

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS / MG

ENGENHARIA MECÂNICA

JOSÉ LIMA JÚNIOR

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Sistema de injeção eletrônica diesel
(Common Rail)**

**Varginha – MG
2011**

JOSÉ LIMA JÚNIOR

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Sistema de injeção eletrônica diesel
(Common Rail)**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado a GEP por José Lima
Júnior como requisito para
obtenção do grau de Engenheiro
Mecânico.

**Varginha - MG
2011**

Grupo Educacional UNIS

FOLHA DE APROVAÇÃO**JOSÉ LIMA JÚNIOR****TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Sistema de injeção eletrônica diesel
(Common Rail)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, UNIS-MG, como requisito para finalização do curso de Engenharia Mecânica.

() Aprovado

() Reprovado

Data / /

Profº. MS. Luiz Carlos Vieira Guedes

Profº. MS. Alexandre de Oliveira Lopes

Profº. MS. Eduardo Henrique Ferroni

OBS.:

Dedico este trabalho a Deus, a minha esposa Renata, meus filhos Júnia e Renan e meu pai José Lima, pelos momentos em que estive ausente, pelo apoio, compreensão e paciência de todos.

Agradeço também aos funcionários da minha empresa, Herbert, Raphael e Alexander , e a meu padrinho Sergio Lima, que por muitas vezes me deram apoio nas atividades da empresa para que eu pudesse realizar as atividades desse trabalho e de todos os outros durante o decorrer do curso.

Ter problemas na vida é inevitável,
ser derrotado por eles é opcional
(Roger Crawford).”

RESUMO

Este documento apresenta um estudo sobre o sistema common rail de alimentação de motores ciclo diesel. Seguindo os passos do projeto eletrônico que controla a injeção de combustível nos motores ciclo Otto, foi desenvolvido um sistema de alimentação para os motores ciclo diesel, no qual os tempos, a quantidade e o avanço de injeção são controlados eletronicamente através de um módulo de comando.

Esse sistema tem característica de funcionamento semelhante a alguns sistemas de injeção do ciclo Otto, em que o combustível fica pressurizado e disponível em um tubo alimentador comum para os bicos injetores. A maior diferença fica por conta da pressão do combustível no interior desse tubo que pode chegar a picos de 1800 Bar, obtidos através de uma bomba mecânica de alta pressão. Uma vez pressurizado, o combustível será pulverizado na câmara de combustão, causando a atomização da mistura. O combustível injetado sob alta pressão produz menos emissão de hidrocarbonetos e fuligem na descarga.

A alimentação do motor é controlada pelo módulo de comando, que através de informações enviadas pelos sensores, define o melhor programa de gerenciamento da injeção, assim a adoção desse novo sistema contempla uma nova tecnologia que controla precisamente o volume, o avanço, o tempo e o número injeções dentro de cada câmara de combustão do motor, de acordo com as condições operacionais de carga aplicada sobre ele.

Palavras chave: alimentação, motor, diesel.

ABSTRACT

This paper presents a study on the “common rail” system power cycle diesel engines. Following in the footsteps of the electronic design that controls the fuel injection in the Otto cycle engines, a power system for diesel cycle engines was developed, in which time, the amount and the advance of injection are controlled electronically via a command module.

This system has operating characteristics similar to some operating injection systems of the Otto cycle, in which the fuel is pressurized and available in a tube feeder common to the nozzles. The major difference is the fuel pressure inside that tube that can reach peaks of 1800 Bar, obtained by a mechanical pump high pressure. Once pressurized, the fuel will be sprayed into the combustion chamber, causing atomization of the mixture. The fuel injected under high pressure produces fewer emissions of hydrocarbons and soot in the discharge.

The motor power is controlled by the command module, which through information sent by the sensors, define the best management program of the injection. So the adoption of this new system includes a new technology that precisely controls the volume, progress, time and number of injections in each combustion chamber of the engine, according to the operating conditions of applied load on it.

Keywords: Fuel, Motor, Diesel.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 HISTÓRICO DOS MOTORES DIESEL.....	12
2.1 Evolução Histórica.....	14
2.2 Princípios de Funcionamento	15
2.3 Princípios de Funcionamento do sistema Common Rail	15
3 SISTEMAS CONVENCIONAIS DE ALIMENTAÇÃO	16
3.1 Sistema de Injeção Indireta	16
3.2 Sistema de Injeção Direta	18
3.3 Sistema de Gerenciamento Eletrônico.....	19
4 SISTEMAS DE INJEÇÃO ELETRÔNICA (COMMON RAIL)	20
4.1 Componentes da Linha de Pressão de Combustível.....	21
4.1.1 Bomba de Baixa Pressão	21
4.1.2 Bomba de Alta Pressão.....	21
4.1.3 Acumulador de Alta pressão	23
4.2 Sensores	23
4.2.1 Sensor de rotação e PMS.....	23
4.2.2 Sensor de Rotação do Eixo Comando ou sensor de fase.....	24
4.2.3 Sensor de Temperatura da água do Motor.....	25
4.2.4 Sensor de Temperatura e pressão de óleo do Motor.....	25
4.2.5 Sensor de Pressão Positiva do Coletor de admissão e Temperatura Ar ..	26
4.2.6 Sensor de Temperatura do Combustível.....	26
4.2.7 Sensor de posição do Pedal do Acelerador.....	27
4.2.8 Sensor de pressão Atmosférica.....	27
4.2.9 Sensor de Velocidade	28

4.2.10 Sensor do Pedal do Freio	28
4.2.11 Sensor do Pedal de Embreagem	29
4.2.12 sensor de Pressão do Tubo Comum.....	29
4.3 Atuadores	30
4.3.1 Válvula Limitadora de Pressão do Tubo Comum	30
4.3.2 Bico injetor	31
5 MÓDULO DECOMANDO.....	32
5.1 Principais Funções do Módulo de comando.....	32
5.1.1 Volume Correto de Combustível Para o Motor Partir.....	32
5.1.2 Condição de Operação.....	33
5.1.3 Ajuste Constante de Marcha Lenta.....	33
5.1.4 Estabilidade de Marcha Lente em Função do desgaste do Motor	33
5.1.5 Controle Sobre o Volume da Injeção	33
5.1.6 Controle de Movimentos de Solavancos Sobre o motor	34
6 CURIOSIDADES	34
6.1 Velocímetro digital	34
6.2 O Maior Motor Ciclo Diesel do Mundo.....	34
7 CONCLUSÃO.....	36

1 INTRODUÇÃO

O alemão Daimler (Engenheiro), no ano de 1885 construiu um motor a combustão capaz de mover um veículo, começou então uma busca incansável em busca de aperfeiçoamentos, que dura até hoje.

