



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0502026-3 B1

(22) Data do Depósito: 19/05/2005

(45) Data de Concessão: 29/05/2018



(54) Título: MÉTODO DE INJEÇÃO DIRETA DE COMBUSTÍVEL EM MOTOR A COMBUSTÃO INTERNA E SISTEMA DE INJEÇÃO DIRETA DE COMBUSTÍVEL EM UM MOTOR A COMBUSTÃO INTERNA

(51) Int.Cl.: F02D 41/38

(30) Prioridade Unionista: 20/05/2004 IT BO2004 A 000323

(73) Titular(es): MAGNETI MARELLI POWERTRAIN S.P.A.

(72) Inventor(es): FRANCESCO AUSIELLO; GABRIELE SERRA

**MÉTODO DE INJEÇÃO DIRETA DE COMBUSTÍVEL EM MOTOR A COMBUSTÃO
INTERNA E SISTEMA DE INJEÇÃO DIRETA DE COMBUSTÍVEL EM UM MOTOR A
COMBUSTÃO INTERNA**

[001] A presente invenção refere-se a um método de injeção direta de combustível em um motor a combustão interna, particularmente à injeção direta de combustível do tipo de trilho comum.

[002] Nos sistemas atuais de injeção direta do tipo de trilho comum, uma bomba de baixa pressão fornece o combustível de um tanque para uma bomba de alta pressão que, por sua vez, fornece o combustível para um trilho comum. Uma série de injetores (um para cada cilindro do motor) é conectada ao trilho comum, com os mencionados injetores sendo dirigidos de forma cíclica, a fim de injetar parte do combustível pressurizado presente no trilho comum para o interior de um cilindro correspondente. A fim de que o sistema de injeção opere corretamente, é importante que o nível da pressão do combustível no interior do trilho comum seja constantemente mantido em valor desejado que geralmente varia ao longo do tempo; com este propósito, a bomba de alta pressão é dimensionada de forma a fornecer ao trilho comum, em qualquer estado de operação, quantidade de combustível que excede o consumo real e um regulador de pressão é acoplado ao trilho comum, em que o regulador mantém o nível de pressão do combustível no interior do trilho comum no valor desejado através da descarga do excesso de combustível para um canal de recirculação que reintroduz o mencionado excesso de combustível acima no fluxo da bomba de baixa pressão.

[003] Os sistemas de injeção conhecidos do tipo descrito acima apresentam diversas desvantagens, pois a bomba de alta pressão deve ser dimensionada de forma a fornecer ao trilho comum quantidade de combustível que excede levemente o consumo máximo possível; entretanto, esta condição de consumo máximo possível ocorre de forma relativamente rara e, em todos os demais estados de operação, a quantidade de combustível fornecida para o trilho comum pela bomba de alta pressão é muito maior que o consumo real e, portanto, proporção considerável do mencionado combustível necessita ser descarregada pelo regulador de pressão para o canal de recirculação. Obviamente, o trabalho realizado pela bomba de alta pressão no bombeamento de combustível que é descarregado em seguida pelo regulador de pressão é trabalho “inútil” e, conseqüentemente, esses sistemas de injeção conhecidos possuem eficiência de energia muito baixa. Além disso, esses sistemas de injeção conhecidos possuem tendência de sobreaquecer o combustível, de forma que, quando o excesso de combustível é descarregado pelo regulador de pressão no canal de recirculação, o mencionado combustível passa de pressão muito alta (mais de 1000 bars) até substancialmente pressão ambiente e esta queda de pressão tende a aumentar a temperatura do combustível. Por fim, os sistemas de injeção conhecidos do tipo descrito

acima são relativamente volumosos, devido à presença do regulador de pressão e do canal de recirculação conectados ao regulador de pressão.

[004] A fim de superar os problemas descritos acima, foi proposta uma solução do tipo apresentado no pedido de patente nº EP 0481964 A1, que descreve o uso de uma bomba de alta pressão com velocidade de fluxo variável, que é capaz de fornecer ao trilho comum somente a quantidade de combustível que é necessária para manter a pressão do combustível no interior do trilho comum no valor desejado; particularmente, a bomba de alta pressão é equipada com acionador eletromagnético capaz de variar instantaneamente a velocidade de fluxo da bomba de alta pressão através da variação do tempo de fechamento de uma válvula de entrada da própria bomba de alta pressão.

[005] Outra realização de uma bomba de alta pressão com velocidade de fluxo variável é descrita pela patente nº US 6.116.870 A1. Particularmente, a bomba de alta pressão descrita pela Patente Norte-Americana nº 6.116.870 A1 compreende um cilindro equipado com um pistão que possui movimento recíproco no interior do cilindro, um canal de entrada, um canal de fornecimento acoplado ao trilho comum, uma válvula de entrada capaz de permitir o fluxo de combustível para o interior do cilindro, uma válvula de fornecimento sem retorno acoplada ao canal de fornecimento e capaz de permitir apenas o fluxo de combustível para fora do cilindro e um dispositivo de regulação acoplado à válvula de entrada, a fim de manter a válvula de entrada aberta durante fase de compressão do pistão e, desta forma, permitir o fluxo do combustível para fora do cilindro através do canal de entrada. A válvula de entrada compreende um corpo de válvula que é móvel ao longo do canal de entrada e um assento de válvula, que é capaz de ser acionado de maneira hermética pelo corpo de válvula e está localizado na extremidade do canal de entrada oposta à que se comunica com o cilindro. O dispositivo de regulação compreende um corpo acionador, que é acoplado ao corpo de válvula e pode mover-se entre uma posição passiva, na qual ele permite que o corpo de válvula aja de maneira hermética sobre o assento de válvula, e uma posição ativa, na qual não permite que o corpo de válvula atue de maneira hermética sobre o assento de válvula; o corpo acionador é acoplado a um acionador eletromagnético, que é capaz de deslocar o corpo acionador entre a posição passiva e a posição ativa.

[006] Conforme informado acima, nas bombas de alta pressão com velocidade de fluxo variável descritas acima, a velocidade de fluxo de uma bomba de alta pressão é variada através da variação do tempo de fechamento da válvula de entrada da mencionada bomba de alta pressão; particularmente, a velocidade de fluxo é reduzida através do atraso do tempo de fechamento da válvula de entrada e é aumentada através do avanço do tempo de fechamento da válvula de entrada.

[007] De forma geral, as bombas de alta pressão descritas acima com velocidade de fluxo variável possuem dois cilindros, ao longo dos quais corre um pistão que completa

um ciclo (ou seja, realiza um impulso de entrada e um impulso de bombeamento) para cada duas revoluções da haste de direcionamento; desta forma, para cada duas revoluções completas da haste de direcionamento, a bomba de alta pressão realiza dois impulsos de bomba (um para cada cilindro da bomba de alta pressão). Em motor a combustão interna de quatro cilindros e quatro impulsos, para cada revolução completa da haste de direcionamento, tem lugar um impulso de bomba da bomba de alta pressão e a fase de injeção de dois injetores. Quando a velocidade de fluxo necessária for igual ou próxima da velocidade máxima de fluxo da bomba, os dois injetores que realizam a fase de injeção durante qualquer revolução da haste de direcionamento injetam o combustível enquanto um pistão da bomba de alta pressão está bombeando o combustível para o trilho comum; quando a velocidade de fluxo necessária for menor que a velocidade máxima de fluxo da bomba de alta pressão, o impulso da bomba é sufocado e, desta forma, um primeiro injetor que realiza a fase de injeção durante qualquer revolução da haste de direcionamento injeta o combustível enquanto nenhum pistão da bomba de alta pressão estiver bombeando combustível para o trilho comum, enquanto um segundo injetor que realiza a fase de injeção durante qualquer revolução da haste de direcionamento injeta o combustível enquanto um pistão da bomba de alta pressão estiver bombeando combustível para o trilho comum. A disparidade descrita acima, que surge entre os dois injetores que realizam a fase de injeção durante a mesma revolução da haste de direcionamento, resulta em disparidade na quantidade de combustível injetada pelos dois injetores com tempo de injeção idêntico, com óbvias repercussões sobre a operação correta do motor; além disso, esta disparidade nem sempre ocorre até o mesmo ponto, mas existe diferença substancial quando a velocidade de fluxo necessária da bomba de alta pressão é menor que certo valor limite que corresponde ao valor no qual a sufocação da bomba de alta pressão coincide com o início da fase de injeção do primeiro injetor para injetar, fora dos dois injetores que realizam a fase de injeção durante a mesma revolução da haste de direcionamento.

