

CAPÍTULO 8 - SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO (MOTORES OTTO) CARBURAÇÃO INJEÇÃO

INTRODUÇÃO

Requisitos de mistura. Em geral, a ótima razão ar/combustível com determinada velocidade do motor consiste naquela em que se consegue o conjugado desejado, ou pressão média efetiva no freio, com o menor consumo de combustível consistente com a operação normal e confiável. Essa ótima razão A/C não é constante, mas depende de muitos fatores.

Os requisitos de mistura para a partida e aquecimento o motor necessitará geralmente de mistura anormalmente ricas no dispositivo de alimentação, seja o carburador ou um sistema de injeção, afim de assegurar a mistura de queima nos cilindros. Assim, o sistema de alimentação deve estar apto a fornecer misturas muito ricas na partida e a razão A/C deve ser progressivamente reduzida a partir desse ponto, durante o período de aquecimento, até o motor funcionar satisfatoriamente com razões A/C normais de operação permanente.

O termo “aceleração”, com relação aos motores, é geralmente usado para caracterizar um aumento na velocidade do motor, resultante da abertura da válvula. O propósito imediato da abertura da válvula de aceleração, entretanto, é assegurar um aumento do conjugado, e dependerá da natureza da carga o aumento subsequente na velocidade.

Nos motores com carburador que usam combustível líquido, o processo de aceleração é complicado pela presença do combustível não evaporado no coletor de admissão. A investigação mostra que, durante a operação permanente normal com gasolina (ou álcool), o coletor de admissão contém uma grande quantidade de combustível líquido que adere à parede do coletor e escorre ao longo das mesmas até o cilindro, com uma velocidade bastante baixa comparada a do resto da mistura, que consiste em ar, vapor de combustível e gotículas entranhadas de combustível. Nas condições permanentes de operação com determinada velocidade, a quantidade de líquido contida no coletor, em qualquer momento, torna-se maior com o aumento da pressão no coletor. A principal razão para que altas pressões no coletor resultem em grandes quantidades de líquido deve-se ao fluxo de combustível aumentar com o aumento da densidade do ar, e a evaporação é mais lenta quando aumenta a pressão total.

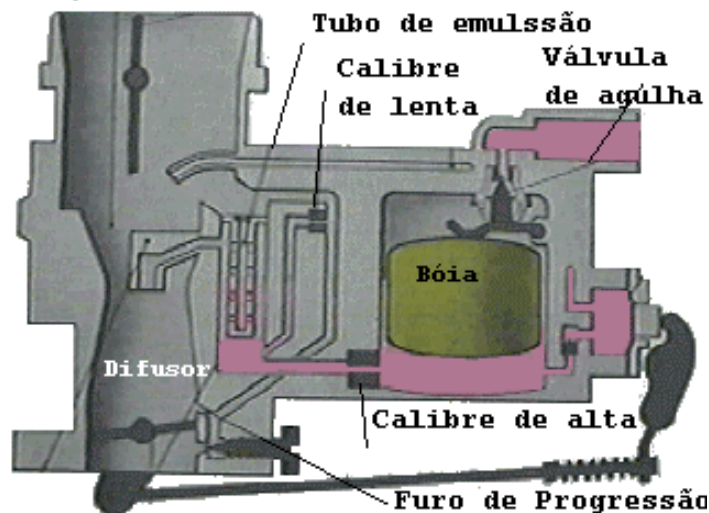
Quando a válvula está aberta para aceleração, aumentando a pressão no coletor, deve ser fornecido combustível para aumentar o conteúdo de líquido do coletor. Se o carburador fornece uma razão A/C constante, a razão que atinge o coletor está diminuindo durante o período em que o conteúdo de líquido está aumentando. Com a instantânea abertura da válvula de aceleração, a resultante redução na razão A/C recebida pelos cilindros pode ser tal que venha a ocorrer má queima, retrocesso de chama, ou mesmo completa parada do motor.

Para evitar uma mistura anormalmente pobre nos cilindros, resultante de rápidas aberturas da válvula de aceleração, é usualmente necessário aumentar a relação de suprimento pela injeção no coletor de uma quantidade de combustível conhecida como carga de aceleração. A injeção dessa carga deve ocorrer simultaneamente com a abertura da válvula. A ótima quantidade de carga de aceleração é aquela que resultará na razão A/C para melhor potência nos cilindros. Em geral, essa quantidade varia com a velocidade do motor e com a posição da válvula no início da aceleração, com a volatilidade do combustível, temperatura da mistura, e velocidade de abertura da válvula. Dessa forma, os carburadores são projetados para fornecer a quantidade necessária nas condições mais difíceis e, quando esta quantidade é muito grande, o erro será do lado rico da mistura de melhor potência, onde o sacrifício em potência é pequeno. Como a abertura parcial ou lenta da válvula de aceleração necessita de quantidade de mistura inferior à de completa aceleração, essa quantidade é

usualmente tomada como proporcional à razão de abertura da válvula e do ângulo correspondente ao movimento da válvula.