No ano de 1893, o alemão, Rudolf Diesel (Engenheiro) , pensou em simplificar o princípio de funcionamento do motor a explosão. Nasceu assim o motor diesel, que eliminou a necessidade de um circuito elétrico para iniciar a combustão. Nesses motores o combustível queima por ação do calor que se libera quando o ar é altamente comprimido.

O motor, com uma eficiência térmica mais elevada que a dos motores a gasolina, encontrou rapidamente utilidade nas grandes indústrias e na produção de veículos pesados, tais como locomotivas, grandes caminhões e navios. O rendimento, a vida útil, a segurança de funcionamento e o custo reduzido de manutenção são alguns dos motivos que fazem do motor diesel o preferido nesse tipo de aplicação.

Até pouco tempo atrás, a maior parte dos veículos movidos a óleo diesel eram equipados com bombas injetoras mecânicas em linha ou rotativas, que pressurizam o combustível proveniente do tanque através de bicos injetores, pulverizando-o no interior da câmara de combustão. Todo esse processo acontece de forma mecânica, onde a pressão obtida pela bomba injetora é o fator determinante para a abertura dos bicos injetores.

Esse sistema foi aperfeiçoado através de décadas atingindo um limite máximo de aproveitamento para a obtenção de desempenho, economia e controle de emissões. O sistema é limitado a controladores mecânicos que dosam o tempo, a quantidade e o avanço de injeção. Esse sistema não atende mais aos rígidos padrões de emissões, e quando é ajustado para atendê-los, o motor perde muita potência.

O sistema common rail de injeção de combustível foi apresentado pela montadora de automóveis Fiat em 1995 e equipou seus caminhões, e em 1997, a montadora apresentou o Alfa Romeo 156, sendo o primeiro automóvel equipado com essa tecnologia. Posteriormente a Bosch passou a desenvolver seu produto, que se tornou base de vários sistemas adotados hoje em dia.

O sistema common rail, tem uma bomba de alta pressão, que alimenta um acumulador chamado Rail, este fica constantemente pressurizado esperando que um sinal da central de comando abra a passagem de um dos bicos injetores, quando o bico

injetor é liberado pelo módulo de comando, o óleo diesel sob altíssima pressão, atualmente atingindo 1800 BAR, é injetado na câmara de combustão no momento exato em que o ar admitido está na mais alta temperatura, ou seja alguns milímetros antes do PMS (ponto morto superior), o óleo diesel ao entrar em contato com o ar a alta temperatura entra em combustão espontânea desencadeando assim a explosão, que libera grande quantidade de energia e consegue movimentar o êmbolo do cilindro, fazendo com que o motor entre em funcionamento.

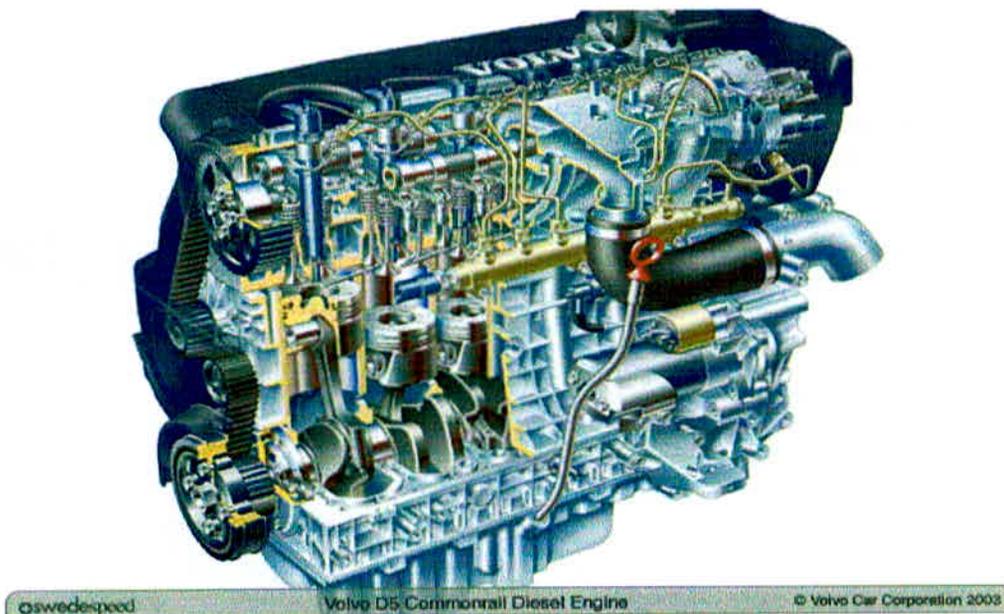


Figura 1- Motor ciclo diesel equipado com sistema Common Rail

Fonte: www.volvo.com

2 HISTÓRICO DOS MOTORES DIESEL

O primeiro motor ciclo diesel que funcionou de forma eficiente data do dia 10 de agosto de 1893. Este motor foi desenvolvido por Rudolf Diesel (Figura 2), na Alemanha, e por isso recebeu este nome. Alguns anos depois, o motor foi apresentado oficialmente na Feira Mundial de Paris, França, em 1898. O combustível utilizado pelo inventor era o óleo de amendoim, um tipo de biocombustível.

Os primeiros motores ciclo diesel eram de injeção indireta, o óleo combustível era injetado pela bomba injetora através dos bicos injetores em uma pré-câmara existente antes da câmara de combustão. Estes motores consumiam petróleo filtrado, óleos vegetais e até mesmo óleo de peixe.

Entre 1911 e 1912, Rudolf Diesel fez a seguinte afirmação:

“O motor a diesel pode ser alimentado por óleos vegetais, e ajudará no desenvolvimento agrário dos países que vierem a utilizá-lo. O uso de óleos vegetais como combustível pode parecer insignificante hoje em dia, mas com o tempo irão se tornar tão importantes quanto o petróleo e o carvão são atualmente.”

Primeiramente o uso de óleo vegetal foi em uma frota de pesados na África do Sul, antes da Segunda Guerra Mundial. O sistema chamou a atenção de pesquisadores em vários países durante a década de 40, quando buscavam uma maneira mais rápida de produzir glicerina para alimentar bombas em período de guerra.