[008] A fim de superar a desvantagem descrita acima, ao menos em parte, propôs-se o uso de uma bomba de alta pressão com velocidade de fluxo variável que possui dois cilindros, ao longo de cada um dos quais corre um pistão que completa um ciclo (ou seja, realiza um impulso de entrada e um impulso de bombeamento) para cada revolução da haste de direcionamento. Desta forma, em um motor a combustão interna de quatro cilindros e quatro impulsos, para cada revolução completa da haste de direcionamento, têm lugar dois impulso de bomba da bomba de alta pressão e a fase de injeção de dois injetores; desta forma, apenas uma fase de injeção de um dos injetores sempre tem lugar durante cada impulso de bomba da bomba de alta pressão. Quando a velocidade de fluxo necessária for igual ou próxima da velocidade máxima de fluxo da bomba, todos os injetores injetam o combustível enquanto um pistão da bomba de alta pressão está

bombeando o combustível para o trilho comum; quando a velocidade de fluxo necessária for menor que a velocidade máxima de fluxo da bomba de alta pressão, o impulso da bomba é sufocado e todos os injetores injetam o combustível enquanto nenhum pistão da bomba de alta pressão estiver bombeando combustível para o trilho comum. Obviamente, a disparidade de comportamento dos dois injetores é reduzida porque, dentro de qualquer intervalo de controle, todos os injetores realizam a injeção enquanto um pistão da bomba de alta pressão estiver bombeando combustível para o trilho comum, ou todos os injetores realizam a injeção enquanto nenhum pistão da bomba de alta pressão estiver bombeando combustível para o trilho comum; entretanto, leve disparidade de comportamento permanece pelo fato de que, em alguns intervalos de controle, os injetores possuem certas características dinâmicas, pois estão injetando enquanto um pistão da bomba de alta pressão está bombeando combustível para o trilho comum, enquanto, em outros intervalos de controle, os injetores possuem características dinâmicas diferentes, pois estão injetando enquanto nenhum pistão da bomba de alta pressão está bombeando combustível para o trilho comum.

[009] Além disso, fazer com que os pistões da bomba de alta pressão realizem um ciclo (ou seja, um impulso de entrada e um impulso de bombeamento) sobre cada revolução da haste de direcionamento em vez de um ciclo a cada duas revoluções da haste de direcionamento permite dobrar a velocidade média dos mencionados pistões com óbvios problemas de resistência mecânica e confiabilidade ao longo do tempo. Alternativamente, propôs-se o uso de bombas de alta pressão equipadas com quatro cilindros e, desta forma, com quatro pistões, cada um dos quais realizando um ciclo a cada duas revoluções da haste de direcionamento; embora esta solução seja de implementação mais direta, entretanto, ela envolve custos e volume da bomba de alta pressão substancialmente mais altos.

[0010] A Patente Européia nº EP 1130250 A1 descreve uma bomba que possui um abrigo com câmara de trabalho, pistão em movimento recíproco montado de forma giratória em volta do seu eixo longitudinal e pelo menos uma abertura de entrada; a abertura no invólucro do pistão é conectada à câmara de trabalho, interage com a abertura de entrada e é projetada de tal forma que o líquido que flui para a câmara de trabalho possa ser ajustado para girar o pistão, que possui ranhura radial com profundidade radial de pelo menos um por cento do diâmetro do pistão. A bomba possui um abrigo de bomba com câmara de trabalho, pistão em movimento recíproco montado de forma giratória em volta do seu eixo longitudinal e pelo menos uma abertura de entrada; uma abertura no invólucro do pistão é conectada à câmara de trabalho, interage com a abertura de entrada e é projetada de tal forma que o líquido que flui para a câmara de trabalho possa ser ajustado para girar o pistão. Uma ranhura que se estende ao longo

da periferia do pistão possui profundidade radial que representa pelo menos um por cento do diâmetro do pistão.

[0011] A Patente Européia nº EP 0501459 A1 descreve um sistema de injeção de combustível de trilho comum para um motor que inclui um trilho comum para armazenagem de combustível; uma série de bombas fornece combustível para o trilho comum. O combustível é injetado no motor a partir do trilho comum e executa-se controle de retroalimentação sobre a pressão do combustível no trilho comum; um dispositivo serve para detectar se há ou não falha em pelo menos uma das bombas e uma disposição reduz a pressão do combustível no trilho comum quando o dispositivo de detecção detectar falha em pelo menos uma das bombas.

[0012] A Patente Européia nº EP 1241338 A1 descreve um sistema de fornecimento de combustível que reduz a irregularidade das velocidades de injeção de cilindros em um sistema de fornecimento de combustível de um motor a injeção direta que utiliza uma bomba de êmbolo único de deslocamento variável; a irregularidade das velocidades de injeção de cilindros pode ser reduzida através de construção de tal forma que a came que dirige a bomba de combustível de alta pressão possa realizar um movimento recíproco enquanto o motor realiza explosões por dois cilindros e faz com que o controlador estenda a amplitude do tempo de injeção de um dos dois injetores que injetam durante uma descarga da bomba de combustível de alta pressão e reduza a amplitude do tempo de injeção do outro injetor.

[0013] A Patente Européia nº EP 0962650 A1 descreve um aparelho de injeção de combustível do tipo acumulador que possui uma série de válvulas de injeção de combustível para cilindros individuais correspondentes de um motor; as válvulas de injeção de combustível são conectadas a uma câmara acumuladora de pressão comum que é conectada a um lado de ejeção de uma bomba de combustível. O combustível é bombeado da bomba de combustível para a câmara acumuladora de pressão e fornecido em seguida para os cilindros através das válvulas de injeção de combustível correspondentes; o tempo de bombeamento de combustível da bomba de combustível é ajustado com relação ao tempo de injeção de combustível, de tal forma que uma variação da pressão de combustível na câmara de acúmulo de pressão no momento do início de uma operação de injeção de combustível seja menor que valor ajustado previamente determinado.

[0014] O propósito da presente invenção é o de fornecer um método de injeção direta de combustível em um motor a combustão interna, método este que não apresente as desvantagens descritas acima e que seja, particularmente, de implementação simples e econômica.

[0015] A presente invenção fornece um método de injeção direta de combustível em um motor a combustão interna conforme indicado nas reivindicações anexas.

[0016] A presente invenção será agora descrita com referência aos desenhos anexos, que ilustram algumas de suas realizações não limitadoras, nos quais:

- a Figura 1 é uma vista em diagrama de um sistema de injeção direta de combustível do tipo trilho comum produzido segundo a presente invenção;
- a Figura 2 é uma vista em diagrama em seção cruzada de uma bomba de alta pressão do sistema da Figura 1;
- a Figura 3 exibe gráficos da variação da velocidade de fluxo da bomba de alta pressão da Figura 2 em diferentes estados de operação;
- a Figura 4 exibe gráficos da variação da velocidade de fluxo da bomba de alta pressão da Figura 2 em diferentes estados de operação e segundo realização diferente das estratégias de controle; e
- a Figura 5 exibe gráficos da variação da velocidade de fluxo em diferentes estados de operação de uma bomba de alta pressão produzida segundo realização diferente.

