

**CENTRO DE INSTRUÇÃO
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA – CIAGA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA
MERCANTE – EFOMM**

**COMO AUMENTAR A POTÊNCIA EFETIVA DE UM MOTOR
DIESEL ASPIRADO**

Por: Rodrigo Muniz

**Orientador
Prof.: Gabriel de Andrade Galindo**

**Rio de Janeiro
2007**

**CENTRO DE INSTRUÇÃO
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA – CIAGA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE –
EFOMM**

**COMO AUMENTAR A POTÊNCIA EFETIVA DE UM MOTOR
DIESEL ASPIRADO**

Apresentação de monografia ao centro de Instrução Almirante Graça Aranha como condição prévia para a conclusão do curso de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náuticas (FONT) da Marinha Mercante.

Por: Rodrigo Muniz.

CENTRO DE INSTRUÇÃO
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA – CIAGA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE –
EFOMM

AVALIAÇÃO

PROFESSOR ORIENTADOR (trabalho escrito): _____

NOTA: _____

BANCA EXAMINADORA (apresentação oral):

Prof. (nome e titulação)

Prof. (nome e titulação)

Prof. (nome e titulação)

NOTA: _____

DATA: _____

NOTA FINAL: _____

EPÍGRAFE

“Não se preocupe com as suas dificuldades em Matemática. Eu posso assegurá-lo que as minhas dificuldades são ainda maiores”.

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus irmãos, Katia e Junior que sempre estiveram ao meu lado me dando força para seguir sempre em frente; Agradeço a todos que estiveram sempre ao meu lado, meus amigos Enio, Demenjour, Josimar, Kreischer, Valverde e todos os outros que não mencionei aqui; agradeço especialmente a minha namorada Camila que está sempre do meu lado e que posso contar a qualquer hora e sempre; agradeço a todas essas pessoas, pois sem elas eu não chegaria aonde cheguei.

DEDICATÓRIA

Dedico à minha mãe que sempre me deu amor e me ajudou muito nesses três anos de escola e ao meu pai que sempre me incentivou em tudo que eu faço.

RESUMO

Este presente estudo abordou o tema: Como aumentar a potência efetiva de um motor diesel aspirado. Iniciando com a apresentação dos conceitos do motor diesel e exemplificando um de seus usos com o motor diesel gerador. Mostramos neste trabalho que os motores diesel podem ser destinados também a propulsão de navios e máquinas de uso naval.

Serão citadas e mostradas algumas partes do motor e seus ciclos de funcionamento, assim como o processo de injeção de combustível na câmara de combustão. Será explanado também os dois tipos de potência efetiva, a potência efetiva limitada e a potência efetiva não limitada.

Algumas formas de aumentar a potência efetiva foram explicitadas, para que ao final do trabalho pudéssemos ter uma resposta de melhor eficiência do motor diesel.

Palavras-chaves: Motor - Motor a Diesel - Motor a diesel aspirado

ABSTRACT

This present study it approached the subject: How increase the power it accomplishes of an engine diesel inhaled. Initiating with the presentation of the concepts of the engine diesel and giving example of its uses with the generating engine diesel. We show in this work that the engines diesel can also be destined to the propulsion of ships and machines of naval use.

They will be cited and shown to some parts of the engine and its cycles of functioning, as well as the process of fuel injection in the combustion chamber. It will also be explained the two types of power accomplishes, the power accomplishes limited and the power accomplishes not limited.

Some forms to increase the power accomplish had been shown, so that to the end of the work we could have a reply of better efficiency of the engine diesel.

Descriptors: Motor - Motor the Motor Diesel - Diesel inhaled

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
CAPÍTULO I	
Os motores a diesel em perspectiva	11
1.1 Conceitos	11
1.2 Motor Diesel-gerador	12
CAPÍTULO II	
Os motores a diesel marítimo	13
2.1 Os motores a diesel marítimos	13
2.2 O processo de injeção de um motor a diesel aspirado	21
2.3 A potência efetiva	23
CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

INTRODUÇÃO

Este presente estudo avaliará os mecanismos para aumentar a potência efetiva de um motor diesel aspirado. Inicialmente, pontua-se que, mesmo que haja normas brasileiras que definam o desempenho e as potências dos motores diesel, as fábricas existentes no Brasil adotam as normas dos seus países de origem.

Para o deslocamento nas águas, navegadores utilizavam o vento como fonte para transformação de trabalho. Os barcos eram dotados de velas nas quais o vento rebatia e fazia com que o barco tivesse o movimento desejado, sendo que a direção desejada era imposta pela disposição das velas. Mas com o decorrer dos anos sentiu-se a necessidade de criar algo em que a navegação atingisse velocidades mais expressivas, assim criaram-se motores de combustão externa.

Sob condições normais de operação e com a manutenção adequada, um motor diesel proporcionará desempenho satisfatório durante milhares de quilômetros ou horas de serviço. Porém, como em qualquer outro equipamento, o funcionamento acarreta o desgaste das partes móveis e sujeitas ao atrito. Com o tempo, há uma queda gradativa no desempenho do motor, a ponto de tornar-se impraticável ou antieconômico operar a unidade. É possível economizar tempo e dinheiro seguindo-se um sistema planejado de diagnósticos. Frequentemente pode-se determinar e corrigir uma falha antes que aconteça uma avaria, trazendo pequenos ou grandes prejuízos pecuniários e de tempo.