Algum tempo depois do falecimento de Rudolf Diesel, a indústria petrolífera desenvolveu um tipo de óleo combustível que denominou de "Óleo Diesel" que, pelo fato de ter preços mais acessíveis na época foi amplamente utilizado, deixando para trás a verdadeira idealização dos motores criador por Rudolf, que era um motor que funcionasse com óleo vegetal e que pudesse ajudar no desenvolvimento da agricultura dos diferentes países. A fartura de derivados petróleo na época e os baixos custos dos seus derivados fizeram com que o uso dos óleos vegetais ficassem esquecidos, mas os conflitos entre países e o efeito estufa, marcaram de forma definitiva a conscientização do desenvolvimento auto-sustentável pelos ambientalistas. Dessa maneira, a fixação do homem no campo e o aumento do consumo de combustíveis fósseis fez com que houvesse mais uma vez, a preocupação com a produção de óleo vegetal para ser utilizado em motores

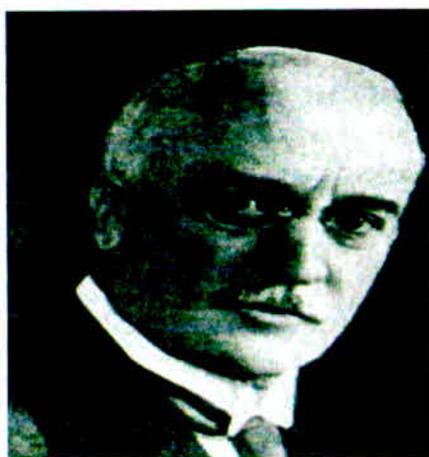


Figura 2 - Rudolf Diesel

Fonte: <http://motoradiesel.blogspot.com>

2.1 Evolução histórica

-Início Século XX: Utilização de óleos vegetais em testes nos motores diesel.

-Anos 70: Diminuição do interesse do uso de óleos vegetais, incentivados pela abundância e custos baixos dos produtos derivados de petróleo. Também ocorreu nessa década, em consequência aos dois grandes choques mundiais, a elevação do preço do petróleo, e a retomada dos testes com óleo vegetal.

-Anos 80: Novo declínio de interesse pelos óleos vegetais.

-Anos 90: Retomada de interesse devido à pressões ambientalistas e a introdução do conceito de Desenvolvimento Sustentável.

-Século XXI: Efeito estufa, guerra, desenvolvimento da agropecuária e fixação do homem no campo, geram investimentos em pesquisa a respeito do assunto, a produção e divulgação do biodiesel espalham-se por todo o país através de feiras, encontros, seminários, etc.

-O sistema Common Rail foi mostrado pela primeira vez pela montadora de automóveis Fiat em 1995 e iria começar a equipar seus caminhões, em 1997, a montadora apresentou posteriormente o Alfa Romeo 156, um dos primeiros automóveis equipados com a tecnologia Common Rail, a pós estes acontecimentos a Robert Bosch passou a desenvolver seu produto.

O sistema common rail, é dotado de uma bomba que pressuriza o combustível e alimenta um acumulador comum, esperando que um sinal abra a passagem de um dos bicos injetores e o diesel sob altíssima pressão, atualmente atingindo 1800 BAR, seja injetado na câmara de combustão.

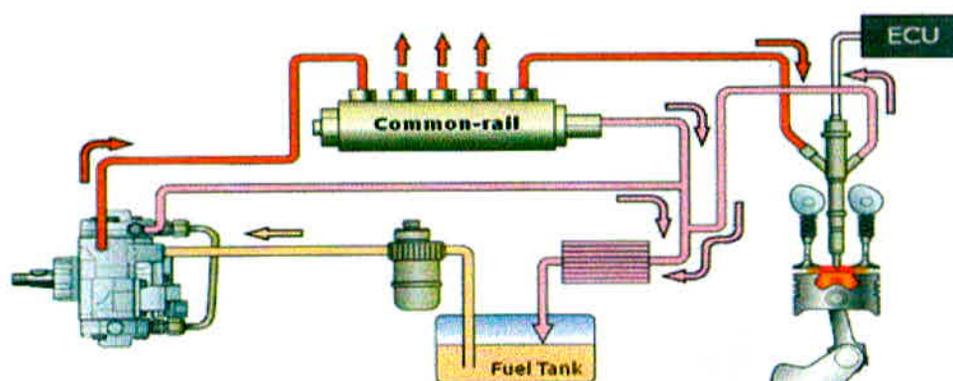


Figura 3- Desenho esquemático da circulação de diesel common rail

Fonte: www.bosch.com.br

2.2 Princípios de funcionamento do motor ciclo diesel

Nos motores Ciclo Diesel o movimento descendente do pistão não aspira ar e combustível, somente ar puro é absorvido pelo cilindro. Quando o pistão está em movimento ascendente somente o ar sofre compressão. O interior da câmara de combustão atinge uma temperatura muito mais elevada que nos motores a gasolina - suas taxas de compressão vão de 14:1 a 25:1. Em consequência, a temperatura do ar comprimido no interior da câmara eleva-se consideravelmente, chegando a ultrapassar os 700°. Quando o embolo aproxima-se do ponto morto superior, um jato de combustível é impulsionado para o interior do cilindro. Devido à alta compressão, o ar é altamente aquecido, ao receber o combustível, faz com que ele entre em combustão espontânea, dispensando a presença da vela de ignição.

Neste tipo de motor o volume de ar aspirado para o interior do cilindro é sempre constante, a sua aceleração é controlada pela quantidade de combustível fornecida pelo injetor.

O motor Ciclo Diesel diesel é um dos únicos que permite adaptações para funcionar com outros tipos de combustível, desde os óleos vegetais, até o gás natural e gasolina, o mais indicado é o óleo diesel destilado do óleo mineral cru. O óleo diesel é mais volátil que a gasolina e seu ponto de combustão situa-se aproximadamente a 75°C.

2.3 Princípios de funcionamento do sistema common rail

O sistema common rail trabalha com pressões muito maiores que as do Ciclo Otto, enquanto o sistema que equipa os motores Ciclo Otto trabalham com pressões da ordem de 1,5 a 4,5 BAR os motores Ciclo diesel trabalham com pressões da ordem de 300 a 1800 BAR.

O funcionamento é bem simples, o combustível é retirado do tanque de combustível, pela bomba de baixa pressão, e é bombeado até a bomba de alta , esta é responsável por elevar a pressão do combustível até 1800 BAR em média, e direcioná-lo para o tubo comum, onde fica constantemente pressurizado aguardando que a central eletrônica libere a passagem de algum injetor, assim o diesel entra na câmara de combustão encontrando ar sob pressão e temperatura elevada. O diesel atomizado junto ao ar entra em combustão espontânea devido a alta temperatura, os resíduos da combustão são eliminados pelo escapamento. Esse processo envolve uma serie de

cálculos e parâmetros que são monitorados pelo módulo de comando do motor em tempo real de funcionamento.

A bomba de alta pressão geralmente é acionada pelo próprio motor, é uma bomba do tipo radial de três elementos, a bomba de baixa pressão tem duas configurações, pode estar fixada na bomba de alta pressão, nesse tipo de sistema a bomba usada é de engrenagens, ou bombas elétricas que podem ficar acondicionadas diretamente dentro do reservatório de combustível ou na tubulação de sucção de combustível. A pressão da bomba pode ser diminuída pelo módulo de comando ou manter-se constante desde as rotações mais lentas até os mais altos giros.

Os bicos injetores são acionados eletronicamente, tendo condições para operar de várias maneiras, permitindo que o módulo de comando dose a quantidade de combustível adequada para cada regime de funcionamento.