[0017] Na Figura 1, (1) indica um sistema do tipo trilho comum para injeção direta de combustível em um motor a combustão interna equipado com quatro cilindros (não exibidos em detalhes). O sistema de injeção (1) compreende quatro injetores (2), cada um dos quais é capaz de injetar combustível diretamente na coroa de um cilindro correspondente (não exibido em detalhes) do motor e recebe o combustível pressurizado de um trilho comum (3). Uma bomba de alta pressão (4) fornece o combustível ao trilho comum (3) por meio de um tubo (5) e é equipada com um dispositivo (6) para regular a velocidade de fluxo dirigido por uma unidade de controle (7) capaz de manter a pressão do combustível no interior do trilho (3) em valor desejado, que é geralmente variável ao longo do tempo em função das condições de operação do motor. Uma bomba de baixa pressão (8) com velocidade de fluxo substancialmente constante fornece o combustível a partir de um tanque (9) para a bomba de alta pressão (4) por meio de um tubo (10).

[0018] Geralmente, a unidade de controle (7) regula a velocidade de fluxo da bomba de alta pressão (4) por meio de controle de retroalimentação, utilizando como variável de retroalimentação o nível da pressão do combustível no interior do trilho comum (3), em que o mencionado nível de pressão é detectado em tempo real por um sensor (11).

[0019] Conforme exibido na Figura 2, a bomba de alta pressão (4) compreende um par de cilindros (12) (dos quais apenas um é exibido na Figura 2), cada um dos quais equipado com um pistão (13) com movimento recíproco no interior do cilindro (12) sob o impulso de transmissão mecânica (conhecida e não exibida); particularmente, a mencionada transmissão mecânica toma o seu movimento a partir de uma haste de direcionamento (não exibida) do motor e é capaz de fazer com que cada pistão (13) realize um ciclo (ou seja, um impulso de entrada e um impulso de bombeamento) para cada duas revoluções da haste de direcionamento. Desta forma, para cada duas revoluções da haste de direcionamento, cada cilindro (12) da bomba de alta pressão (4)

realiza uma fase de compressão ou impulso de bomba e a bomba de alta pressão (4) realiza dois impulsos de bomba; o acionamento de um pistão (3) é alterado a 360° fora de fase com relação ao acionamento do outro pistão (13), de tal forma que os impulsos de bomba dos dois pistões (13) não sejam sobrepostos entre si, mas sejam distribuídos simetricamente, de forma a produzir uma fase de compressão ou impulso de bomba da bomba de alta pressão (4) sobre cada revolução da haste de direcionamento.

[0020] Sobre a coroa de cada cilindro (12), existe um canal de entrada (14) conectado à bomba de baixa pressão (8) por meio do tubo (10) e um canal de fornecimento (15) conectado ao trilho comum (3) por meio do tubo (5). O canal de entrada (14) é controlado por uma válvula de entrada bidirecional (16), ou seja, uma que seja capaz de permitir que o combustível passe para dentro e para fora do cilindro (12), enquanto o canal de fornecimento (15) é regulado por uma válvula de fornecimento sem retorno (17) que somente permite o fluxo do combustível para fora do cilindro (12).

[0021] A válvula de entrada (16) compreende um corpo de válvula (18) que é móvel ao longo do canal de entrada (14) e um assento de válvula (19), que é capaz de ser acionado de maneira hermética pelo corpo de válvula (18) e está localizado na extremidade do canal de entrada (14) oposta à extremidade que se comunica com o cilindro (12); uma mola (20) é capaz de empurrar o corpo de válvula (18) em direção a uma posição de encaixe hermético com o assento de válvula (19). A válvula de entrada (16) é normalmente acionada por pressão, de tal forma que as forças que se originam das diferenças de pressão ao longo da válvula de entrada (16) sejam maiores que a força gerada pela mola (20); particularmente, na ausência de intervenção externa, a válvula de entrada (16) é fechada quando a pressão do combustível no interior do cilindro (12) for mais alta que a pressão do combustível no interior do tubo (10) e é aberta quando a pressão do combustível no interior do cilindro (12) for mais baixa que a pressão do combustível no interior do tubo (10).

[0022] A válvula de fornecimento (17) compreende um corpo de válvula (21) que é móvel ao longo do canal de fornecimento (15) e um assento de válvula (22), que é capaz de ser acionado de maneira hermética pelo corpo de válvula (21) e está localizado na extremidade do canal de fornecimento (15) oposta à extremidade que se comunica com o cilindro (12); uma mola (23) é capaz de empurrar o corpo de válvula (21) em direção a uma posição de encaixe hermético com o assento de válvula (22). A válvula de fornecimento (17) é acionada por pressão, de tal forma que as forças que se originam das diferenças de pressão ao longo da válvula de fornecimento (17) são muito maiores que a força gerada pela mola (23); particularmente, na ausência de intervenção externa, a válvula de fornecimento (17) é aberta quando a pressão do combustível no interior do cilindro (12) for mais alta que a pressão do combustível no interior do tubo (5) (ou seja, no interior do trilho comum (3)) e é fechada quando a pressão do combustível no interior do

cilindro (12) for mais baixa que a pressão do combustível no interior do tubo (5) (ou seja, no interior do trilho comum (3)).

[0023] O dispositivo de regulagem (6) é acoplado à válvula de entrada (16), a fim de permitir que a unidade de controle (7) mantenha a válvula de entrada (16) aberta durante fase de compressão do pistão (13) e, portanto, permitir fluxo de combustível para fora do cilindro (12) através do canal de entrada (14). O dispositivo de regulagem (6) compreende uma vara de acionamento (24), que é acoplada ao corpo de válvula (18) da válvula de entrada (16) e é móvel ao longo de trajeto linear que é paralelo à direção de fluxo do combustível através do canal de entrada (14); particularmente, a vara de acionamento (24) é móvel entre uma posição passiva, na qual permite que o corpo de válvula (18) aja de maneira hermética sobre o assento de válvula correspondente (19), e uma posição ativa, na qual ela não permite que o corpo de válvula (18) aja de maneira hermética sobre o assento de válvula correspondente (19). O dispositivo de regulagem (6) também compreende um acionador eletromagnético (25), que é acoplado à vara de acionamento (24), a fim de deslocar a mencionada vara de acionamento (24) entre a posição ativa e a posição passiva. O acionador eletromagnético (25), por sua vez, compreende uma mola (26) capaz de manter a vara de acionamento (24) na posição ativa e um eletromagneto (27) dirigido pela unidade de controle (7) e capaz de deslocar a vara de acionamento (24) para a posição passiva, atraindo magneticamente uma armação ferromagnética (28) integral com a vara de acionamento (24); particularmente, quando o eletromagneto (27) for excitado, a vara de acionamento (24) é devolvida para a posição passiva mencionada e o canal de entrada (14) pode ser fechado pela válvula de entrada (16).

[0024] A mola (26) do acionador eletromagnético (25) exerce força maior que a mola (20) da válvula de entrada (16) e, portanto, em condições de repouso (ou seja, na ausência de forças hidráulicas significativas e com o eletromagneto (27) não excitado), a vara (24) é colocada na sua posição ativa e a válvula de entrada (16) é aberta (ou seja, é uma válvula normalmente aberta). Por outro lado, em condições de repouso (ou seja, na ausência de forças hidráulicas significativas), a válvula de fornecimento (17) é fechada (ou seja, é uma válvula normalmente fechada).

