

4

Motor de combustão interna

4.1

Considerações gerais

Os motores de combustão interna são máquinas térmicas alternativas, destinadas ao suprimento de energia mecânica ou força motriz de acionamento. Os motores de combustão interna podem ser classificados como de ignição por centelha ou ignição por compressão. O motor por compressão é comumente chamado de motor diesel. O nome deriva do engenheiro francês Rudolf Diesel, que desenvolveu o primeiro motor no período de 1893 a 1898. O motor é composto de um mecanismo capaz de transformar os movimentos alternativos dos pistões em movimento rotativo da árvore de manivela, que transmite energia mecânica aos equipamentos acionados, como por exemplo, um gerador de corrente alternada.

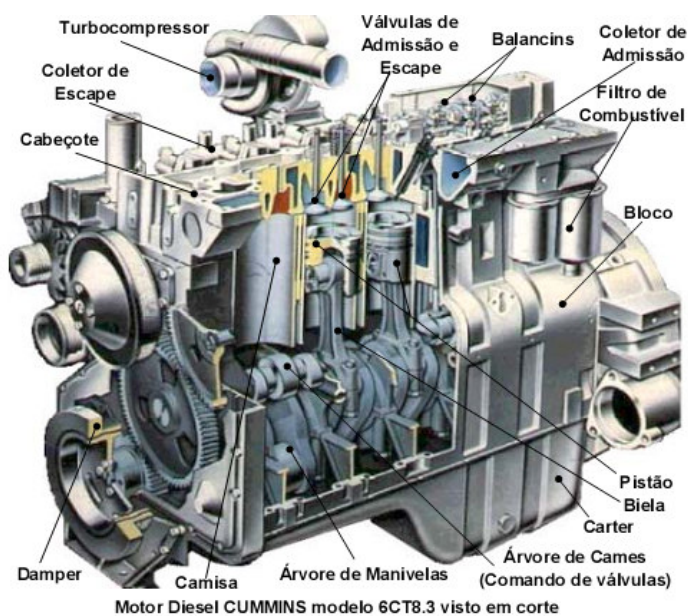


Figura 2 Motor de Combustão Interna¹

¹ Retirado do site <http://www.perfectum.eng.br/diesel.html> em 07/08/2006

4.2

Princípio de funcionamento

Os motores do ciclo diesel são aqueles que aspiram ar, que após ser comprimido no interior dos cilindros, recebe o combustível sob pressão superior àquela em que o ar se encontra. A combustão ocorre por auto-ignição quando o combustível entra em contato com o ar aquecido pela elevada pressão. O combustível que é injetado ao final da compressão do ar é o óleo diesel, porém o motor pode rodar com outros combustíveis, inclusive o óleo vegetal *in natura* (Rahde)

4.3

Parâmetros do motor

- Ponto Morto Superior – Posição extrema do pistão na parte superior do cilindro. Caracteriza o mínimo volume do cilindro.
- Ponto Morto Inferior – Posição extrema do pistão na parte inferior do cilindro. Caracteriza o máximo volume do cilindro.
- Curso do Êmbolo – É a distância percorrida entre o ponto morto superior e o ponto morto inferior.
- Tempo Motor - É o deslocamento do êmbolo do Ponto Morto Superior ao Ponto Morto Inferior decorrente da combustão e expansão dos gases na combustão.
- Volume de admissão – É o volume compreendido entre o ponto motor superior e o ponto morto inferior

$$\text{Volume de admissão} = \frac{\pi \times (\text{diâmetro do cilindro})^2 \times \text{curso do pistão}}{\text{número de cilindros}} \quad (3)$$

- Volume da Câmara de Combustão – É o volume ocupado pela mistura combustível/ar quando o pistão encontra-se no Ponto Morto Superior

- Taxa de Compressão – É a relação volumétrica no cilindro antes e depois da compressão.

$$\text{Taxa de compressão} = \frac{\text{Volume de admissão} + \text{Volume da câmara de combustão}}{\text{Volume da câmara de combustão}} \quad (4)$$

4.4

Motor de quatro tempos

O ciclo de trabalho de um motor de quatro tempos compreende duas voltas na árvore da manivela ou quatro cursos completos do êmbolo. Os cursos são: admissão, compressão, expansão e exaustão.

Admissão: Começa quando o êmbolo se encontra no ponto morto superior. Abre-se a válvula de admissão e o êmbolo baixa, permitindo a entrada de ar devido à sucção que o êmbolo provoca; quando o êmbolo chega ao ponto morto inferior, fecha-se a válvula de admissão. A árvore de manivelas girou meia volta.

Compressão: O êmbolo sobe até o ponto morto superior, enquanto as válvulas estão fechadas, comprimindo o ar na câmara de compressão. Pouco antes de o pistão completar o curso, ocorre a auto-ignição com a entrada do diesel. A árvore de manivelas completou uma volta.

Expansão: Com a auto-ignição, os gases começam a se expandir, produzindo uma alta pressão que atua sobre a cabeça do êmbolo, obrigando-o a baixar do ponto morto superior para o ponto morto inferior. A árvore de manivelas girou uma volta e meia.