3 SISTEMAS CONVENCIONAIS DE ALIMENTAÇÃO

3.1 Sistema de injeção indireta

O sistema basicamente é constituído de uma bomba sequencial inteiramente mecânica sincronizada com o motor, através de correias sincronizadoras ou engrenagens. Um bico injetor para cada cilindro, estes bicos ficam alojados no cabeçote do motor, sendo ligados aos elementos de injeção da bomba injetora através de tubos metálicos, embora contrarie o princípio de Paschal, é comprovado na prática que estes tubos devem ser iguais em espessura e comprimento para que não se tenha diferença de pressão e vazão nos bicos injetores entre os cilindros.

A bomba, após pressurizar, injeta o combustível sequencialmente na câmara de combustão através dos bicos injetores obedecendo a ordem e o momento correto em que ocorrerá a explosão nos cilindros. Nestes motores, a combustão inicia-se em uma pré-câmara, denominada anti-câmara, propagando-se para a câmara principal. Grande parte desta energia é absorvida na pré-câmara. Os motores são mais leves, os êmbolos, bielas e árvores de manivelas, não são submetidos completamente à explosão, pois ésta se dá em parte na anti-câmara. Com isso tem-se motores mais silenciosos, mais leves e com um sistema de injeção mais simples, como o comprometimento do sistema de injeção é menor, as pressões de trabalho variam de 80 a 150 g/cm² em injetores de pinos.

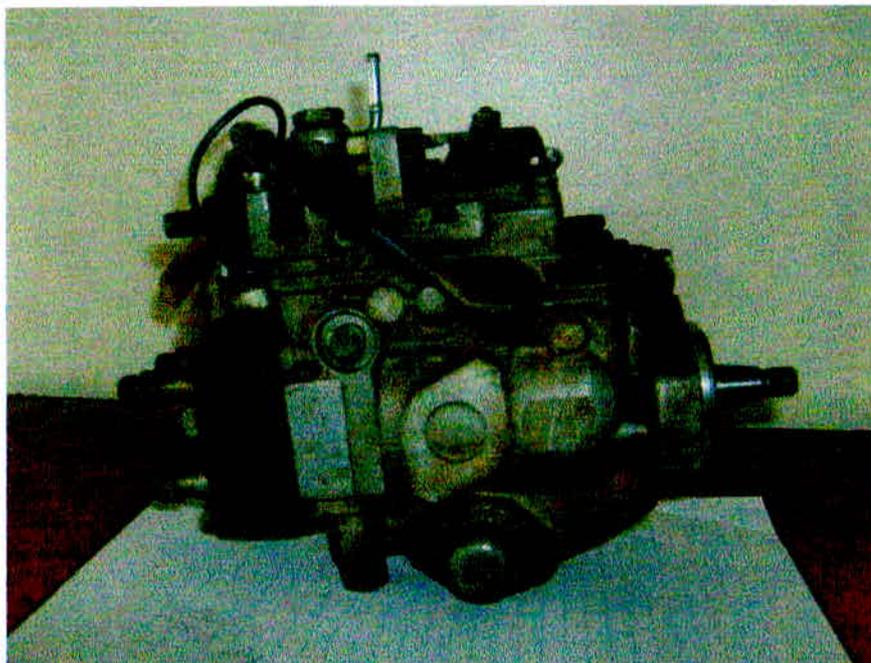


Figura 4- Bomba injetora de um motor com injeção indireta

Fonte: O autor

Este modelo de injeção diminui o custo de fabricação, pois menores pressões, podemos ter maiores tolerâncias de fabricação. Este tipo de injetor está menos sujeito a manutenção. Por estas razões, e apesar da crescente popularidade dos motores de injeção direta, os motores de injeção indireta ainda são boas alternativas para motores pequenos, ou onde se deseja reduzir peso ou diminuir a manutenção dos bicos injetores.

Os motores de injeção indireta apresentam vários tipos de câmaras de combustão. O tipo denominado câmara de pré-combustão tem volume correspondente de 25 a 40% do espaço morto e abriga o injetor. O combustível aí injetado entra em combustão, o aumento de pressão decorrente faz com que um forte jato de combustível, seja lançado da pré-câmara, para a câmara principal. Isto cria forte turbulência secundária que facilita o combustível ainda não queimado encontrar o ar necessário à sua combustão. Assim, a pré-câmara atua como um injetor auxiliar para a câmara principal, diminuindo o compromisso do sistema de injeção. Como o início da combustão ocorre na pré-câmara, ela absorve grande parte da energia gerada pela queima do combustível acumulado durante o período de retardo, diminuindo em consequência os impactos sobre o êmbolo, biela e árvore de manivela.

O sistema de injeção é ajustado para injetar o combustível logo após o momento em que o êmbolo ultrapassar a posição de PMS, o próprio movimento de descida do êmbolo irá facilitar a descarga da pré-câmara para a câmara principal. Estima-se que

80% da energia do combustível seja aí liberada. Neste modelo de câmara, apenas 20% do combustível é de responsabilidade direta do sistema de injeção, tornando por isto mais simples a construção dos injetores.



Figura 5- Bico injetor de motor com injeção indireta

Fonte: O autor

3.2 Sistema de injeção direta

Este sistema é muito parecido com o sistema abordado anteriormente, a diferença básica é que o bico injetor, alojado também no cabeçote, injeta o óleo diretamente na câmara de combustão dispensando a pré-câmara. Em consequência disso o bico injetor deve ser mais resistente e bem elaborado, pelo fato do seu elemento de injeção estar em contato direto com a câmara no momento em que se dá a combustão

da mistura, em contrapartida devido a combustão se iniciar na própria câmara consegue-se uma eficiência maior do sistema.

Com a melhor combustão, também teremos mais ruídos provenientes do motor, precisamos de componentes internos, como pistão biela e virabrequim mais robustos e consequentemente teremos um motor maior e mais pesado, por outro lado teremos substanciais melhoras de emissões de poluentes e as partidas com o motor frio, são muito mais fáceis.



Figura 6- Bico injetor de um motor com injeção direta

Fonte: O autor

3.3 Sistema de gerenciamento eletrônico

Este sistema é constituído de uma bomba injetora mecânica semelhante a convencional, porém a taxa de injeção de combustível da bomba, até a marcha lenta é controlado eletronicamente por uma central eletrônica que recebe informações dos vários sensores instalados no motor e bomba injetora, este tipo de sistema não é muito usual, pelo alto custo e baixa eficiência. Este sistema foi desenvolvido por algumas

montadoras para conseguir adequar as emissões de poluentes aos níveis exigidos pela legislação brasileira.