[0025] Segundo a realização ilustrada na Figura 2, a vara (24) repousa contra o corpo de válvula (18) da válvula de entrada (16), que é empurrada em direção à vara (24) pela ação da mola (20). Segundo outra realização, que não é ilustrada, a vara (24) é integral ao corpo de válvula (18) e é possível eliminar a mola (20).

[0026] O dispositivo regulador (6) pode ser dirigido pela unidade de controle (7), a fim de trazer a vara de acionamento (24) para a posição ativa somente quando a pressão do combustível no interior do cilindro (12) estiver em nível relativamente baixo (substancialmente da ordem de magnitude da pressão fornecida pela bomba de baixa

pressão (8)), pois o acionador eletromagnético (25) não é absolutamente capaz de superar a pressão do combustível gerada pela fase de bombeamento do pistão (13). Em outras palavras, o dispositivo regulador (6) pode manter a vara de acionamento (24) na posição ativa, ou seja, pode manter a válvula de entrada (16) aberta, somente no início de fase de bombeamento do pistão (13), mas não é capaz de trazer a vara de acionamento (24) para a posição ativa, ou seja, de abertura da válvula de entrada (16), durante fase de bombeamento do pistão (13).

[0027] A unidade de controle (7) pode acionar o eletromagneto (27) com pulso de corrente que seja de duração limitada e constante (por exemplo, menos de 2 mseg com acionamento do pistão (13) realizado a 3000 rpm); de fato, após o eletromagneto (27) haver trazido a vara de acionamento (24) para a posição passiva, atraindo a armação (28) para si, a válvula de entrada (16) fecha e pressão comparativamente muito alta é gerada quase instantaneamente no interior do cilindro (12), em que a mencionada pressão exerce sobre o corpo de válvula (18) da válvula de entrada (16) força que é consideravelmente mais alta que a exercida pela mola (26) do acionador (25). Portanto, caso o eletromagneto (27) eventualmente deixe de agir, a mola (26) do acionador (25) não é capaz de reabrir a válvula de entrada (16) até a queda da pressão no interior do cilindro (12) para nível relativamente baixo, ou seja, até o início da próxima fase de entrada do pistão (13). O acionamento do eletromagneto (27) com pulso de corrente que seja de duração limitada e constante é decididamente vantajoso, por permitir a restrição do consumo de energia do eletromagneto (27) no mínimo essencial, permitir a redução dos custos dos circuitos elétricos associados por poderem ser dimensionados de forma a operar com níveis dissipados muito baixos de energia elétrica e por possibilitar a simplificação do circuito de controle para o eletromagneto (27).

[0028] Segundo realização preferida, ao longo do tubo (10) abaixo no fluxo da bomba de baixa pressão (8), é inserida uma válvula de sobrepressão (29) que serve para descarregar o combustível do tubo (10) para o tanque (9) quando a pressão no interior do tubo (10) exceder um valor limite previamente estabelecido devido ao refluxo de combustível do cilindro (12). A função da válvula de sobrepressão (29) é evitar que a pressão no interior do tubo (10) atinja valores relativamente altos que poderão, ao longo do tempo, gerar a falha da bomba de baixa pressão (8).

[0029] A superfície superior (30) de cada pistão (13) é equipada com uma abertura de entrada (31) para um canal (32) que se estende no interior do pistão (13) e termina em uma abertura de saída (33) fornecida sobre a superfície lateral (34) do mencionado pistão (13). A superfície lateral (35) do cilindro (12) é equipada com uma porta de descarga (36), que é conectada ao tanque de combustível (9) por meio de um duto de descarga (37) e é posicionada de forma a ser alinhada com a abertura de saída (33) do canal (32) e oposta a esta durante o impulso para cima ou o impulso para baixo do pistão (13). A posição da

porta de descarga (36) é selecionada de tal forma a estar sempre coberta pela superfície lateral do pistão (13), mesmo quando o mencionado pistão (13) estiver localizado no seu centro morto inferior. A posição da abertura de saída (33) do canal (32) é selecionada de tal forma que a abertura de saída (33) é oposta à porta de descarga (36) quando o pistão (13) estiver localizado a meio caminho do impulso para cima (e, obviamente, a meio caminho do impulso para baixo). Segundo outra realização, não exibida, o duto de descarga (37) que se comunica com a porta de descarga (36) é regulado por uma válvula de descarga sem retorno capaz de somente permitir o fluxo do combustível para fora do cilindro (12) em direção ao tanque de combustível (9).

[0030] No uso, durante o impulso para baixo ou impulso de entrada de cada pistão (13) no interior do cilindro (12), é gerado vácuo e quantidade constante de combustível igual à capacidade do cilindro (12) é introduzida no cilindro (12) através do canal de entrada (14). A meio caminho do impulso para baixo do pistão (13), a abertura de saída (33) do canal (32) encontra-se em local oposto à porta de descarga (36); entretanto, sob estas condições, não há passagem apreciável de combustível através da porta de descarga (36), pois a pressão do combustível presente na parte superior do cilindro (12) é baixa e substancialmente similar à pressão presente no interior do tanque de combustível (9).

[0031] Uma vez que o pistão (13) haja atingido seu centro morto inferior, a parte superior do cilindro (12) está cheia de combustível e o pistão (13) inverte a direção do seu impulso, iniciando seu impulso para cima ou impulso de compressão. Existe mais combustível presente na parte superior do cilindro (12) que o necessário para obter o valor de pressão desejado no interior do trilho comum (3); portanto, uma parte do combustível presente na parte superior do cilindro (12) deve ser descarregada, de forma a fornecer ao trilho comum (3) apenas a quantidade de combustível necessária para atingir o valor de pressão desejado no interior do trilho comum (3).

[0032] As Figuras 3 exibem o padrão da velocidade de fluxo geral da bomba de alta pressão (4) em direção ao trilho comum (3) em função do ângulo do motor, ou seja, em função da posição angular da haste de direcionamento, sob duas condições diferentes de operação. Particularmente, a Figura 3a exibe o caso em que a unidade de controle (7) não atua sobre a válvula de entrada (16) que, desta forma, fecha assim que o pistão (13) comprime o combustível presente no interior do cilindro (12) até nível de pressão maior que o nível de pressão presente no tubo (10); em seguida, a pressão no interior do cilindro (12) eleva-se ainda mais, até atingir níveis tais a causar a abertura da válvula de fornecimento (17) e, desta forma, permitir o fornecimento do combustível sob pressão a partir do cilindro (12) até o trilho comum (3). Esta situação é mantida até a metade do caminho do impulso para cima do pistão quando a abertura de saída (33) do canal (32) estiver em local oposto à porta de descarga (36); neste ponto, uma parte do combustível presente na parte superior do cilindro (12) flui através do duto de descarga (37) porque a

pressão do combustível presente na parte superior do cilindro (12) é muito mais alta que a pressão do combustível no duto de descarga (37). Conseqüentemente, a pressão do combustível no interior do cilindro (12) cai rapidamente até atingir níveis próximos da pressão do combustível no tubo (10) e a válvula de fornecimento (17), conseqüentemente, fecha. A mencionada situação prevalece enquanto a abertura de saída (33) do canal (32) encontrar-se em comunicação com a porta de descarga (36); assim que o impulso para cima do pistão (13) mover a abertura de saída (33) do canal (32) para longe da porta de descarga (36), o fluxo de combustível através do duto de descarga (37) cessa e a pressão do combustível no interior do cilindro (12) eleva-se uma vez mais até a reabertura da válvula de fornecimento (17). Quando o pistão (13) passar do centro morto superior e iniciar o impulso para baixo ou impulso de entrada, a pressão do combustível no interior do cilindro (12) cai até níveis baixos, causando o fechamento da válvula de fornecimento (17).