CARBURADOR BÁSICO

O elemento básico ou principal da maioria dos carburadores consiste em uma passagem de ar de geometria fixa, contendo uma restrição com a forma de ventúri. Na garganta do ventúri está localizado um injetor de combustível e este vem de uma câmara de bóia de nível constante, ou outro dispositivo de pressão constante. O fluxo de ar é controlado por uma válvula-borboleta a jusante do ventúri.



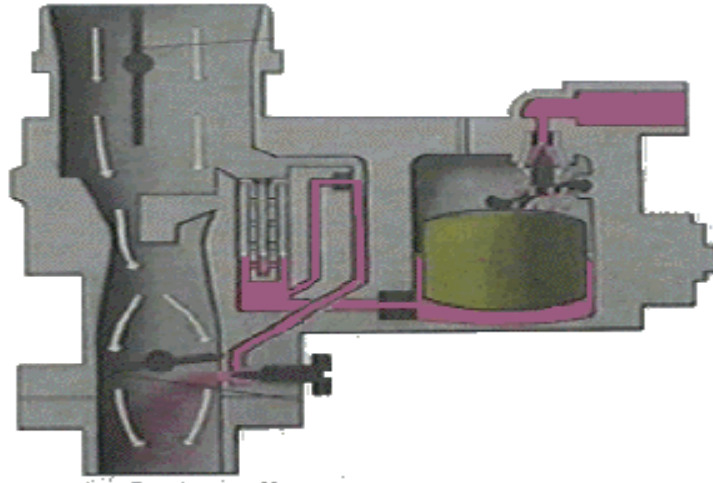
O ar atravessa uma passagem com a forma de ventúri, proveniente da admissão de ar. Essa forma é usada para diminuir a um mínimo a queda de pressão estática através do sistema. A diferença de pressão de estagnação na entrada de ar e a pressão estática na garganta do ventúri é usada para criar e regular a vazão de combustível. Na figura, a passagem de ar está na vertical, com escoamento para baixo, carburador de fluxo descendente. Muitos carburadores são dispostos de forma tal que o escoamento se processe de baixo para cima, carburadores de fluxo ascendente, e alguns têm passagem de ar na horizontal, carburadores de fluxo horizontal. Os princípios de operação entretanto, são os mesmos para qualquer direção do fluxo de ar.

A jusante do ventúri, na passagem de ar, encontra-se localizada uma válvula de borboleta, que, nos motores de ignição por centelha, é o principal elemento de controle de potência.

O combustível é introduzido no ar, na garganta do ventúri, por meio de um bocal, alimentado pela câmara de nível constante ou câmara da bóia, através de um orifício medidor de combustível. O nível de combustível na câmara da bóia é mantido constante por meio de uma válvula controlada pela bóia. A pressão acima do combustível é mantida igual a pressão total de admissão de ar, por meio de um tubo de impacto, que mede a pressão total, ou de estagnação, na entrada de ar.

SISTEMA DE MARCHA LENTA. O sistema usado para cobrir o requisito de mistura com baixas taxas de fluxo de ar é chamado de sistema de marcha lenta, ainda que ele possa influenciar a razão A/C em cargas bem superiores às de marcha lenta. A figura a seguir mostra um arranjo típico para um sistema de marcha lenta. O depósito de marcha lenta é uma passagem vertical ligada à câmara da bóia pelas partes superior e inferior. A conexão do fundo tem um orifício medidor com seção pequena. A passagem de marcha lenta tem uma abertura de descarga localizada próximo da aresta

da válvula de borboleta, quando esta se encontra na posição de fechada. A extremidade inferior aberta localiza-se próximo do fundo do depósito de marcha lenta. O tubo de ar de marcha lenta comunica-se com a passagem, cujo formato é apresentado na figura, e é controlado por uma restrição ajustável chamada de parafuso de ajustagem da marcha lenta.



Para marcha lenta na mais baixa rotação possível desejável, a válvula é ajustada de encontro a um esbarro ajustável tal que ela permanece aberta apenas o suficiente para permitir o fluxo de ar necessário. Nesse ponto, a aresta da válvula parcialmente encobre o bocal (injetor) de marcha lenta. Através da colocação adequada da saída do injetor em relação à válvula e por meio de ajustagem apropriada do parafuso regulador da marcha lenta, haverá suficiente sucção no tubo de marcha lenta para elevar o combustível a uma taxa tal que forneça a razão A/C exigida pela marcha lenta.