Exaustão: O êmbolo sobe do ponto morto inferior e abre-se a válvula de escapamento, que permite a saída dos gases para o exterior, que são expulsos pelo êmbolo. Ao chegar o êmbolo no ponto morto superior, fecha-se a válvula de escapamento. A árvore de manivelas girou então duas voltas, completando um ciclo de trabalho.

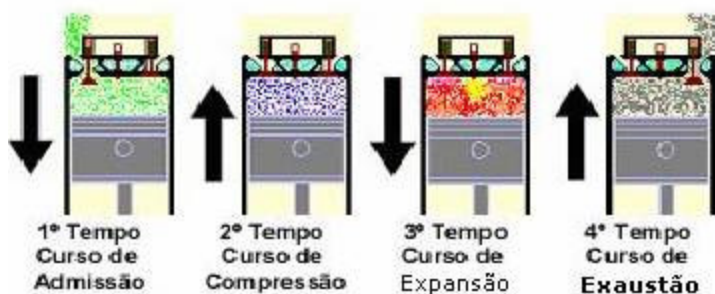


Figura 3 Esquema de funcionamento de um motor 4 tempos²

4.5

Motor de dois tempos

O ciclo de trabalho de um motor de dois tempos abrange apenas uma volta da árvore de manivela ou dois cursos completos do pistão. Diferentemente do motor de quatro tempos, os cursos de admissão e exaustão não são verificados, sendo substituídos pela:

- Expansão dos gases residuais, através da abertura da válvula de escape, no final do curso;
- Substituição da exaustão pelo percurso com ar pouco comprimido. Os gases são expulsos pela própria pressão;
- O ar que permanece no cilindro serve para a próxima combustão;
- Curso reduzido. Os gases de exaustão são misturados ao ar admitido.

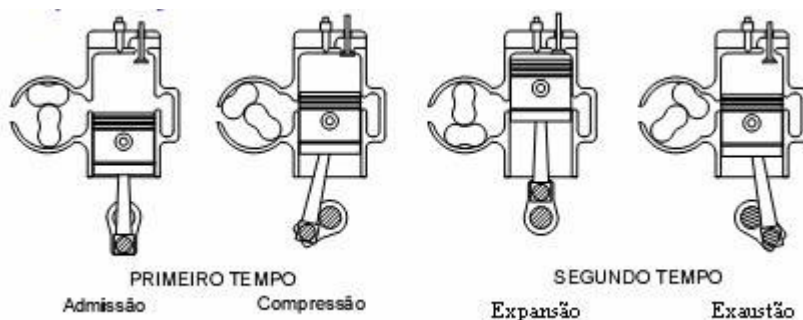


Figura 4 Esquema de funcionamento de um motor 2 tempos³

² Retirado do site <http://www.perfectum.eng.br/diesel.html> em 07/08/2006

4.6

Ciclo teórico ideal de um motor diesel

Em um motor diesel, o ar é comprimido com uma razão de compressão típica entre 15 e 20. Esta compressão eleva a temperatura do combustível para a sua temperatura de ignição. A ignição é dada com a injeção do combustível na câmara de combustão ao final da compressão do ar.

O ciclo padrão ar ideal é modelado com a admissão do ar seguida da compressão adiabática reversível, seguida do processo de fornecimento de calor a pressão constante. Em seguida ocorre uma expansão adiabática reversível e, por fim, uma retirada de calor isovolumétrica. Depois da retirada de calor, o processo é reiniciando.

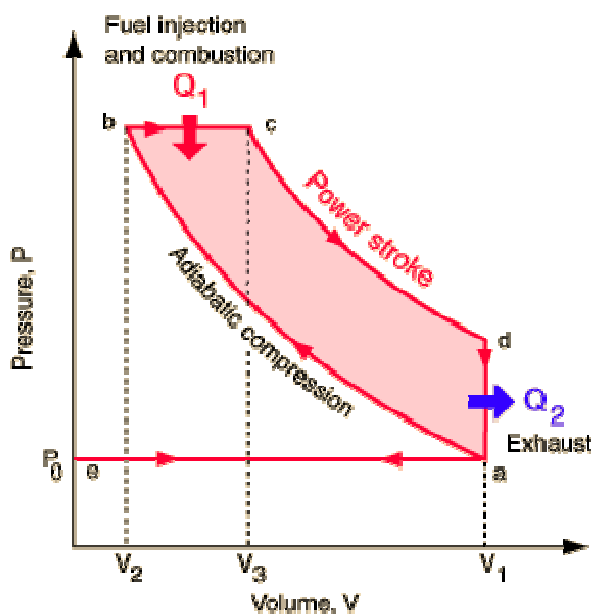


Figura 5 Ciclo teórico de motor diesel

³ Retirado do site <http://www.perfectum.eng.br/diesel.html> em 07/08/2006

Como a compressão e expansão teóricas do motor são adiabáticas, a eficiência pode ser calculada a pressão e volumes constantes. Com isso a eficiência é dada pelos calores na combustão e exaustão do motor de acordo com a equação (5).

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad (5)$$

Onde: η é a eficiência térmica

Q_1 é o calor de combustão

Q_2 é o calor de exaustão