[0033] A situação explicada acima é claramente visível na Figura 3a, na qual o padrão da velocidade de fluxo da bomba de alta pressão (4) em direção ao trilho comum (3) é exibido em função do ângulo do motor (ou seja, da posição angular da haste de direcionamento); particularmente, o padrão da velocidade de fluxo da bomba de alta pressão (4) em direção ao trilho comum (3) é exibido durante duas revoluções completas sucessivas da haste de direcionamento, ou seja, ao longo de 720° de revolução do motor. Na Figura 3a, o efeito do canal (32) é claramente visível, produzindo uma lacuna (H) na velocidade de fluxo da bomba de alta pressão (4) em direção ao trilho comum (3) em cerca de 180° e cerca de 440°, ou seja, correspondendo a meio caminho do impulso para cima dos pistões (13).

[0034] A Figura 3a exibe o caso em que se solicita que a bomba de alta pressão (4) forneça a máxima quantidade possível de combustível ao trilho comum (3), ou seja, o caso em que a unidade de controle (7) não age de nenhuma forma sobre a válvula de entrada (16) que, conseqüentemente, fecha assim que o pistão (13) inicia o impulso para cima. A Figura 3b, por outro lado, exibe o caso em que se solicita que a bomba de alta pressão (4) forneça quantidade de combustível ao trilho comum (3) que é menor que a quantidade máxima possível, ou seja, o caso em que a unidade de controle (7) age sobre a válvula de entrada (16) que, conseqüentemente, permanece aberta por um certo intervalo de sufocação angular (A) (correspondente a um certo intervalo de tempo) durante o impulso para cima de cada pistão (13), a fim de permitir que certa proporção do combustível presente no cilindro (12) seja reintroduzida no tubo (10). A duração do intervalo de sufocação angular (A) depende da quantidade de combustível a ser fornecida ao trilho comum (3) e pode variar de um mínimo de zero (conforme exibido na Figura 3a, correspondente ao caso de velocidade máxima de fluxo da bomba de alta pressão (4) em direção ao trilho comum (3) e máximo de cerca de 180° (correspondente ao caso em que

a válvula de entrada (16) está sempre aberta e velocidade de fluxo zero da bomba de alta pressão (4) em direção ao trilho comum (3)).

[0035] Particularmente, durante fase inicial do impulso para cima, a unidade de controle (7) não permite o fechamento da válvula de entrada (16), que, conseqüentemente, permanece aberta pelo intervalo de sufocação angular (A); desta maneira, a pressão no interior do cilindro (12) não atinge níveis tais a permitir que a válvula de fornecimento (17) abra-se e uma parte do combustível deixe o cilindro (12) em direção ao tubo (10), fluindo através do canal de entrada (14). Após a passagem do intervalo de sufocação angular (A), a unidade de controle (7) dirige o dispositivo regulador (6) de forma a trazer a vara de acionamento (24) para a posição passiva e assim permitir o fechamento da válvula de entrada (16) como resultado do conseqüente aumento da pressão do combustível no interior do cilindro (12); neste ponto, a pressão no interior do cilindro (12) eleva-se devido ao impulso para cima do pistão (13), até atingir níveis tais a causar a abertura da válvula de fornecimento (17) e, desta forma, permitir o fornecimento do combustível sob pressão do cilindro (12) para o trilho comum (3). Devido à ação descrita acima do canal (32), a metade do caminho do impulso para cima do pistão (13), a pressão do combustível no interior do cilindro (12) cai distintamente, causando o fechamento da válvula de fornecimento (17); antes que a pressão no interior do cilindro (12) comece novamente a elevar-se, a unidade de controle (7) novamente dirige o dispositivo regulador (6) de forma a trazer a vara de acionamento (24) para a posição ativa, causando a abertura da válvula de entrada (16) pelo intervalo de sufocação angular (A). Uma parte do combustível presente no interior do cilindro (12) novamente deixa, desta forma, o mencionado cilindro (12) em direção ao tubo (10), fluindo através do canal de entrada (14). Após a passagem do intervalo de sufocação angular (A), a unidade de controle (7) dirige o dispositivo regulador (6) de forma a trazer a vara de acionamento (24) para a posição passiva e, desta forma, permitir o fechamento da válvula de entrada (16) como resultado do conseqüente aumento da pressão do combustível no interior do cilindro (12); neste ponto, a pressão no interior do cilindro (12) eleva-se devido ao impulso para cima do pistão (13) até atingir níveis tais a causar a abertura da válvula de fornecimento (17) novamente e, desta forma, permitir que o combustível seja fornecido sob pressão do cilindro (12) para o trilho comum (3). Quando o pistão (13) ultrapassar o centro morto superior e começar o impulso para baixo ou impulso de entrada, a pressão do combustível no interior do cilindro (12) cai de volta para níveis baixos, causando o fechamento da válvula de fornecimento (17).

[0036] Em outras palavras, durante qualquer impulso de bomba de cada pistão (13), ou seja, durante qualquer impulso para cima ou impulso de compressão do pistão (13), o fechamento atrasado da válvula de entrada (16) a fim de descarregar combustível do cilindro (12) para o tubo (10) é repetido por duas vezes durante o intervalo de sufocação

angular (A): primeira vez no início do impulso para cima do pistão (13) e segunda vez a meio caminho do impulso para cima do pistão (13), imediatamente após a lacuna (H) causada pelo canal (32).

[0037] Conforme indicado acima, o dispositivo regulador (6) pode ser dirigido pela unidade de controle (7), a fim de trazer a vara de acionamento (24) para a posição ativa somente quando a pressão do combustível no interior do cilindro (12) estiver em níveis baixos (substancialmente da ordem de magnitude da pressão fornecida pela bomba de baixa pressão (8)); segunda abertura da válvula de entrada (16) a meio caminho do impulso para cima do pistão (13) somente pode ser atingida graças à presença do canal (32), que causa redução substancial na pressão do combustível no interior do cilindro (12) a meio caminho do impulso para cima do pistão (13).

[0038] A fim de variar a quantidade de combustível fornecida pela bomba de alta pressão (4) para o trilho comum (3), ou seja, a fim de variar a velocidade média de fluxo da bomba de alta pressão (4), a unidade de controle (7) varia a quantidade de combustível descarregada através do canal de entrada (14), ou seja, ela varia o momento em que dirige o dispositivo de regulação (6) a fim de deslocar a vara de acionamento (24) da posição ativa para a posição passiva, conseqüentemente variando a duração do intervalo de sufocação angular (A); conforme indicado acima, a unidade de controle (7) varia o momento em que dirige o dispositivo de regulação (6) por meio de controle de retroalimentação, através da utilização como variável de retroalimentação do nível de pressão do combustível no interior do trilho comum (3), em que o mencionado nível de pressão é detectado em tempo real pelo sensor (11). Conforme indicado acima, a duração do intervalo de sufocação angular (A) depende da quantidade de combustível a ser fornecida ao trilho comum (3) e pode variar de mínimo de zero (conforme exibido na Figura 3a, que corresponde ao caso de velocidade máxima de fluxo da bomba de alta pressão (4) em direção ao trilho comum (3)) e máximo de cerca de 180° (correspondente ao caso em que a válvula de entrada (16) está sempre aberta e velocidade de fluxo zero da bomba de alta pressão (4) em direção ao trilho comum (3)).

[0039] Cada injetor (2) realiza a sua fase de injeção dentro de um intervalo de injeção angular (I), que possui tipicamente amplitude de não mais de 40° de revolução da haste de direcionamento; em outras palavras, dependendo da situação do motor, a fase de injeção de cada injetor (2) pode ser ampliada ou reduzida e pode ser avançada ou retardada, mas, em cada caso, o início e o final da injeção (ou o início da primeira injeção e o final da última injeção, no caso de diversas injeções) estão sempre dentro de um intervalo de injeção angular (I) que possui amplitude de não mais de 40° de revolução da haste de direcionamento.