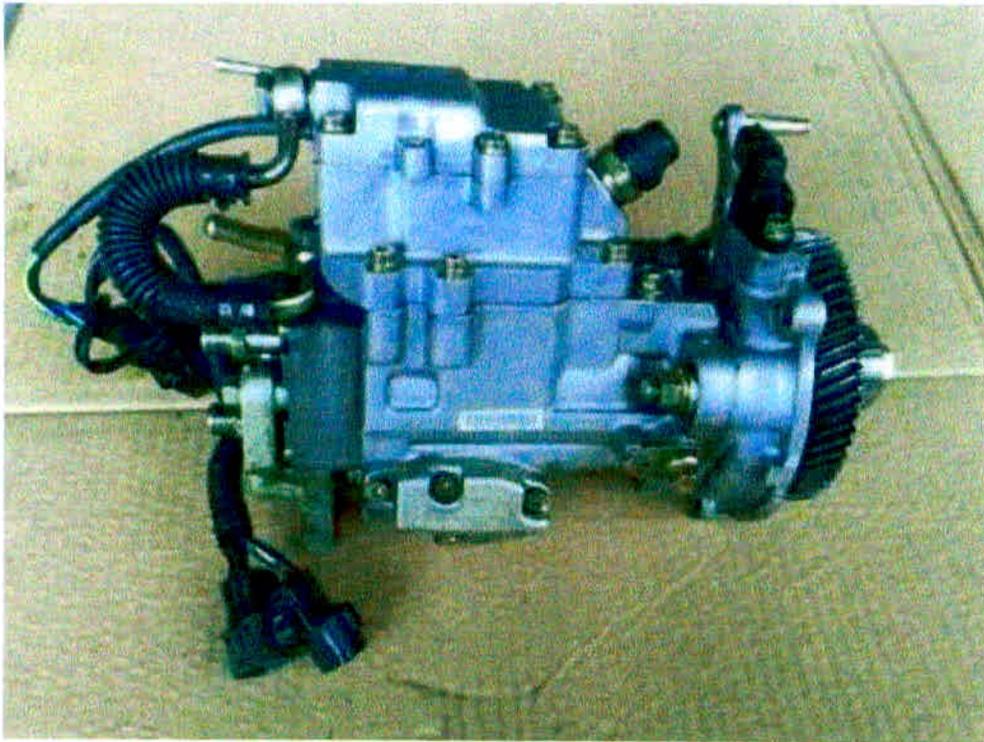


Figura 7- Bomba injetora de um motor com gerenciamento eletrônico

Fonte: O autor

4 SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA (COMMON RAIL)

Este sistema é uma das maiores evoluções dos motores ciclo diesel até hoje, com este sistema conseguiu-se uma melhor eficiência dos motores, atingindo níveis melhores de consumo de combustível, conseqüentemente menores índices de emissão de poluentes na atmosfera, e maior rendimento do motor. Como nos motores ciclo Otto, o ciclo diesel também possui um sistema inteligente que controla, eletronicamente, a injeção. Assim o sistema common rail utiliza componentes que sentem as reações decorrentes do funcionamento do motor, captando sensações de temperatura, pressão, volume e posicionamento dos eixos. Essa função é executada por sensores que estão posicionados estrategicamente e reagem aos acontecimentos emitindo sinais elétricos através de uma linha serial de comunicação de dados para a unidade central de comando.

4.1 Componentes da linha de pressão de combustível

4.1.1 Bomba de baixa pressão

Trabalhando com pressões da ordem de 2,5 a 5 bar, é responsável por retirar o combustível do reservatório e encaminhá-lo até a bomba de alta pressão, mantendo a linha de combustível cheia, pode ser do tipo bomba de engrenagens, que é movida diretamente por algum componente do motor ou elétrica rotativa que é alimentada por um relê comandado pelo modulo de comando.



Figura 8- Bomba elétrica do sistema common rail

Fonte: O autor

4.1.2 Bomba de alta pressão

É constituída por elementos bombeadores posicionados entre si à 120° de forma radial, é uma bomba mecânica de ação pulsativa. Nos motores mais antigos ela fica posicionada no mesmo local onde ficava a bomba injetora, geralmente fica posicionada longitudinalmente ao eixo comando de válvula.

A bomba de alta pressão tem como principal função gerar a pressão e vazão necessária para pulverização do combustível na câmara de combustão do motor, por ser um componente construído somente para essa finalidade, sua instalação não requer sincronismo com o motor, para acioná-la utiliza-se acoplamento, engrenagem ou correia, de acordo com o projeto do motor.

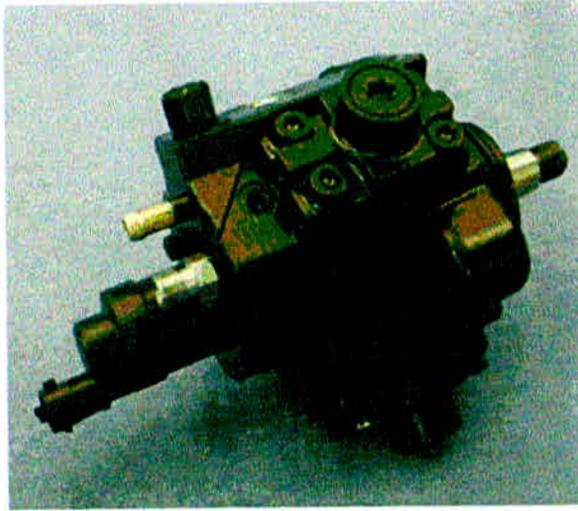


Figura 9- Bomba de alta pressão

Fonte: O autor

Sua concepção prevê em média o limite máximo de 3000 rpm para não comprometer seu funcionamento, pois o volume de combustível bombeado para o tubo comum diminui em proporção inversa a subida do giro, quando estes vão acima dos limites definidos para a bomba.

A bomba de alta pressão é projetada para deslocar grandes volumes de óleo diesel, em função dessa demanda, apresenta excedentes em marcha lenta e em rotações médias se a pressão persistir teremos aquecimento desnecessário do combustível, para minimizar isto existe um sistema de desativação de um elemento da bomba, o sistema é acionado por um solenóide que é controlado pela unidade de comando, que atua abrindo a válvula de admissão de combustível, com esta válvula aberta o embolo não consegue comprimir o combustível, que volta para o canal de baixa pressão.

Esta bomba, quando trabalha na sua capacidade máxima, com o tubo comum plenamente abastecido, consome em média 4,8 cv de potência do motor.

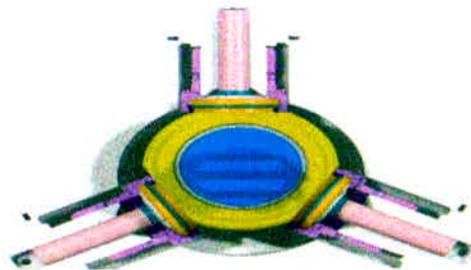


Figura 10- Desenho esquemático da bomba de alta pressão

Fonte: www.bosch.com.br

4.1.3 Acumulador de alta pressão (tubo comum)

Sua construção é simples, é um tubo cilíndrico construído em aço suficientemente resistente para acumular combustível altamente pressurizado e suportar as oscilações provocadas pelo débito constante da bomba de alta pressão, seu interior está constantemente repleto de combustível, para alimentar os bicos injetores, que mesmo com a retirada de combustível constante, devem estar constantemente abastecidos.