As normas brasileiras que tratam dos motores são: a) - MB-749 (NBR 06396) = Motores alternativos de combustão interna não veiculares e b) - NB-130(NBR 05477) = Apresentação do desempenho de motores de combustão interna, alternativos, de ignição por compressão (Diesel).

O trabalho será estruturado em dois capítulos. No Capítulo I serão abordados os conceitos de motor a diesel. Não obstante, ainda serão avaliados os conceitos de motor a diesel gerador.

No Capítulo II será apresentada uma explanação sobre os motores a diesel marítimos. Posteriormente, abordar-se-á o processo de injeção de um motor a diesel aspirado e finalizar-se-á este capítulo conceituando o que é potência efetiva limitada e potência efetiva não limitada.

Ainda fará parte do corpus as conclusões obtidas e as referências utilizadas.

CAPÍTULO I

O MOTOR A DIESEL EM PERSPECTIVA

1.1 Conceitos

O motor a diesel ou motor de ignição por compressão é um motor de combustão interna inventado pelo engenheiro alemão Rudolf Diesel (1858-1913), em que a inflamação do combustível se faz por reação do ar comprimido com um óleo injetado dentro da câmara de combustão no momento de máxima compressão. Ele desenvolveu esse método quando aperfeiçoava motores para substituir as máquinas a vapor.

Abaixo seguirão alguns conceitos:

POTÊNCIA	É o trabalho realizado pelo motor, num intervalo de tempo.
POTÊNCIA OBSERVADA	É a potência medida nas condições do ensaio.
POTÊNCIA REDUZIDA	É a potência observada reduzida (corrigida) para as condições atmosféricas padrão.
POTÊNCIA BRUTA	É a potência obtida com o motor básico (apenas com os componentes essenciais ao seu funcionamento, sem ventilador, silencioso, filtro de ar, alternador ou dínamo sem carga).
POTÊNCIA LÍQUIDA	É a potência obtida com o motor completo.
POTÊNCIA EFETIVA	É a potência disponível no eixo para produção de trabalho, abreviadamente designada por BHP (Brake Horse-power).
POTÊNCIA INDICADA	É a potência dentro dos cilindros. Abreviadamente denominada de IHP (Indicated Horse-power), consiste na soma das potências efetiva e de atrito nas mesmas condições de ensaio. IHP = BHP + FHP
RENDIMENTO MECÂNICO	É a razão entre a potência medida no eixo e a potência total desenvolvida pelo motor, ou seja: $h = (BHP / IHP)$. Como $BHP = IHP - FHP$, resulta que $h = 1 - (FHP / IHP)$.
PRESSÃO MÉDIA EFETIVA (P_m)	É definida como sendo a pressão hipotética constante que seria necessária no interior do cilindro, durante o curso de expansão, para desenvolver uma potência igual à potência no eixo.
PRESSÃO MÉDIA	É definida como a pressão hipotética que seria necessária no interior do cilindro, durante o curso de expansão, para

INDICADA (Pi)	desenvolver uma potência igual à potência indicada. Como o rendimento mecânico (h) é igual a relação BHP / IHP , também h = (Pm / Pi) = relação entre as pressões média e efetiva.
CILINDRADA	É o volume do cilindro, igual ao produto da área da cabeça do pistão pelo curso, mais o volume da câmara de combustão, se houver. A soma dos volumes de todos os cilindros é denominada de CILINDRADA TOTAL ou DESLOCAMENTO.
TAXA DE COMPRESSÃO	Também denominada de razão ou relação de compressão, é a relação entre o volume total do cilindro, ao iniciar-se a compressão, (V1) e o volume no fim da compressão (V2), constitui uma relação significativa para os diversos ciclos dos motores de combustão interna. Pode ser expressa por r = (V1 / V2) .

Figura 1- Conceitos. Fonte: <http://www.perfectum.eng.br/dinos1.html>

1.2 Motor Diesel-gerador

De acordo com a Engel (2007) denomina-se grupo diesel-gerador ao conjunto de motor diesel e gerador de corrente alternada, aqui denominado alternador, convenientemente montados, dotado dos componentes de supervisão e controle necessários ao seu funcionamento autônomo e destinado ao suprimento de energia elétrica produzida a partir do consumo de óleo diesel. Em função dos consumidores de energia elétrica a que se destinam, os grupos geradores são construídos com características especiais que os tornam apropriados para diversas aplicações. São muitos os fatores a serem considerados antes da aquisição do equipamento adequado.¹

Em relação à potência, pontua-se que fatores determinantes do tamanho do grupo gerador são: soma das potências de todos os consumidores. Para grupos geradores de emergência, devemos fazer distinção entre *consumidores essenciais* e *consumidores não essenciais* e seus respectivos tempos de interrupção admissíveis. E que, fator essencial para a determinação da potência do motor diesel é a potência ativa absorvida pelos consumidores. (ENGEL, 2007)²