[0040] Conforme exibido na Figura 3, o acionamento mecânico da bomba de alta pressão (4) é programado com relação à haste de direcionamento de tal forma que dois intervalos

de injeção (I) começam no início das fases de bombeamento (ou seja, a 0° e 360° de revolução da haste de direcionamento) e de tal forma que dois intervalos de injeção (I) iniciem-se a meio caminho através das fases de bombeamento, pouco depois da lacuna (H) (ou seja, a cerca de 180° e cerca de 440° de revolução da haste de direcionamento). Desta maneira, é óbvio que, quando os impulsos da bomba não são sufocados (Figura 3a), todos os quatro injetores (2) realizam injeção enquanto o pistão (13) da bomba de alta pressão (4) está bombeando combustível para o trilho comum (3); por outro lado, quando os impulsos da bomba são sufocados (Figura 3b), todos os quatro injetores (2) realizam injeção, enquanto o pistão (13) da bomba de alta pressão (4) não está bombeando combustível para o trilho comum (3) ou enquanto o pistão (13) da bomba de alta pressão (4) está bombeando combustível para o trilho comum (3), dependendo da duração do intervalo de sufocação angular (A). Em cada situação, todos os quatro injetores (2) sempre injetam sob condições gerais idênticas com benefícios óbvios em termos de simplicidade e eficiência de controle dos mencionados injetores (2).

[0041] Uma realização alternativa fornece a programação do acionamento mecânico da bomba de alta pressão (4) com relação à haste de direcionamento, de tal forma que dois intervalos de injeção (I) acabem a meio caminho das fases de bombeamento imediatamente antes da lacuna (H) (ou seja, a cerca de 180° e cerca de 440° de revolução da haste de direcionamento) e de tal forma que dois intervalos de injeção (I) terminem no final das fases de bombeamento (ou seja, a 360° e 720° de revolução da haste de direcionamento); esta realização coloca a ênfase sobre fazer com que os injetores (2) injetem enquanto o pistão (13) da bomba de alta pressão (4) estiver bombeando combustível no trilho comum (3).

[0042] Segundo outra realização exibida na Figura 4, a capacidade do cilindro da bomba de alta pressão (4) é sobreestimada com relação à realização descrita acima e exibida na Figura 3 e sempre se decide atrasar o fechamento da válvula de entrada (16) em intervalo angular pelo menos igual ao intervalo de injeção angular (I) sob cada condição de operação; em outras palavras, independentemente da quantidade de combustível a ser fornecida ao trilho comum (3), o tempo de fechamento da válvula de entrada (16) sempre é atrasado em intervalo angular pelo menos igual ao intervalo de injeção angular (I). A Figura 4a exibe a operação da bomba de alta pressão (4) correspondente ao fornecimento ao trilho comum (3) da máxima quantidade possível de combustível; nesta situação, o tempo de fechamento da válvula de entrada (16) é atrasado em intervalo angular igual ao intervalo de injeção angular (I). A Figura 4b exibe a operação da bomba de alta pressão (4) correspondente ao fornecimento ao trilho comum (3) de quantidade de combustível que é menor que a quantidade máxima possível de combustível; nesta situação, o tempo de fechamento da válvula de entrada (16) é atrasado em intervalo angular maior que o intervalo de injeção angular (I) e, particularmente, por intervalo

angular geral igual à soma do intervalo de injeção angular (I) e do intervalo de sufocação angular (A). Procedendo-se segundo a situação da Figura 4, todos os injetores (2) sempre realizam injeção enquanto o pistão (13) da bomba de alta pressão (4) não estiver bombeando combustível para o trilho comum (3), independentemente de se o impulso de bomba da bomba de alta pressão (4) é ou não sufocado. As vantagens desta realização são imediatamente óbvias, pois os injetores (2) sempre realizam injeção enquanto o pistão (13) da bomba de alta pressão (4) não estiver bombeando combustível, é possível tornar o controle dos mencionados injetores (2) mais simples e eficiente.

[0043] As realizações exibidas nas Figuras 1 a 4 referem-se a um motor que possui quatro cilindros e, desta forma, quatro injetores (2). Quando um motor possuir número maior de cilindros, tal como seis ou oito cilindros, e, desta forma, número maior de injetores (2), é possível ter duas ou três portas de descarga (36) dispostas de forma mutuamente simétrica ao longo da superfície lateral (35) do pistão (13), de forma a criar duas ou três lacunas (H) em cada impulso de bomba da bomba de alta pressão (4); desta maneira, é possível subdividir a sufocação do impulso de bomba de forma simétrica em três ou quatro fases, das quais a primeira encontra-se no início do impulso da bomba e as demais após cada lacuna (H).

[0044] Segundo realização adicional exibida na Figura 5, a bomba de alta pressão (4) compreende quatro cilindros (12), cada um dos quais equipado com um pistão (13) que possui movimento alternado no interior do cilindro (12) sob o impulso da transmissão mecânica (conhecida e não exibida); particularmente, a mencionada transmissão mecânica toma o seu movimento da haste de direcionamento (não exibida) do motor e é capaz de fazer com que cada pistão (13) realize um ciclo (ou seja, um impulso de entrada e um impulso de bombeamento) para cada duas revoluções da haste de direcionamento. Desta forma, para cada duas revoluções da haste de direcionamento, cada cilindro (12) realiza um impulso de bomba e a bomba de alta pressão (4) realiza quatro impulsos de bomba; o acionamento de cada pistão (3) é alterado fora de fase em múltiplo de 180° com relação ao acionamento dos outros pistões (13), de tal forma que os quatro impulsos de bomba não sejam sobrepostos entre si, mas sejam distribuídos simetricamente, de forma a obter um impulso de bomba da bomba de alta pressão (4) sobre cada revolução da haste de direcionamento.

[0045] Conforme exibido na Figura 5, como existem quatro impulsos de bomba da bomba de alta pressão (4) para cada duas revoluções da haste de direcionamento, a presença do canal (32) não é mais necessária, pois a injeção de um único injetor (2) corresponde a cada impulso de bomba da bomba de alta pressão (4). De maneira similar ao já indicado para a realização da Figura 4, sempre se decide atrasar o fechamento da válvula de entrada (16) em intervalo angular pelo menos igual ao intervalo de injeção angular (I) sob cada condição de operação; em outras palavras, independentemente da quantidade de

combustível a ser fornecida ao trilho comum (3), o tempo de fechamento da válvula de entrada (16) sempre é atrasado em intervalo angular pelo menos igual ao intervalo de injeção angular (I). A Figura 5a exibe a operação da bomba de alta pressão (4) correspondente ao fornecimento ao trilho comum (3) da máxima quantidade possível de combustível; nesta situação, o tempo de fechamento da válvula de entrada (16) é atrasado em intervalo angular igual ao intervalo de injeção angular (I). A Figura 5b exibe a operação da bomba de alta pressão (4) correspondente ao fornecimento ao trilho comum (3) de quantidade de combustível que é menor que a quantidade máxima possível de combustível; nesta situação, o tempo de fechamento da válvula de entrada (16) é atrasado em intervalo angular maior que o intervalo de injeção angular (I) e, particularmente, por intervalo angular geral igual à soma do intervalo de injeção angular (I) e do intervalo de sufocação angular (A). Procedendo-se segundo a situação da Figura 5, todos os injetores (2) sempre realizam injeção enquanto o pistão (13) da bomba de alta pressão (4) não estiver bombeando combustível para o trilho comum (3), independentemente de se o impulso de bomba da bomba de alta pressão (4) é ou não sufocado. As vantagens desta realização são imediatamente óbvias, pois os injetores (2) sempre realizam injeção enquanto o pistão (13) da bomba de alta pressão (4) não estiver bombeando combustível, é possível tornar o controle dos mencionados injetores (2) mais simples e eficiente.

