



*Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca*

**M950 – ESAME DI STATO DI ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE**

CORSO DI ORDINAMENTO

**Indirizzo:** TERMOTECNICA

**Tema di:** TERMOTECNICA, MACCHINE A FLUIDO

Un motore a sei cilindri a quattro tempi aspirato ad accensione spontanea con cilindrata  $V_c = 1000 \text{ cm}^3$  (per cilindro) abbia i seguenti dati:

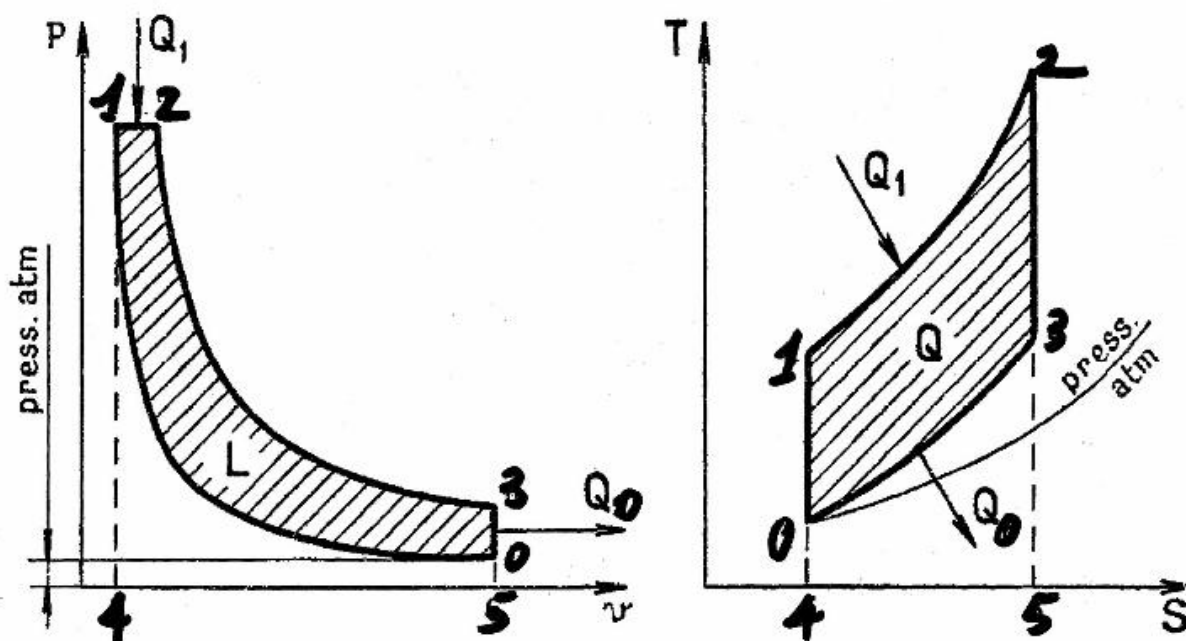
Velocità di rotazione	$\omega = 157 \text{ rad/s};$
rapporto di compressione	$\rho = 16;$
temperatura dell'aria all'ingresso	$T_0 = 298 \text{ K};$
pressione ambiente	$P = 1 \text{ bar};$
potere calorifico inferiore del combustibile	$K = 43000 \text{ KJ/Kg};$
aria	$c_p = \text{cost} = 1,006 \text{ kJ/KgK}; k = c_p/c_v = 1,4.$

Il candidato, assunti congrui valori dei dati mancanti, determini:

- il rendimento termodinamico del ciclo ideale che meglio approssimi il ciclo reale;
- la pressione media effettiva;
- la pressione media indicata;
- la potenza dell'albero e la coppia;
- il consumo specifico del motore nelle condizioni di funzionamento indicate.

## RISOLUZIONE

Prima della risoluzione analitica è utile la rappresentazione del ciclo Diesel nei piani P-V e T-S.



Ciclo Diesel teorico in coordinate  $p-v$  e  $T-S$ .

### Punto 1

Il rendimento termodinamico è dato da  $\eta = 1 - Q_0/Q_1$  dove

$Q_0 = c_v(T_3 - T_0)$  è il calore ceduto da 1Kg di aria, mentre  $Q_1 = c_p(T_2 - T_1)$  rappresenta il calore acquistato da 1Kg di aria.

