



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

(11) PI 0605375-0 B1

(22) Data do Depósito: 26/12/2006

(45) Data de Concessão: 28/08/2018



(54) Título: MÉTODO DE CONTROLE DE UM SISTEMA TIPO TRILHO COMUM PARA INJEÇÃO DE COMBUSTÍVEL DIRETA EM UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

(51) Int.Cl.: F02D 3/00

(30) Prioridade Unionista: 28/12/2005 EP 05425931.2

(73) Titular(es): MAGNETI MARELLI POWERTRAIN SPA

(72) Inventor(es): GABRIELE SERRA; MATTEO DE CESARE

(85) Data do Início da Fase Nacional: 26/12/2006

Relatório Descritivo de Patente de Invenção
para “**MÉTODO DE CONTROLE DE UM SISTEMA TIPO
TRILHO COMUM PARA INJEÇÃO DE COMBUSTÍVEL
DIRETA EM UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA**”.

5 CAMPO DA TÉCNICA

A presente invenção refere-se a um método de controle de um sistema do tipo trilho comum para uma injeção direta de combustível em um motor de combustão interna.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

10 Nos correntes sistemas de injeção direta de combustível do tipo trilho comum, uma bomba de baixa pressão supre combustível a partir de um tanque para uma bomba de alta pressão, que, por sua vez, supre combustível para um trilho comum. Uma série de injetores (um para cada cilindro do motor)
15 é conectada ao trilho comum, sendo estes injetores acionados em ciclos a fim de injetar parte de um combustível pressurizado presente no trilho comum em um respectivo cilindro. Se a combustão tiver que operar corretamente, é importante que o nível de pressão de combustível dentro do trilho comum se
20 mantenha a um nível constante desejado que, de modo geral, varia de acordo com o ponto do motor.

Para que o nível de pressão do combustível dentro do trilho comum se mantenha igual a um nível desejado, foi proposto se dimensionar uma bomba de alta pressão de modo
25 a suprir o trilho comum em qualquer estado operacional com uma quantidade de combustível que exceda o consumo em questão;

um regulador de pressão é acoplado ao trilho comum, cujo regulador mantém o nível de pressão de combustível dentro do trilho comum a um nível desejado por meio da descarga do combustível em excesso para um canal de recirculação que re-
5 introduz o próprio combustível em excesso a montante da bomba de baixa pressão. Um sistema de injeção deste tipo apresenta diversas falhas, tais como, a bomba de alta pressão deve ser dimensionada de modo a suprir o trilho comum com uma quantidade de combustível que exceda levemente o consumo
10 máximo possível; no entanto, este estado de consumo máximo possível ocorre em ocasiões relativamente raras e, em todos os outros estados operacionais, a quantidade de combustível suprido para o trilho comum pela bomba de alta pressão é muito maior que a consumida de fato e, deste modo, uma proporção
15 considerável de combustível deve ser descarregada pelo regulador de pressão para dentro do canal de recirculação. O trabalho realizado pela bomba de alta pressão no bombeamento de combustível que é em seguida descarregado pelo regulador de pressão é um trabalho “sem ponta”, e, portanto, este sistema de
20 injeção apresenta uma eficácia de energia muito baixa. Além disso, este sistema de injeção tem a tendência de superaquecer o combustível, como quando o excesso de combustível é descarregado pelo regulador de pressão para dentro do canal de recirculação, o próprio combustível passando de uma pressão
25 muito alta (também maior que 1000 bars) para uma pressão

substancialmente ambiente e tal queda de pressão tende a aumentar a temperatura do combustível.

A fim de superar os problemas acima descritos, uma solução propõe o uso de uma bomba de alta pressão de deslocamento variável capaz de suprir ao trilho comum apenas a
5 quantidade necessária de combustível para manter a pressão de combustível dentro do trilho comum igual a um nível requerido.