Reivindicações

1. MÉTODO DE INJEÇÃO DIRETA DE COMBUSTÍVEL EM UM MOTOR A COMBUSTÃO INTERNA, no qual uma bomba de alta pressão (4) com velocidade de fluxo variável fornece o combustível a um trilho comum (3) que, por sua vez, fornece o combustível a uma série de injetores (2), cada um dos quais realiza a sua fase de injeção dentro de intervalo de injeção angular (I); em que a bomba de alta pressão (4) compreende uma série de cilindros (12), cada um dos quais é equipado com um pistão (13), uma válvula de entrada (16) e uma válvula de fornecimento (17); em que o método proporciona:

- que cada cilindro (12) da bomba de alta pressão (4) receba quantidade constante de combustível durante cada fase de entrada;
- que a velocidade de fluxo da bomba de alta pressão (4) seja regulada através de sufocação do impulso de bomba de cada cilindro (12) da bomba de alta pressão (4), de forma a fornecer ao trilho comum (3) fração variável do combustível presente no mencionado cilindro (12) ao final da fase de entrada; e
- que ação de sufocação de um impulso de bomba seja realizada para cada fase de injeção de um injetor (2);
- em que o método é **caracterizado** pelo fato de que o acionamento mecânico da bomba de alta pressão (4) é programado de tal forma que cada intervalo de injeção (I) esteja localizado no início de uma ação de sufocação correspondente e cada impulso de bomba seja sufocado pelo menos em intervalo angular que possua duração de não menos que os intervalos de injeção (I), independentemente da quantidade de combustível a ser fornecida ao trilho comum (3), de tal forma que a fase de injeção de cada injetor (2) sempre tenha lugar quando a bomba de alta pressão (4) não estiver bombeando combustível ao trilho comum (3).

2. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a bomba de alta pressão (4) realiza, em cada revolução de uma haste de direcionamento, uma série de impulsos de bomba igual ao número de injetores (2) que realizam a injeção durante uma única revolução da haste de direcionamento.

3. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que a bomba de alta pressão (4) compreende um número de cilindros (12) igual ao número de injetores (2).

4. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a bomba de alta pressão (4) realiza, em cada revolução de uma haste de direcionamento, um número de impulsos de bomba que é submúltiplo, particularmente a metade, do número de injetores (2) que realizam injeção durante uma única revolução da haste de direcionamento; sendo gerado para o impulso de bomba de cada cilindro (12) da bomba de alta pressão (4) pelo menos uma lacuna intermediária (H) no mencionado impulso de

bomba durante o qual a pressão de bombeamento é reduzida a zero; e sufocação de um único impulso de bomba de cada cilindro (12) da bomba de alta pressão (4) sendo subdividido simetricamente em pelo menos uma primeira ação de sufocação associada à fase de injeção de um primeiro injetor (2) e a uma segunda ação de sufocação associada à fase de injeção de um segundo injetor (2).

5. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que, durante qualquer impulso de bomba de cada cilindro (12) da bomba de alta pressão (4), a primeira ação de sufocação é realizada no início do impulso de bomba e a segunda ação de sufocação é realizada imediatamente após a lacuna intermediária (H); o acionamento mecânico da bomba de alta pressão (4) é programado de tal forma que os intervalos de injeção (I) sejam dispostos no início de um impulso de bomba ou imediatamente após lacuna intermediária (H).

6. MÉTODO, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **caracterizado** pelo fato de que o impulso de bomba de cada cilindro (12) da bomba de alta pressão (4) é sufocado através da variação do tempo de fechamento da válvula de entrada (16) do mencionado cilindro (12).

7. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato de que um dispositivo de regulagem (6) é acoplado à válvula de entrada (16), a fim de manter a válvula de entrada (16) aberta durante fase de compressão do pistão (13) e, portanto, permitir fluxo de combustível para fora do cilindro (12) através da mencionada válvula de entrada (16); a válvula de entrada (16) compreende um corpo de válvula móvel (18) e um assento de válvula (19), que é capaz de agir de maneira hermética sobre o corpo de válvula (18); o dispositivo de regulagem (6) compreende um corpo acionador (24), que é acoplado ao corpo de válvula (18) e pode mover-se entre uma posição passiva, na qual permite que o corpo de válvula (18) aja de maneira hermética sobre o assento de válvula (19), e posição ativa, na qual não permite que o corpo de válvula (18) aja de maneira hermética sobre o assento de válvula (19).

8. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato de que o dispositivo regulador (6) compreende um acionador eletromagnético (25), que é acoplado ao elemento acionador (24) a fim de deslocar o mencionado elemento acionador (24) entre a posição passiva e a posição ativa; em que o acionador eletromagnético (25) compreende uma mola (26) capaz de manter o elemento acionador (24) na posição ativa e um eletromagneto (27) capaz de deslocar o elemento acionador (24) para a posição passiva.

9. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de que o acionador eletromagnético (25) é controlado por meio de pulso de corrente com duração constante e nível relativamente baixo.

10. SISTEMA (1) DE INJEÇÃO DIRETA DE COMBUSTÍVEL EM UM MOTOR A COMBUSTÃO INTERNA, em que o sistema (1) compreende uma bomba de alta pressão (4) com velocidade de fluxo variável e um trilho comum (3) que é fornecido pela bomba de alta pressão (4) e, por sua vez, abastece uma série de injetores (2); a bomba de alta pressão (4) compreende uma série de cilindros (12), cada um dos quais é equipado com um pistão (13), uma válvula de entrada (16) e uma válvula de fornecimento (17); em que o sistema (1) proporciona:

- que cada cilindro (12) da bomba de alta pressão (4) receba quantidade constante de combustível durante cada fase de entrada;
- que a velocidade de fluxo da bomba de alta pressão (4) seja regulada através de sufocação do impulso de bomba de cada cilindro (12) da bomba de alta pressão (4), de forma a fornecer ao trilho comum (3) fração variável do combustível presente no mencionado cilindro (12) ao final da fase de entrada; e
- que ação de sufocação de um impulso de bomba seja realizada para cada fase de injeção de um injetor (2);
- em que o sistema é **caracterizado** pelo fato de que o acionamento mecânico da bomba de alta pressão (4) é programado de tal forma que cada intervalo de injeção (I) seja fornecido no início de uma ação de sufocação correspondente e cada impulso de bomba seja sufocado pelo menos em intervalo angular que possua duração de não menos que os intervalos de injeção (I), independentemente da quantidade de combustível a ser fornecida ao trilho comum (3), de tal forma que a fase de injeção de cada injetor (2) sempre tenha lugar quando a bomba de alta pressão (4) não estiver bombeando combustível para o trilho comum (3).