Figura 11- Tubo comum ou acumulador de pressão

Fonte: O autor

4.2 Sensores

Sensor é um equipamento capaz de transformar um movimento físico em informações codificadas de modo que o módulo de comando as interprete e tome decisões.

4.2.1 Sensor de rotação e PMS

É um sensor do tipo magnético que emite sinais de relutância magnética na forma de corrente alternada, quando exposto a passagem de uma roda fônica com rotação superior a 50 rpm, emite sinais de corrente alternada com amplitude suficiente em direção ao módulo de comando, para que este determine a rotação e a posição do ponto morto superior do primeiro cilindro, este sensor pode estar localizado na dianteira do motor com a roda fônica fixada na polia ou na traseira do motor com a roda fônica fixada no volante do motor.



Figura 12- Sensor de rotação

Fonte: O autor

4.2.2 Sensor de rotação do eixo comando ou sensor de fase

Para que o módulo de comando determine o tempo e a sequência de injeção do combustível, em relação aos tempos de compressão do motor, é necessário saber também a posição do comando, em relação a abertura das válvulas. No sistema common rail, é o tempo da admissão do primeiro cilindro, captado pelo sensor de fase, que define a injeção seqüencial do motor.

A passagem de um material magnético diante do sensor gera um campo e provoca um sinal de tensão com curta duração em direção ao módulo de comando. Sua instalação é com a face voltada para a polia do comando de válvulas, onde capta os impulsos pela passagem de cinco dentes, quatro deles á 90° entre si e o quinto fica ao lado da referência que marca a posição de fechamento da válvula de admissão e o início do tempo de compressão do primeiro cilindro.



Figura13- Sensor de rotação do eixo comando ou sensor de fase

Fonte: www.bosch.com.br

4.2.3 Sensor de temperatura da água do motor

Geralmente este sensor fica alojado no cabeçote do motor, ele determina o mapa básico para o gerenciamento da injeção. De acordo com os valores lidos pelo módulo de comando, ocorrem inúmeras intervenções nos tempos de injeção, que vão desde auxílio na partida à frio até o corte de injeção por excesso de temperatura.



Figura14- Sensor de temperatura da água

Fonte: o autor

4.2.4 Sensor de temperatura e pressão de óleo do motor

Geralmente fica fixado no suporte do filtro de óleo ou no bloco do motor, em contato com a linha de pressão da bomba de óleo. É um sensor de dupla função para monitorar as condições do óleo do motor e, principalmente a temperatura, pois este é um ponto crítico que compromete e altera a viscosidade do óleo do motor e diminui a pressão da linha de lubrificação, o sistema common rail não utiliza estes valores para o cálculo dos volumes de injeção e dos tempos, mas garante a integridade do motor desligando-o em caso de irregularidades.



Figura15- sensor de pressão e temperatura do óleo

Fonte: www.3rho.com.br

4.2.5 Sensor de pressão positiva do coletor de admissão e de temperatura do ar admitido

É um sensor duplo com a função de medir a temperatura do ar admitido e a pressão no coletor de admissão. Esses são valores de referência que precisam ser monitorados para compor as variáveis de cálculo que o módulo de comando executa para definir o combustível e o avanço da injeção, fica instalado no corpo do coletor de admissão.

4.2.6 Sensor de temperatura do combustível

É de grande importância o controle da temperatura do combustível que sai do reservatório, pois em determinadas circunstâncias ela altera valores que interferem na queima da mistura, isso compromete o rendimento do motor. Sua função é informar ao módulo de comando as condições de aquecimento do óleo, que não pode ultrapassar 71°



Figura 16- Sensor de temperatura do combustível

Fonte: www.thonson-net.com.br

4.2.7 Sensor de posição do pedal do acelerador

Quando o condutor do veículo imprime um movimento no pedal do acelerado, aciona também um cursor deslizante sobre uma pista de resistência variável no interior da unidade, dependendo da posição do cursor um valor de tensão se forma e a corrente elétrica resultante flui em direção ao módulo de comando para revelar a posição momentânea do pedal do acelerador. Com base nesses dados o módulo de comando atua sobre o tempo de injeção fornecendo o combustível necessário para a geração de potência requerida pelo condutor. Este sensor pode estar acoplado ao pedal, ou ligado ao pedal por meio de um cabo de aço.



Figura 17- sensor do pedal do acelerador acoplado ao pedal

Fonte: O autor

4.2.8 Sensor de pressão atmosférica

É um sensor do tipo barométrico que fica localizado no próprio módulo de comando, este sensor sente a variação de pressão atmosférica e indica constantemente a altitude geográfica em que o veículo está operando. Este sensor é de suma importância ao bom funcionamento do sistema, já que a pressão atmosférica diminui a medida que a altitude aumenta, diminuindo assim a quantidade de ar admitida pelo motor em cada ciclo. O sinal desse sensor permite ao módulo de comando dosar o volume de combustível para cada situação de funcionamento exigida pelo condutor, em relação a altura em que se encontra o veículo



Figura 18- Detalhe do sensor barométrico em um módulo de comando

Fonte: O autor

4.2.9 Sensor de velocidade

Informa ao modulo de comando a velocidade instantânea do veículo, e assim compõe vários mapas de intervenção no sistema de injeção, tais como, a restrição da velocidade máxima do veículo e controle de possíveis trancos ocasionados ao motor nas mudanças de marcha. É um sensor do tipo relutância magnética que envia sinais de tensão em corrente alternada quando partes metálicas de uma engrenagem são expostas diante de sua face.



Figura 19- Sensor de velocidade

Fonte:O autor

4.2.10 Sensor do pedal do freio

Tem função dupla no sistema, serve como interruptor de acionamento das luzes de freio, e como interruptor do sinal de acionamento do pedal do freio para o módulo de

comando. O módulo usa este sinal para diminuir a potência do motor quando o pedal do freio é acionado. É simplesmente um interruptor liga desliga.

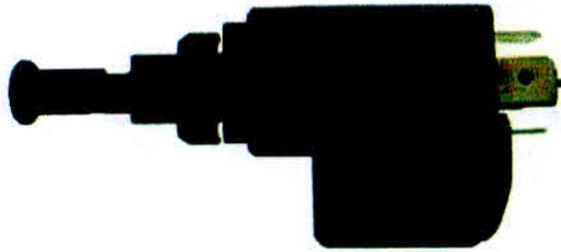


Figura 20- Sensor do pedal do freio

Fonte: O autor

4.2.11 Sensor do pedal de embreagem

Este sensor informa instantaneamente ao módulo de comando, quando o pedal de embreagem é acionado, para que o módulo reduza a potência do motor evitando solavancos nas trocas de marcha, é também um simples interruptor liga desliga.