¹ ENGEL. **Motores e Geradores**. Disponível em: <http://www.perfectum.eng.br/diesel2a1.html>

² ENGEL. **Motores e Geradores**. Disponível em: <http://www.perfectum.eng.br/diesel2a1.html>

CAPÍTULO II

OS MOTORES A DIESEL MARÍTIMOS

2.1 Os motores a diesel marítimos

De acordo com Pereira (2007) os motores a diesel marítimos são destinados à propulsão de barcos e máquinas de uso naval (figura 2). Conforme o tipo de serviço e o regime de trabalho da embarcação, existe uma vasta gama de modelos com características apropriadas, conforme o uso. (Lazer, trabalho comercial leve, pesado, médio-contínuo e contínuo).³

Além dos segmentos de aplicações, os motores a diesel podem ser classificados pelo tipo de sistema de arrefecimento que utilizam, normalmente a água ou a ar e pelo número e disposição dos cilindros, que normalmente são dispostos em linha, quando os cilindros se encontram em linha reta, ou em V, quando os cilindros são dispostos em fileiras oblíquas. (PEREIRA, 2007)⁴



Figura 2: A fragata francesa *Casard* (foto acima) e suas irmãs estão entre as maiores escoltas construídas, propulsionadas somente por motores diesel.

³ PEREIRA. Motores e Geradores. **Princípios de funcionamento, instalação, operação e manutenção de grupo diesel geradores.** Disponível em: <http://www.grupozug.com.br/ENGEL/gg1.doc>;

⁴ PEREIRA. Motores e Geradores. **Princípios de funcionamento, instalação, operação e manutenção de grupo diesel geradores.** Disponível em: <http://www.grupozug.com.br/ENGEL/gg1.doc>;

Na Marinha Brasileira, os motores diesel são utilizados em conjunto com turbinas a gás nas Niterói e nas Inhaúma. Ainda na força de Superfície, o *Mattoso Maia*, os Navios-Tanque, o *Felinto Perry* e o *Brasil* (U-27) utilizam exclusivamente motores a diesel. Os navios de patrulha; seja oceânica ou fluvial, também utilizam motores diesel (classes River, Imperial Marinheiro, Graúma, Roraima, Raposo Tavares e Piratini), assim como um grande número de unidades de pequeno porte.⁵



Figura 3: Queen Mary II

Ressalta-se que os motores do Queen Mary II mostrados na figura 3 são motores a diesel construídos pela empresa Wartsila e geram 16,8 MW de eletricidade cada e ficam bem embaixo do navio. Cada motor tem 12,5 metros de comprimento e pesa 217 toneladas.

Abaixo, seguir-se-á ficha técnica do Queen Mary, observa-se:

⁵ Fonte: PORTAL NAVAL. **Conhecimentos Marítimos**. Disponível em: <http://www.naval.com.br/conhecimentos/propulsao/propulsao.htm#Motores%20Diesel>