A abertura ulterior da válvula gradualmente expõe o injetor de marcha lenta à completa depressão no coletor de admissão, que pode chegar a 0.7 bar abaixo da pressão atmosférica em um motor em marcha lenta normal. Nesse ponto, a diferença de pressão entre as extremidades superior e inferior da passagem de marcha lenta é tão grande que ela drena o depósito de marcha lenta até o nível mostrado na figura anterior. A partir desse ponto, à medida que a válvula é aberta, haverá sempre suficiente sucção para manter o nível de combustível no depósito de marcha lenta no fundo do tubo de marcha lenta. A quantidade de combustível que escoar será constante e dependente da área e do coeficiente do orifício de combustível de marcha lenta e da altura de carga.

SISTEMA DE MARCHA ACELERADA. Ao abrir-se a borboleta do acelerador, aumenta-se o fluxo de ar através do pulverizador de compensação de ar. Em consequência do aumento da depressão no difusor, o combustível, depois de passar pelo pulverizador principal, faz subir o nível no poço de emulsão; ao mesmo tempo, o ar admitido no calibrador principal emulsiona o combustível, que será posteriormente pulverizado no difusor. Simultaneamente, diminui a depressão no furo de descarga do calibre de lenta e cessa o fluxo de combustível nesse ponto.

Para evitar qualquer empobrecimento indevido da mistura durante esta fase de transição, é usual existirem um ou mais orifícios de progressão que são alimentados pelo canal do circuito de marcha lenta.

Para fornecer o combustível adicional necessário na aceleração e nas aberturas súbitas da borboleta do acelerador existe uma bomba de aceleração mecânica. Esta consiste num poço (ou câmara) cheio de combustível e em um êmbolo acionado por uma mola ou um diafragma ligados à

borboleta. Quando esta se abre, o combustível é descarregado no difusor por ação de um injetor integrado no circuito da bomba.



Partida do motor frio. É necessário uma razão A/C rica, com uma proporção que varia de 1:1 e 3:1. Para conseguir esta proporção, fecha-se a borboleta do afogador.

Estando frios, o carburador e o coletor de admissão dão de certo modo origem à condensação do combustível nas paredes do coletor, dificultando seriamente a sua vaporização. Este fator e a maior densidade do ar frio, somados a lentidão das primeiras rotações, empobrecem a mistura.

Observação: **Tubo de emulsão.** O emulsionador é formado por dois tubos, um no interior do outro. O combustível penetra nestes tubos antes de passar para a corrente de ar principal, no difusor. A medida que aumenta o número de rotações do motor, o ar admitido por um pulverizador de compensação, ou calibrador de ar, penetra no tubo interior, que apresenta orifícios a diferentes níveis, ficando a mistura mais pobre.

SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA DE COMBUSTÍVEL

Os sistemas eletrônicos de injeção de combustível apresentam duas vantagens principais sobre os sistemas mecânicos: dispõem de grande número de dispositivos de alta sensibilidade para fornecer sempre aos cilindros a quantidade precisa de combustível e não requerem um distribuidor mecânico de alta precisão.

Estas vantagens são evidentes nos sistemas eletrônicos mais utilizados, que operam em pressões de combustível mais baixas que os sistemas mecânicos (1.75 a 2.1 bar). O sistema é equipado com uma bomba de combustível elétrica que aspira combustível do reservatório num nível superior ao que é necessário para a injeção. O combustível em excesso retorna para o reservatório através de um regulador de pressão que evita a possibilidade de formação de bolhas de ar e de vapor de combustível.

O injetor mantém-se fechado sob a ação de molas e são acionados por solenóides. O volume de combustível injetado depende do tempo durante o qual o solenóide mantém o injetor aberto. Este tempo, por sua vez, depende de um sinal que o solenóide recebe do sistema de processamento eletrônico.

Este sistema de processamento eletrônico está ligado a uma série de dispositivos sensíveis que atuam segundo diversas condições preestabelecidas do motor, tais como pressão do ar no coletor, as temperaturas do ar admitido e do sistema de refrigeração, umidade do ar, o nível de aceleração. Existem, ainda, sensores que atuam sobre as condições da combustão por exemplo, sensores de detonação. Estes dispositivos permitem ao sistema de processamento determinar instantaneamente o momento de abertura dos injetores, a razão da mistura, o avanço ou atraso da ignição, etc.