Quindi per calcolare le due quantità di calore bisogna determinare  $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$ .

$T_1 = T_0(V_0/V_1)^{K-1}$  dalla adiabatica 0-1.

$V_0$  si può calcolare dall'equazione di stato del punto "0" e cioè  $V_0 = R T_0 / P_0$  dove  $R$  è la costante del gas; nel nostro caso  $V_0 = 0.87 \text{ m}^3$  (per unità di massa d'aria).

Mentre  $V_1$  si ricava dalla definizione del rapporto volumetrico di compressione  $\rho$  e cioè  $V_1 = V_0 / \rho = 0.87 / 16 = 0.05 \text{ m}^3$ .

Quindi  $T_1 = 298 \times 16^{0.41} = 928 \text{ K}$

Per il calcolo di  $T_2$  (temperatura di combustione) si fa riferimento alla tabella del manuale del Perito Industriale relativa ai motori a c.i., nel nostro caso motore Diesel 4 tempi per impianti fissi, per i quali la  $T_2$  viene indicata in 2.100 K.

Quindi il valore di  $Q_1$  risulta uguale a  $c_p(2.100 - 928) = 1.179 \text{ Kj}$ .

Per il calcolo di  $V_2 = T_2 / T_1 \times V_1 = 0.113 \text{ m}^3$ .

Quindi  $T_3 = T_2(V_2/V_3)^{K-1} = 909 \text{ K}$ .

Il valore di  $Q_0$  risulta uguale a  $c_v(T_3 - T_0) = 476 \text{ KJ}$ ; di conseguenza il rendimento termodinamico del ciclo Diesel risulta pari a  $1 - 476/1.179 = 0,59$  cioè il 59% che è un valore accettabile.

## Punto 2

Il valore della p.m.e. (pressione media effettiva) si ricava dalla tabella su citata che nel nostro caso assume valore compreso tra 1,5 e 2,2 MPa. Nel nostro caso scegliamo 1,8 Mpa.

## Punto 3

Il valore p.m.i. (pressione media indicata) si ricava dalla p.m.e. ipotizzando il rendimento meccanico pari a 0,95; quindi  $p.m.i. = p.m.e./0,95 = 1,89 \text{ Mpa}$ .

## Punto 4

Dalla relazione  $N_{\text{eff}} = p.m.e. \times V \times n/225 \times \tau$  dove  $V$  è la cilindrata totale cioè 6.000 cc cioè  $6 \text{ dm}^3$  e  $\tau$  vale 4 per un motore 4 tempi; dopo tali precisazioni la potenza effettiva assume il valore di 132,35Kw (c.a. 180CV).

Per quanto riguarda la coppia motrice essa si ricava dalla relazione  $C = N_{\text{eff}} / \omega = N_{\text{eff}} \times 716/n$  dove "n" rappresenta il n° di giri del motore e cioè  $n = 60 \times \omega / 2\pi$ , la  $\omega$  rappresenta la velocità di rotazione e cioè 157 rad/s; il valore di n è pari a 1.500 g/1' e la coppia motrice risulta quindi pari a 859 Nm.

## Punto 5

Dalla definizione del rendimento totale del motore cioè  $\eta_{\text{tot}} = 1/c_s \times H_{ci}$  dove  $c_s$  rappresenta il consumo specifico in g/Mj e  $H_{ci}$  rappresenta il potere calorifico inferiore del combustibile espresso in Mj/g nel nostro caso 0,043 Mj/g; per poter calcolare quindi il  $c_s$  dobbiamo scegliere sempre dalla tabella sopra citata un valore di  $\eta_{\text{tot}}$  che nel nostro caso è pari a 0,45. Quindi  $c_s = 1/\eta_{\text{tot}} \times H_{ci} = 1/0,45 \times 0,043 = 52 \text{ g/Mj}$ .

Per dare un significato più consueto e quindi più intuitivo si fa notare che il valore sopra calcolato non solo è coerente con il tipo di motore ma anche assume valori di 140g/CVh oppure 191g/Kwh.