkelatif gücü 3 kW olan içten patlamalı bir motorun satın alma fiyatı 5000 TL'dir. Bu motorla bir yılda 1000 saat çalışıyor. Bu sürede 2500 kWh'lık iş yapılırken 1 ton yakıt harcanyor. Yakıtın birim fiyatı 6 TL / kg ve yıllık faiz oranı da % 10 olduğuna göre, kWh başına düşen toplam masrafı bulunuz. (Bir yılda bu motora düşen personel masrafı 1000 TL ve yağlama masrafı da 250 TL'dir).

12. KAYNAKLAR

- Adams, O.L., 1960. *Traité Élémentaire du Moteur Diesel* (Fransızcaya çeviren: Ch. Schimpf). Dunod, Paris.
- Adams, O.L., 1957. *Fonctionnement et Entretien des moteurs Diesel* (Fransızcaya çeviren: H. Borzer). Dunod, Paris.
- Ayber, N., 1971. *Mühendislik Termodinamiğinin Esasları*. (4. baskı). Eksen Kitabevi Yayınları, İstanbul.
- Boch S., 1956. *Die Dieselmachine in Land- und Schiffsbetrieb*, Eckardt und Messtorff Verlag, Hamburg.
- Demiret, H., 1970. *Termik Motorlar*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 416, Ankara.
- Ersalan, N., 1950. *Diesel Motorları, Hesapları, Yapımları, Ayarları* (2. baskı). Marifet Matbaası, İstanbul.
- Feldmann, F., 1963. *Die Schlepper betriebgerecht ausgewählt*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Gallwitz, K. ve Gühlich, H., 1975. *Çözümlü Ziraat Alet ve Makinaları Problemleri* (Çeviren: İ.K. Tuncer). Atatürk Üniversitesi Yayın No. 416, Ankara.
- Grave, H.F., 1965. *Elektrische Messung Nichtelektrischer Größen*. Akademischer Verlagsgesellschaft, Frankfurt am Main.
- Günther, M. ve Schlieker, H., 1953. *Diesel Motoren Betrieb*. Hanseatische Verlagsanstalt G.M.B.H. Hamburg.
- Hessler, R. ve Müller, H., 1954. *Fahrzeugkühler Berechnung-Konstruktion Ausführung*. VEB Verlag Technik, Berlin.
- Illgen, H., 1957. *Vergaser-Handbuch*. VEB Verlag Technik, Berlin.
- Kadıoğlu, S. ve Yavuzcan, G., 1969. *Ziraat Makinaları İşletmeciliği*, 1. Cilt. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 364, Ankara.

- Kamm, W. ve Schmid, C., 1948. *Taşıtlarda ve Taşıt Motorlarında Deney ve Ölçü Tekniği* (Çeviren: Orhan Işık). İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, Sayı: 147, İstanbul.
- Kraemer, O., 1963. *Bau und Berechnung der Verbrennungsmotoren* (4. Auflage). Springer Verlag, Berlin / Göttingen / Heidelberg.
- Kuşhan, B., 1974. *Zirai Kuvvet Makinaları İçten Yanmalı Motorlar ve Traktör*. Atatürk Üniversitesi Yayınları, No: 368, Ankara.
- Löhr, L., 1969. *Faustzahlen für den Landwirt*. Leopold Stocker Verlag, Graz.
- Schilling, E., 1955. *Landmaschinen* 1. Band Ackerschlepper. Lutho Druck, Köln.
- Yavuzcan, G., 1976. *Tarımsal Elektrifikasyon Uygulama Örnekleri* (2. baskı). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 584 Ankara.
- Yavuzcan, G., 1971. *Pompaj Tesislerinin Güç ve Enerji Yönünden Profelenmesi*. Kanaat Matbaası, Ankara.
- , 1973. *Bulletin d'Essais O.C.D.E.* No 421, C.N.E.E.M.A., Antony.
- , 1970. *Kraftfahrtechnisches Taschenbuch* (17. Auflage). VDI Verlag GmbH, Düsseldorf.
- , 1966. *O.E.C.D. Standard-Code für die offizielle Prüfung von Ackerschleppern* (Übersetzung aus dem englischen Original-Text). KTL.