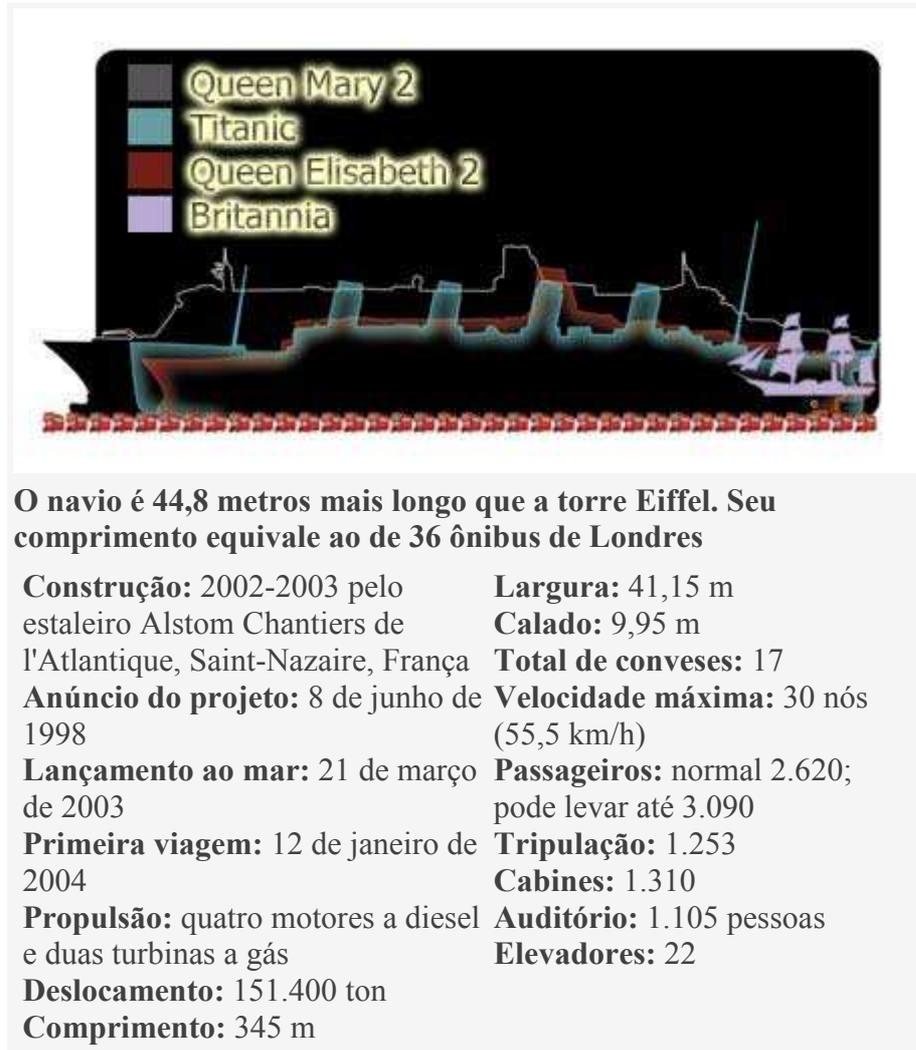


Figura 4: A ficha técnica do Queen Mary. Fonte: PORTAL NAVAL. **Conhecimentos Marítimos**. Disponível em: <http://www.naval.com.br/conhecimentos/propulsao/propulsao.htm#Motores%20Diesel>

Segundo Pereira (2007) os sistemas que constituem os motores diesel são:

- Sistema de Admissão de ar;
- Sistema de Combustível, aí se incluindo os componentes de injeção de óleo diesel;
- Sistema de Lubrificação;
- Sistema de Arrefecimento;
- Sistema de Exaustão ou escapamento dos gases;
- Sistema de Partida

Pereira (2007) explica que o motor, propriamente dito, é composto de um mecanismo capaz de transformar os movimentos alternativos dos pistões em movimento rotativo da árvore de manivelas, através da qual se transmite energia mecânica aos equipamentos acionados, como, por exemplo, um gerador de corrente alternada, que denominamos ALTERNADOR. Este mecanismo se subdivide nos seguintes componentes principais: Bloco de cilindro; Cabeçote; Carter; Seção dianteira; Seção traseira (figura 5).