Figura 21- Sensor do pedal de embreagem

Fonte: O autor

4.2.12 Sensor de Pressão do Tubo Comum

Esse sensor fica fixado no tubo comum e fica em contato constante com o combustível pressurizado. Sua função é monitorar a pressão no interior do tubo com velocidade e precisão. Seu funcionamento baseia-se na variação da tensão aplicada sobre o resistor do diafragma que se deforma de acordo com a pressão nele aplicada.

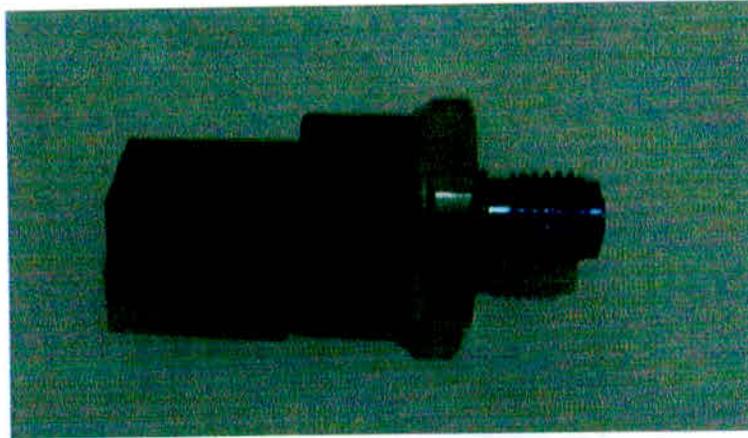


Figura 22- Sensor de pressão do tubo comum

Fonte: O autor

4.3 Atuadores

Atuador é um equipamento que capta sinais elétricos e os converte em movimentos físicos capazes de executar uma ação.

4.3.1 Válvula limitadora de pressão do tubo comum

Esta válvula tem a função de limitar o valor máximo de pressão dentro do tubo comum e permitir que o excedente de combustível escape para a linha de retorno, quando a pressão interna no tubo comum ultrapassa 1400 bar, a válvula se abre e libera o combustível excedente para a linha de retorno.

Este componente garante que o sistema fique protegido contra irregularidades provocadas por excesso de pressão da bomba ou outras irregularidades do sistema, ela é comandada pela central de comando, que utiliza os valores recebidos pelo sensor de pressão, esta válvula fica alojada diretamente na carcaça da bomba de alta pressão.



Figura 23- Válvula limitadora de pressão

Fonte: O autor

4.3.2 Bico injetor

O Bico injetor é responsável por injetar o óleo que anteriormente foi pressurizado pela bomba de alta pressão diretamente na câmara de combustão.

O bico injetor é composto por duas partes distintas: parte eletrônica e a parte mecânica, é uma unidade injetora em que o movimento interno de abrir e fechar acontece pela ação das forças elétrica e hidráulica que, em conjunto, produzem o deslocamento do pistão de comando. No sistema mecânico a abertura acontece com um pico de depressão gerado pela bomba injetora, que atua sobre a base do pistão e vence a pressão contrária das molas que agem a favor da interrupção de injeção.

No sistema common rail, o movimento ascendente do pistão do bico acontece quando o solenóide, posicionado no topo do injetor é ativado pelo módulo de comando, nesse momento abre-se uma passagem para linha de retorno, provocando uma zona de baixa pressão na parte de trás do pistão, como a força hidráulica ainda atua na sua base o êmbolo é deslocado para a parte superior do injetor, com carga proporcional à pressão interna do tubo comum. Assim a passagem inferior do bico injetor está aberta e o combustível flui, dando início ao processo de injeção, no qual o volume de injeção é proporcional ao tempo do solenóide ativado.

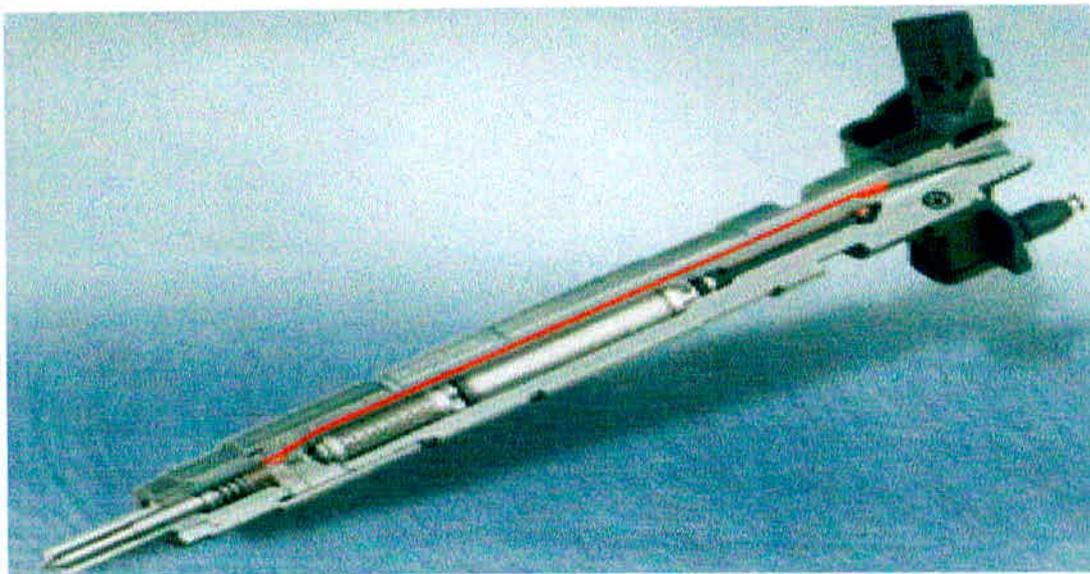


Figura 24- Bico injetor do sistema common rail
Fonte: Mecânica 2000 automotive, informação profissional

5 MÓDULO DE COMANDO

O módulo de comando, também conhecido como unidade central de comando, nada mais é que um processador que monitora as diversas condições de operação do motor através das informações fornecidas pelos diversos sensores e gerencia seu funcionamento por meio do comando dos atuadores. O processador para efeito de cálculo e mapeamento da injeção, compara milhares de programas com os dados da memória RAM e determina os tempos ideais de injeção do sistema, com base na memória principal. Sinais estabilizados de tensão são enviados aos atuadores para interferir e ajustar o sistema às condições ideais de operação do motor.



Figura 25- Módulo de comando

Fonte: O autor

5.1 Principais Funções do Módulo de Comando

Os cálculos do volume de injeção feitos pelo módulo de comando devem ser precisos, para que o motor funcione perfeitamente em qualquer regime imposto pelo operador, um conjunto de variáveis contribui a todo momento para que isso ocorra.