24

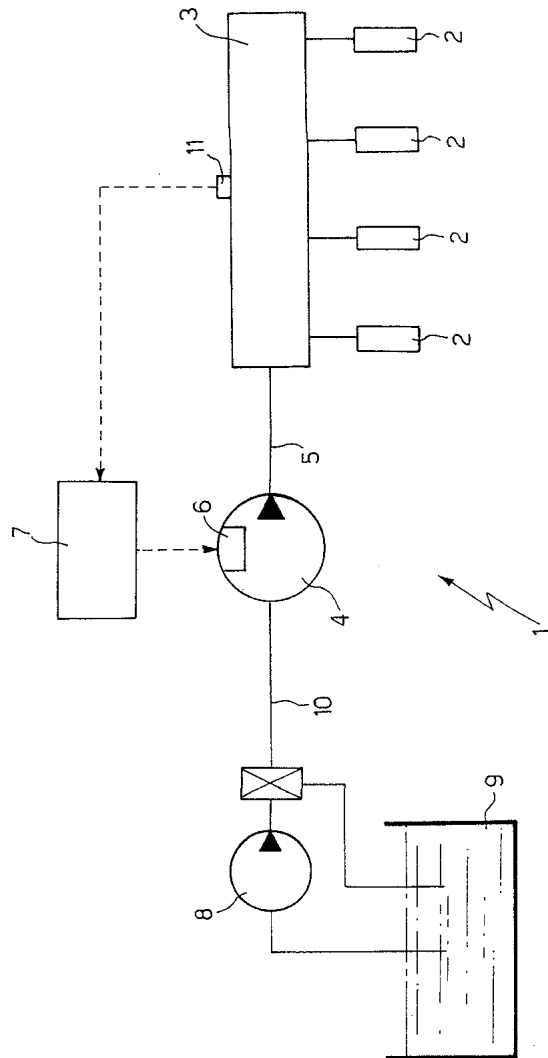
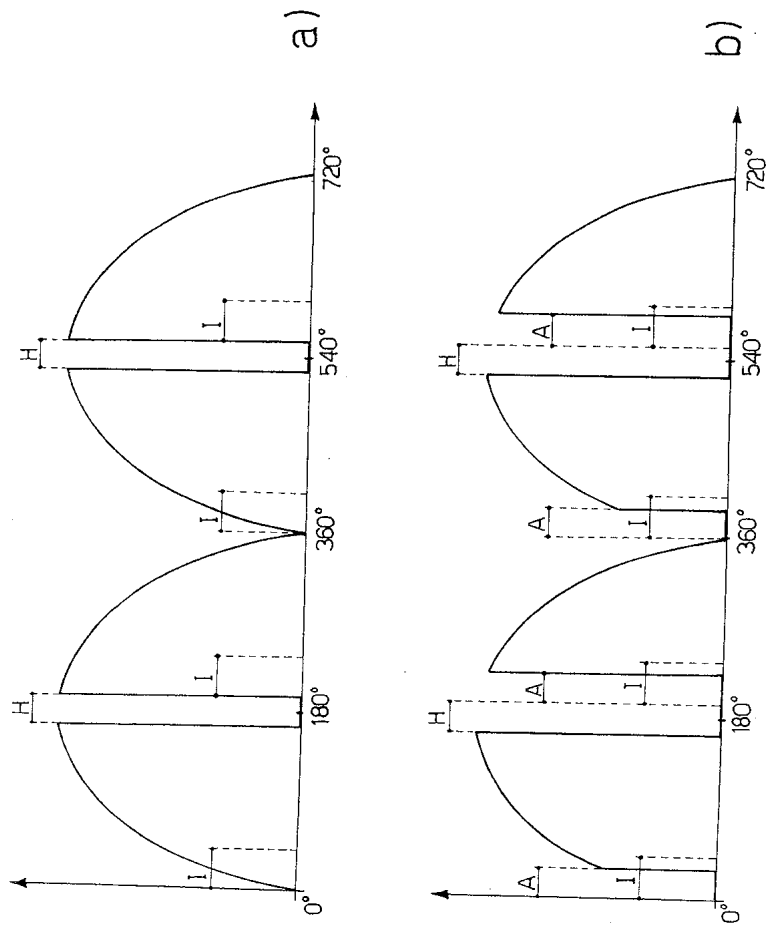


Fig.1



2x

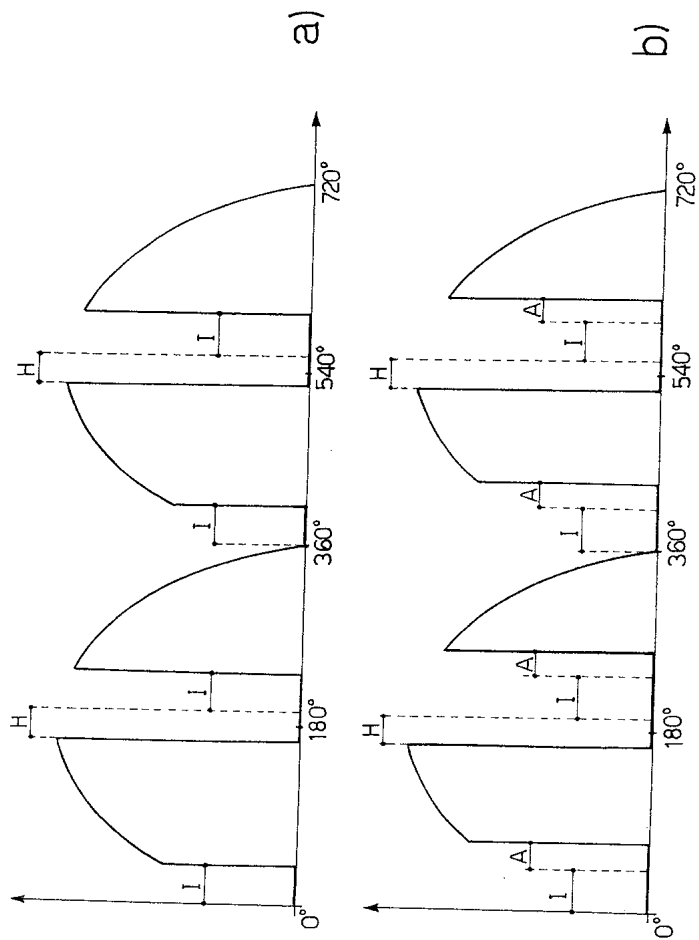


Fig4

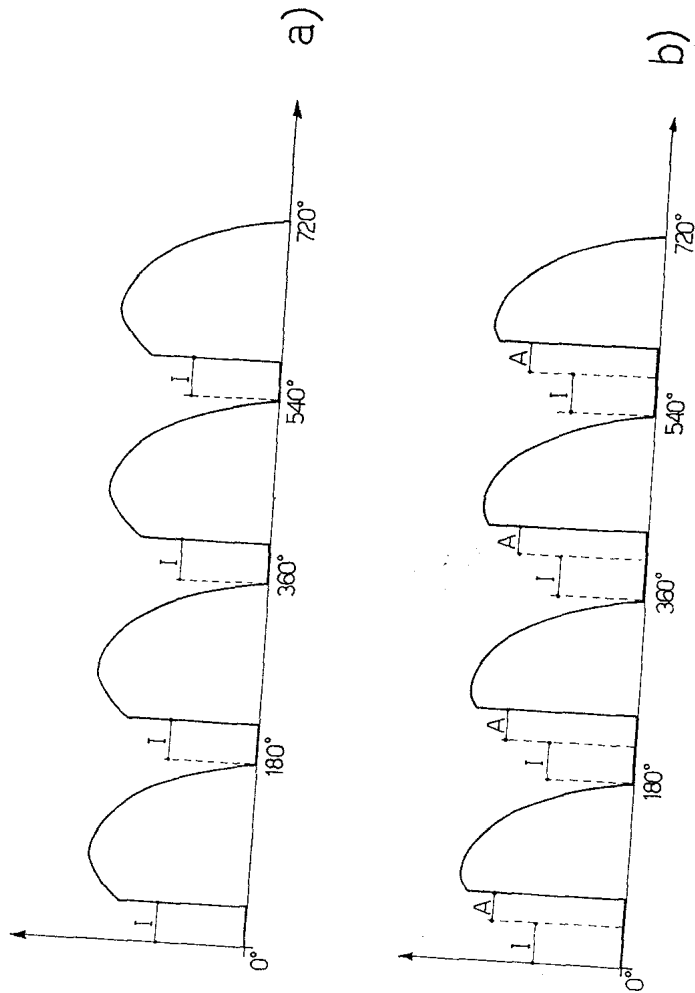


Fig.5

28