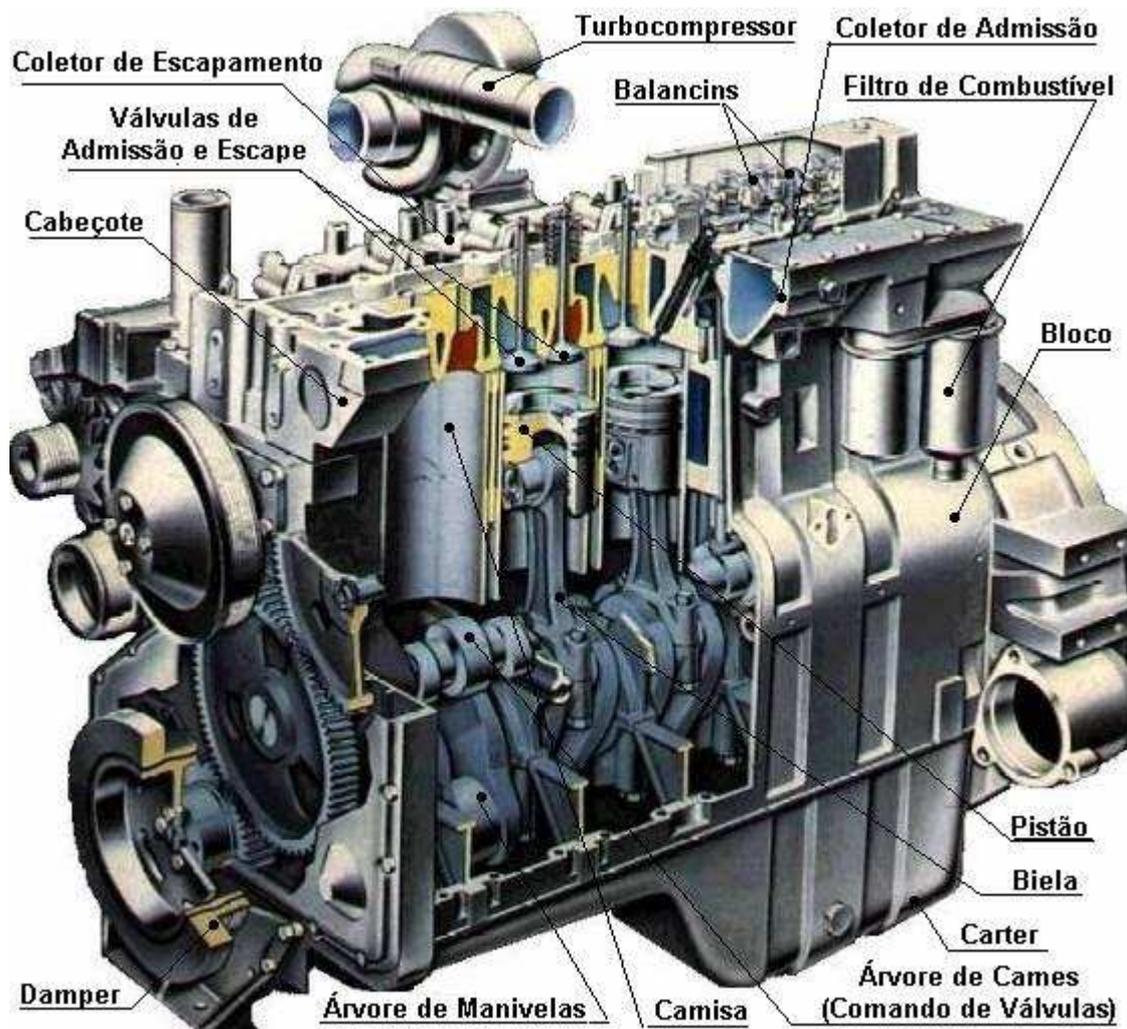


Figura 5: O motor. Fonte: PEREIRA. Motores e Geradores. **Princípios de funcionamento, instalação, operação e manutenção de grupo diesel geradores.** Disponível em: <http://www.grupozug.com.br/ENGEL/gg1.doc>

Pereira (2007) explica sobre o motor de quatro tempos. Ele ressalta que o ciclo de trabalho estende-se por duas rotações da árvore de manivelas, ou seja, quatro cursos do pistão (figura 6). No *primeiro tempo*, com o pistão em movimento descendente, dá-se a admissão,

que se verifica, na maioria dos casos, por aspiração automática. Na maioria dos motores diesel modernos, uma ventoinha empurra a carga para o cilindro (turbocompressão).⁶

No *segundo tempo*, ocorre a compressão, com o pistão em movimento ascendente. Pouco antes de o pistão completar o curso, ocorre a auto-ignição (no motor diesel). No *terceiro tempo*, com o pistão em movimento descendente, temos a expansão dos gases e transferência de energia ao pistão (tempo motor). No *quarto tempo*, o pistão em movimento ascendente, empurra os gases de escape para a atmosfera.⁷

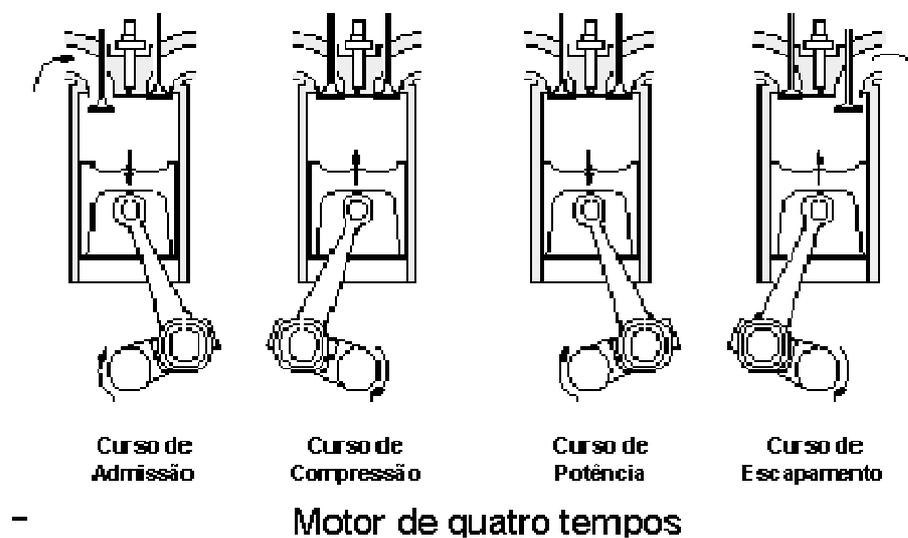


Figura 6. Fonte: PEREIRA. Motores e Geradores. **Princípios de funcionamento, instalação, operação e manutenção de grupo diesel geradores.** Disponível em: <http://www.grupozug.com.br/ENGEL/gg1.doc>

O motor a dois tempos é um tipo de motor de combustão interna ou motor de explosão de tecnologia simples e robusta utilizado em aplicações que requeiram potências com baixo custo. Geralmente, um motor a dois tempos não usa o carter como depósito de óleo. Em motores de grande porte, como os de navio, o óleo lubrificante é depositado e armazenado em um tanque estrutural denominado poceto, o carter é utilizado apenas para aparar o óleo que lubrificou o motor e retorna ao poceto. O lubrificante é transferido deste tanque ao motor através de bombas. A lubrificação obtém-se adicionando 5% de óleo diretamente ao

⁶ PEREIRA. Motores e Geradores. **Princípios de funcionamento, instalação, operação e manutenção de grupo diesel geradores.** Disponível em: <http://www.grupozug.com.br/ENGEL/gg1.doc>

⁷ PEREIRA. Motores e Geradores. **Princípios de funcionamento, instalação, operação e manutenção de grupo diesel geradores.** Disponível em: <http://www.grupozug.com.br/ENGEL/gg1.doc>

combustível durante o abastecimento. Durante a explosão da mistura gasosa, o óleo contido no combustível deposita-se nas superfícies metálicas lubrificando todos os elementos à passagem da mistura gasosa pelo cárter e pela câmara de combustão.⁸

O motor possui duas janelas para comunicar com o exterior e uma entre o cilindro e o carter:

- A janela de admissão, por onde vai ser introduzido o ar comprimido;
- A janela de comunicação entre o cilindro e o carter, à qual também se dá o nome de "transfere";
- A janela de escape, colocada na parte superior do cilindro e que faz a comunicação deste com o exterior, permitindo a saída dos gases queimados provenientes da combustão;⁹

Os dois tempos são admissão/ compressão e expansão/escape (figura 7).