A grande vantagem do sistema eletrônico de injeção de combustível está na rapidez de resposta às condições de trabalho do motor. Isto proporciona alto nível de confiabilidade, controle apurado sobre os gases de descarga (redução dos níveis de poluição) uma vez que permite uma melhor queima da mistura, além é claro, de melhor rendimento não apenas em termos de potência, mas também em termos de consumo.

Atualmente são utilizados dois tipos básicos de sistemas de injeção de combustível: os sistemas que utilizam apenas um injetor (single-point), e os sistemas que operam com um injetor para cada cilindro (multi-point). Nos dois casos os sistemas de monitoramento do motor são semelhantes.

Obviamente obtém-se melhores resultados nos sistemas "multi-ponto" (multi-point), devido a melhor distribuição da mistura A/C, praticamente não existe perda de carga devido ao atrito dos coletores, tendo em vista a que o combustível é injetado na janela de admissão, assim como os problemas decorrentes da condensação do combustível nos coletores.

Por outro lado, os sistemas baseados em um único injetor proporcionam um ótimo rendimento se comparado com os sistemas convencionais de alimentação (carburadores) pelos motivos já abordados e se comparados com os sistemas multi-ponto oferecem um custo inferior.

PRINCIPAIS COMPONENTES DO SISTEMA DE INJEÇÃO

Bico injetor. Controla o volume de combustível. Atua através de comandos enviados pela "unidade comando eletrônico".

Regulador de pressão. Atua como limitador de pressão de combustível de 1 a 2 bar, permitindo o retorno de combustível em excesso para o reservatório.

Bomba de combustível. Possui acionamento elétrico. Sua operação independe da rotação do motor, mantendo assim o sistema sem flutuações de pressão.

Bobinas de ignição. Em geral, para cada dois cilindros é instalada uma bobina controlada pelo sistema de eletrônico de ignição e pela "unidade comando eletrônico". Nestes casos dispensa o distribuidor.

Atuador de marcha lenta. Tem a função de controlar a vazão de ar em regime de marcha lenta, permitindo assim controle da rotação em qualquer instante de funcionamento do motor.

Unidade de Comando Eletrônico. É o centro de operação de todos os componentes do sistema de alimentação de combustível. Tem a função de monitorar e analisar os dados enviados pelos sensores, sinalizando ao injetor e em alguns casos ao sistema de ignição as condições de trabalho solicitadas pelo motor.

COMBUSTÃO EM MOTORES OTTO

COMBUSTÃO NORMAL: Se o combustível tiver o índice de octanas adequado a taxa de compressão do motor, a centelha que salta entre os eletrodos das velas de ignição inicia a combustão e a chama se propaga progressivamente através da mistura A/C comprimida, fazendo com que esta se expanda gradativamente, exercendo uma força uniforme sobre a cabeça do êmbolo.

CONDIÇÕES:

- tenha início no local correto, isto é, entre os eletrodos das velas
- ter início no momento correto, isto é, determinado pelo ponto de ignição
- desenvolvimento gradual
- duração pré-determinada

VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DA CHAMA (VPC). É a composição da velocidade de combustão, que é a velocidade da reação química de oxidação do combustível, com a velocidade de translação, que é a velocidade de avanço da frente de chama.

Comportamento da VPC durante a combustão:

- **início** - VPC baixa, devido a necessidade de vencer a inércia da combustão
- **durante** - VPC alta
- **fim** - VPC baixa, devido a pequena quantidade de combustível ainda a ser queimado, e/ou a pequena quantidade de ar para combinar com o combustível

COMBUSTÃO ANORMAL

IGNIÇÃO SUPERFICIAL. Tem origem nos chamados pontos quentes ou incandescentes (válvula de descarga, eletrodos das velas, isoladores das velas, depósitos de carvão são os mais comuns). São pontos quaisquer dentro da câmara de combustão, que atingem uma temperatura tal, que o ponto passa a dar origem a uma combustão, isto é, inflamam a mistura antes ou depois de saltar a centelha.

Se a ignição superficial acontecer antes da centelha é chamada de pré-ignição, se acontecer após a centelha é chamada pós-ignição.

A ignição superficial se auto-alimenta, isto é, conforme o surgimento de um ponto quente outros terão origem.

A ignição superficial poderá dar origem a detonação, explosão da mistura por efeito de pressão. O inverso também pode ocorrer.

É possível evitar a detonação utilizando motores com menor taxa de compressão, mistura mais pobre, melhor refrigeração, ou através de sistemas que aumentem a VPC, como por exemplo: turbulência.