5.1.1 Volume Correto de Combustível para o Motor Partir

A partida do motor deve ocorrer com o volume correto de combustível, é imprescindível nesse momento haver sinais de temperatura e de rotação do motor. Com

esses valores, o módulo de comando fará a dosagem correta do volume de injeção, independente da posição ou da intervenção do condutor sobre o pedal do acelerador.

5.1.2 Condição de Operação

Após a partida, o funcionamento do motor ocorre sob gerência do sistema, o condutor e o módulo de comando operam em sincronismo, em busca da melhor performance do motor.

5.1.3 Ajuste Constante de Marcha Lenta

O sistema de gerenciamento atua de forma constante monitorando a marcha lenta, devido ao fato desta rotação ser uma das mais usadas em trânsito urbano. O consumo e as emissões estão diretamente relacionados, tanto que o programa prevê a menor rotação possível para baixar esses níveis, sem prejudicar os momentos de retomada de potência.

5.1.4 Estabilidade de Marcha Lenta em Função do Desgaste do Motor

Um motor apresenta desgaste em função do envelhecimento dos seus componentes mecânicos e com o tempo de uso, devido a esses desgastes e comum que se tenha uma diminuição da compressão dos cilindros do motor. Essa situação é contornada pelo módulo de comando, que elimina o desequilíbrio da marcha lenta provocado por essa anomalia, dosando a quantidade de combustível necessária para cada cilindro até atingir estabilidade.

5.1.5 Controle sobre o volume da Injeção

O controle sobre o combustível injetado é necessário porque nem sempre é possível adicionar o volume solicitado de acordo com comando do operador. O módulo de comando, em conformidade com os mapas da memória, aplica programas que impedem a emissão excessiva de poluentes com fuligem decorrente de excesso de combustível e de sobrecarga mecânica por solicitação de torque elevado ou rotação máxima, esse controle também é usado pelo módulo de comando para corte de combustível em condições de sobrecarga térmica do líquido refrigerante, e óleo

lubrificante, evitando maiores danos ao motor no caso de alguma anomalia no sistema de refrigeração do motor.

5.1.6 Controle de Movimentos de Solavancos sobre o Motor

Os movimentos de troca de marcha ou de acionamento do pedal do acelerador resultam numa variação rápida da injeção e da rotação sobre o motor. As variações na solicitação de torque do motor produzem solavancos entre o motor e os acoplamentos elásticos de fixação estrutural do mesmo, a ponto de provocar fadiga dos componentes. Para controlar os efeitos dessa anomalia, o sistema diminui a quantidade de combustível se a rotação do motor subir repentinamente, e aumenta se houver queda de rotação acentuada.

6 CURIOSIDADES

6.1 Velocímetro Digital

Nunca se deve retroceder a kilometragem de veículos com velocímetro digital, pois o módulo de comando em muitos veículos usa essa informação para adequar o funcionamento do motor de acordo com o desgaste existente no equipamento.

6.2 O Maior Motor Ciclo Diesel do Mundo

O RTA96-C do grupo suíço Wartsila-Sulzer, é um motor diesel com disponibilidade de modelos que variam de 6 à 14 cilindros, em linha, ciclo de dois tempos, turbocarregado.

O motores de 14 cilindros foram desenvolvidos para aplicação em grandes navios cargueiros. Este modelo é atualmente o motor diesel mais potente e eficiente em todo o mundo. O sistema de injeção é do tipo common rail. Usa um conjunto de bombas de alta pressão para fornecer combustível aos injetores ao mesmo tempo, em vez de contar com bombas alimentando injetores isoladamente, isto permite que o motor tenha melhor desempenho com menos rotações, e assim consuma menos combustível. Mesmo com estes ganhos de eficiência, o RTA96-C ainda injeta até 160g de diesel em cada pistão para cada ciclo.

Alguns números sobre esse motor:

Altura: 13,4 metros.

Comprimento: 27,4 metros.

Potência: 110511 cv.

Torque máximo: 775349 Kgf.m a 102 rpm.



Figura 26- Motor Wärtsilä-Sulzer RTA96-C de 12 cilindros

Fonte: www.wartsila.com



Figura 27- Montagem das bronzinas nos mancais fixos do bloco do motor RTA 96-C

Fonte: www.wartsila.com

7 CONCLUSÃO

O uso dessa tecnologia se torna viável em comparação a outros sistemas de injeção convencionais. A geração de pressão e a injeção estão separadas na tecnologia Common Rail. A bomba que gera a alta pressão é separada, esta bomba mantém o tubo comum alimentado e pressurizado em tempo integral, nos sistemas convencionais a pressão é gerada em um cilindro por vez, desta forma o sistema tem a todo momento pressão e vazão disponíveis só aguardando o sistema elétrico.

O sistema Common Rail, também se distingue dos outros por propiciar ao motor múltiplas injeções por ciclo de trabalho.

Quanto mais alta a pressão da injeção, melhor é a nebulização do combustível, isso torna a queima mais eficiente.

As vantagens do sistema são grandes, dentre elas podemos destacar: economia de combustível, maior potência do motor, menor nível de ruído e de emissões na atmosfera. Mas como toda tecnologia moderna, a principal desvantagem é o custo de manutenção e a dificuldade de encontrar profissionais no mercado.

REFERÊNCIAS

SILVA, Edson. **Injeção eletrônica de motores diesel:** Conceitos básicos, Funcionamento e manutenção. 1.ed. Ensino profissional editora

Sete Treinamentos Especiais: Sistema common rail de injeção diesel. Módulo II, 2008.

Manual de Normatização de Trabalhos Científicos: disponível em. <www.unis.edu.br>. Acesso em 26 março 2011.

Mecânica 2000 Automotive: Informação profissional. Volume 33, 2006.

Sete Treinamentos Especiais: S 10- 2.8 L Turbodiesel Eletrônica. Módulo VI.

Site da Unicamp: Universidade de campinas. <www.fem.unicamp.br>. Acesso em 25 outubro 2011.

Site da Thomsom: Empresa fabricante e fornecedora de peças, para sistemas de injeção eletrônica. <www.thomson-net.com.br>. Acesso em 12 agosto 2011.

Site da Wartsila: Empresa fabricante de motores para embarcações. <www.wartsila.com>. Acesso em 22 novembro 2011.

Site de entrevistas: <<http://motoradiesel.blogspot.com>>. Acesso em 22 novembro 2011.

Site da 3 RHO: Empresa fabricante de auto peças. <www.3rho.com.br>. Acesso em 16 outubro 2011.

Site da Bosch: Empresa fabricante de auto peças. <www.bosch.com.br>. Acesso em 23 outubro 2011.

Site da Volvo: Empresa fabricante de veículos automotores. <www.volvo.com.br>. Acesso em 23 outubro 2011.