1. Ao ser iniciado o movimento ascendente do êmbolo, este vai obstruindo todas as janelas, sendo comprimido o ar existente na parte superior do cilindro (câmara de combustão) durante esta parte do ciclo.
2. Ao mesmo tempo cria-se um vácuo no cárter que faz entrar nova mistura gasosa pela janela de admissão.
3. Quando o êmbolo atinge o PMS (ponto morto superior) dá-se a explosão, devido à inflamação dos gases produzida pela libertação da faísca na vela, pelo que estes empurram o êmbolo em direção ao PMI (ponto morto inferior), produzindo assim trabalho e movimentando a cambota. Durante esta parte do caminho, o êmbolo vai libertando a janela de escape possibilitando a saída dos produtos provenientes da combustão.
4. Quase simultaneamente, e até chegar ao PMI, o êmbolo abre a janela de transferência e o seu movimento descendente força mistura nova a subir pelo transfere que ao mesmo tempo também ajuda e expulsar o resto dos gases queimados.¹⁰

⁸ PEREIRA. Motores e Geradores. **Princípios de funcionamento, instalação, operação e manutenção de grupo diesel geradores.** Disponível em: <http://www.grupozug.com.br/ENGEL/gg1.doc>

⁹ PEREIRA. Motores e Geradores. **Princípios de funcionamento, instalação, operação e manutenção de grupo diesel geradores.** Disponível em: <http://www.grupozug.com.br/ENGEL/gg1.doc>

- Após a expulsão dos gases o motor fica nas condições iniciais permitindo que o ciclo se repita.

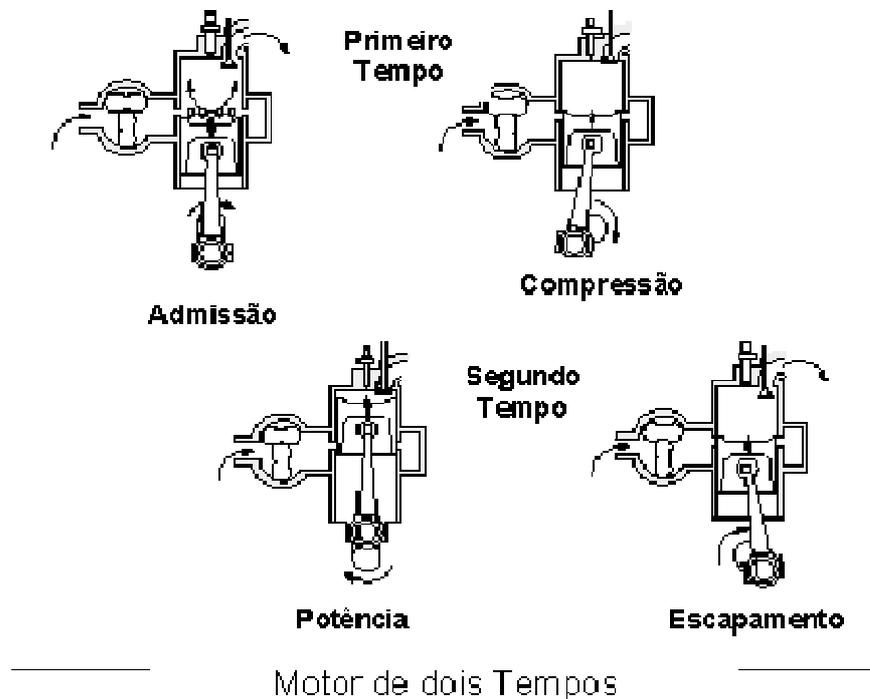


Figura 7. Fonte: PEREIRA. Motores e Geradores. **Princípios de funcionamento, instalação, operação e manutenção de grupo diesel geradores.** Disponível em: <http://www.grupozug.com.br/ENGEL/gg1.doc>

De acordo com Faria (2006) o motor diesel é um motor movido à combustão interna no qual o ar que vai fornecer o oxigênio para a queima do combustível; o ar é comprimido dentro do cilindro da máquina até um ponto tal, que a sua temperatura é suficiente para fazer queimar espontaneamente o combustível injetado pelo bico injetor. Princípio de funcionamento: em linhas gerais, o motor diesel funciona de maneira semelhante ao motor de explosão. No primeiro tempo o ar é aspirado, passando pela válvula de aspiração que está aberta, entrando no cilindro. No segundo tempo, tendo fechado a válvula de aspiração, o ar é comprimido dentro do cilindro até a uma pressão de cerca de 500 psi; atinge temperatura da ordem de 649° C. Próximo do PMS, é injetado óleo combustível no cilindro. Este óleo, misturando-se com o ar altamente aquecido entra em ignição e a expansão dos gases resultante força o êmbolo a realizar o terceiro tempo do ciclo, a expansão. Pouco antes de o

¹⁰ PEREIRA. Motores e Geradores. **Princípios de funcionamento, instalação, operação e manutenção de grupo diesel geradores.** Disponível em: <http://www.grupozug.com.br/ENGEL/gg1.doc>

êmbolo atingir o PMI, a válvula de descarga abre e os gases começam a ser descarregados do interior do cilindro.¹¹

Antes de o êmbolo atingir o PMS, a válvula de aspiração abre e o ar que entra no cilindro faz aquilo que em linguagem técnica se chama lavagem do cilindro, expulsando quase a totalidade dos gases de descarga que ainda permaneciam no interior do motor. Ao atingir o PMS e fechando-se a válvula de descarga, inicia-se nova aspiração e, portanto, novo ciclo. O motor que trabalha da maneira acima é de quatro tempos. Há motores que trabalham a dois tempos.¹²

De acordo com o site Poder naval, o princípio de funcionamento do motor a diesel é largamente conhecido (combustão interna) e sua versão naval não apresenta grandes mudanças. Uma quantidade de combustível é queimada, dentro de um cilindro, forçando o pistão a se deslocar. A energia termal é convertida em energia mecânica.

A propulsão a diesel sempre foi largamente empregada em pequenas unidades. Mas nos últimos trinta anos, unidades maiores (entre 2.000t e 5.000t) passaram a adotar o diesel como único sistema de propulsão. Uma das razões para isso é o desenvolvimento de grandes e potentes motores, capazes de se igualarem em desempenho (potência e velocidade máxima) às turbinas a gás. Também consomem menos em regime de potência total e o câmbio de redução é muito mais simples. A manutenção não apresenta segredos e é largamente conhecida, mas exige certos cuidados. A remoção para reparos de rotina pode ser complicada. A vibração causada pelo seu funcionamento pode interferir na operação no sonar rebocado, quando em baixas velocidades. Para estes casos, existe a possibilidade de adotar um motor elétrico acoplado ao eixo.

¹¹ FARIA et al. **Motores de Combustão**. Publicado em: 25/07/2006. Disponível em: <http://monografias.brasilecola.com/fisica/motores-combustao>

¹² FARIA et al. **Motores de Combustão**. Publicado em: 25/07/2006. Disponível em: <http://monografias.brasilecola.com/fisica/motores-combustao>

2.2 O processo de injeção de um motor a diesel aspirado

No motor de ignição por compressão o sistema de injeção deveria satisfazer os seguintes requisitos fundamentais:

- Injetar a quantidade de combustível solicitada pela carga no motor e manter esta quantidade medida:
 - Constante, de ciclo a ciclo da operação;
 - Constante, de cilindro a cilindro.
- Injetar o combustível no momento correto no ciclo através de toda a zona de velocidades do motor.
- Injetar o combustível na velocidade desejada para controlar a combustão e a elevação de pressão conseqüente.
- Atomizar o combustível no grau desejado.
- Distribuir o combustível através de toda a câmara de combustão.
- Começar e terminar a injeção rapidamente.

O Dr. Diesel introduziu a injeção de ar como meio para atomizar o combustível. Em operação, o combustível foi medido e bombeado ao pulverizador, o qual era também ligado a uma fonte de ar sob pressão alta. O pulverizador era simplesmente uma válvula comandada mecanicamente. Quando o pulverizador estava aberto, o ar arrastava o combustível para dentro do motor e fornecia um chuveiro bem atomizado mesmo quando eram usados combustíveis pesados e viscosos. Entretanto, o tamanho (cerca de 10% do motor) e o custo do compressor de ar, junto com a potência (cerca de 10% do motor) requerida para a operação, tornaram a injeção de ar obsoleta.

O gás de combustão aspirado ou induzido sob pressão é tão comprimido (temperatura entre 550 e 600° C), que se dá a auto-ignição. Uma parte do combustível, injetada em primeiro lugar, queima rapidamente e o que é injetado em seguida, em maior quantidade, queima a pressão *aproximadamente* constante. A combustão não ocorre inteiramente, caso não se sucedam no tempo certo o aquecimento do combustível e a ignição. A injeção começa antes do pistão atingir o PMS, no tempo de compressão. Só se consegue uma boa combustão,

quando há a melhor mistura possível entre as gotículas de combustível e o ar necessário à combustão.¹³

Para tanto, faz-se necessário, entre outras coisas, a adequação do jato de combustível à forma da câmara de combustão (com ou sem repartições). Outras possibilidades: um ou mais jatos; disposição dos jatos; comprimento dos jatos; sua força; tamanho das gotículas, turbilhonamento mais intenso do ar de combustão. Forma do pistão; câmara de combustão repartida, com câmaras de ar, pré-câmaras, ou câmaras de turbilhonamento e também fluxo de ar tangencial.¹⁴

Métodos modernos usam injeção sólida ou mecânica do combustível com três sistemas de operação:

- Sistema de bomba individual – um medidor e uma bomba compressora separados para cada cilindro do motor.
- Sistema distribuidor – bomba única para medir e comprimir o combustível, mais um mecanismo divisor para distribuir o combustível aos vários cilindros.
- Sistema de conduto comum – uma bomba única para comprimir o combustível, mais um elemento medidor para cada cilindro.

Em todos estes sistemas, pelo menos um bomba de transferência de baixa pressão é usada para carregar o sistema de alta pressão, e também vários filtros são instalados para assegurar que o desgaste das partes de adaptação justa é reduzido ao mínimo pela presença de impureza. Os três sistemas diferem apenas na distribuição das varias funções do equipamento de injeção entre diversos componentes.

A vantagem do sistema de bomba individual reside em sua característica compacta, uma vez que todas as funções estão combinadas em uma bomba separada para cada cilindro. Entretanto, o custo é alto porque cada bomba em uma unidade de cilindros múltiplos deve combinar precisamente com suas companheiras em todas as velocidades e cargas de

¹³ PEREIRA. Motores e Geradores. **Princípios de funcionamento, instalação, operação e manutenção de grupo diesel geradores.** Disponível em: <http://www.grupozug.com.br/ENGEL/gg1.doc>

¹⁴ PEREIRA. Motores e Geradores. **Princípios de funcionamento, instalação, operação e manutenção de grupo diesel geradores.** Disponível em: <http://www.grupozug.com.br/ENGEL/gg1.doc>

operação. Para reduzir o custo de manufatura, foi desenvolvido o sistema de distribuidor, com apenas um elemento de medição e bombeamento.

Pode-se obter combustão suave num motor diesel convencional pelo uso de injeção piloto para reduzir o atrasado de ignição da carga principal.

2.3 A potência efetiva

A potência efetiva pode ser limitada ou não limitada. A potência efetiva limitada (correspondente a DIN 6270-A) é a maior potência efetiva garantida pelo fabricante, que será fornecida sob regime de velocidade, conforme sua aplicação durante 24 horas diárias sem sofrer desgaste anormal e perda de desempenho. A ajustagem dessa potência no motor permite ainda uma sobrecarga. *Esta é a ajustagem recomendada para grupos geradores.* A quantidade de injeção do combustível é bloqueada na bomba injetora para que uma sobrecarga (em geral 10% da potência efetiva contínua) do motor diesel esteja disponível para a aceleração, tal como requerido em caso de aplicação súbita de plena carga elétrica.

Já a potência efetiva não limitada (correspondente a DIN 6270-B) é a maior potência efetiva garantida pelo fabricante, e que será fornecida, sob regime de velocidade angular, especificado conforme sua aplicação, continuamente, durante um tempo limitado, ou intermitentemente, sob indicação do fabricante, sem sofrer desgaste anormal e perda de desempenho. A ajustagem dessa potência no motor não permite uma sobrecarga. Como esta potência, para ligação de plena carga do consumidor, não possui reserva suficiente para o processo de recuperação do governador de rpm, em princípio ela não deveria ser utilizada para grupos geradores. Caso contrário, grandes quedas de velocidade em que, em casos extremos, a velocidade normal não mais possa ser alcançada, tem que ser previstas para o caso de uma aplicação súbita da carga no limite de potência, por exemplo, devido a altas correntes de partida de motores elétricos.

CONCLUSÃO

Observou-se que para aumentar a potência efetiva de um motor a diesel aspirado existem dois métodos: diminuir a potência de atrito e aumentar a potência indicada.

Potência de atrito é a parte da potência indicada consumida pelo atrito das peças móveis e pelo esforço de bombeamento dos fluidos (água doce, água salgada, óleo lubrificante, gases de descarga, ar de alimentação, combustível, etc), ou seja, para diminuir a potência de atrito é necessário que diminua o peso das peças móveis ou aumentar a lubrificação destas peças e que, de forma lógica, diminua os esforços causados pelo bombeamento dos fluidos utilizados pelo motor, que é o maior causador de perda de potência.

Potência indicada é aquela que realmente empurra o êmbolo na direção do PMI (Ponto Morto Inferior), ou seja, quanto maior for a compressão do ar admitido, maior será a explosão, com isso, maior será a potência indicada.

Podemos concluir então que se conseguirmos diminuir a potência de atrito e aumentarmos a potência indicado conforme o exposto acima, chegaríamos perto de uma situação ideal de motor, sem muitas perdas, logo teríamos um aumento significativo na potência efetiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ENGEL. Motores e Geradores. Disponível em: <http://www.perfectum.eng.br/diesel2a1.html>;

FARIAS et al. Motores de Combustão. Publicado em: 25/07/2006. Disponível em: <http://monografias.brasilecola.com/fisica/motores-combustao>;

PEREIRA. Motores e Geradores. Princípios de funcionamento, instalação, operação e manutenção de grupo diesel geradores. Disponível em: <http://www.grupozug.com.br/ENGEL/gg1.doc>;

SOARES, Joshuah de Bragança. **Motores diesel**. ed. supervisão Trad. De Joshuah de Bragança Soares, Marcio Priglesi e outros São Paulo, hemus, 1978.

FILHO, Paulo Penido. **Os Motores a combustão interna: para curso de máquinas térmicas, engenheiros, técnicos e mecânicos em geral que se interessam por motores**, - Belo Horizonte - Lemi, 1983.

OBERT, Edward F. – Motores de Combustão Interna – Editora Globo – 1971.