Por exemplo, o Pedido de Patente EP0481964A1 descreve uma bomba de alta pressão provida com
10 um atuador eletromagnético capaz de variar a proporção de escoamento da bomba de alta pressão instante a instante por meio da variação do instante de fechamento de uma válvula de admissão da própria bomba de alta pressão. Em outras palavras, a proporção de escoamento da bomba de alta pressão varia com o
15 instante fechamento da válvula de admissão da própria bomba de alta pressão; em particular, a proporção de escoamento diminui ao retardar o instante de fechamento da válvula de admissão e aumenta ao adiantar o instante de fechamento da válvula de admissão.

20 Um outro exemplo de uma bomba de alta pressão de deslocamento variável é provido pela Patente U.S. N. 6116870A1. A bomba de alta pressão descrita na Patente U.S. N. 6116870A1 compreende um cilindro provido com um pistão que se movimenta de maneira alternativa dentro de um cilindro, um
25 canal de admissão, um canal de soldura acoplado ao trilho comum, uma válvula de admissão capaz de permitir um fluxo de entrada

do combustível no cilindro; uma válvula de soltura de uma via acoplada ao canal de soltura e capaz de permitir que apenas combustível escoar no cilindro, e um dispositivo de regulação acoplado à válvula de admissão a fim de manter a válvula de admissão aberta durante um tempo de compressão do pistão e, portanto, permite que o combustível escoar no cilindro através do canal de admissão. A válvula de admissão compreende um corpo de válvula móvel ao longo do canal de admissão e um assento de válvula, que é capaz de ficar encaixado de uma maneira hermética a fluido por meio do corpo de válvula e fica disposto na extremidade do canal de admissão oposto à extremidade que se comunica com o cilindro. O dispositivo de regulação compreende um elemento de controle, que fica acoplado ao corpo de válvula e móvel entre uma posição passiva, na qual o mesmo permite que o corpo de válvula atue de uma maneira hermética ao fluido sobre o assento de válvula, e uma posição ativa, na qual o mesmo não permite que o corpo de válvula atue de uma maneira hermética ao fluido sobre o assento de válvula; o elemento de controle é acoplado a um atuador eletromagnético que é capaz de deslocar o elemento de controle entre a posição passiva e a posição ativa.

Em combinação com a bomba de alta pressão de deslocamento variável, um regulador de pressão controlado por uma unidade de controle pode estar presente a fim de liberar o combustível em excesso do trilho comum para um canal de recirculação. Neste caso, durante um transiente crescente de

pressão, a pressão dentro do trilho comum é controlada pela própria bomba de alta pressão, embora, durante um transiente decrescente, a pressão dentro do trilho comum é controlada pelo regulador de pressão. Esta solução construtiva que visa a presença
5 tanto da bomba de alta pressão de deslocamento variável como do regulador de pressão permite seguir de uma forma rápida e precisa o nível desejado de pressão de combustível dentro do trilho comum. No entanto, esta solução construtiva que visa a presença tanto da bomba de alta pressão de deslocamento variável
10 como do regulador de pressão tem, por outro lado, custos de fabricação.

A fim de reduzir os custos de fabricação, foi proposta a eliminação do regulador de pressão. Neste caso, durante um transiente crescente de pressão, a pressão dentro do
15 trilho comum é controlada pela própria bomba de alta pressão, enquanto, durante um transiente decrescente de pressão, a pressão dentro do trilho comum é ligeiramente limitada em função da proporção de escoamento do combustível usada pelos injetores na operação e em função da proporção de escoamento de
20 combustível perdido através dos vazamentos. É importante se observar que esta solução só pode ser usada na presença de injetores com uma agulha atuada hidraulicamente e não com injetores de agulha atuados eletromagneticamente, uma vez que apenas os injetores de agulha operados hidraulicamente
25 descarregam parte do combustível pressurizado recebido do trilho comum para um conduto de descarga na direção do tanque. Esta

solução construtiva sem regulador de pressão apresenta menores custos de fabricação, mas, por outro lado, não permite seguir de uma forma muito precisa o nível de pressão de combustível desejado dentro do trilho comum; tal limitação ocorrendo particularmente durante o estágio de corte de injetor durante o qual os injetores não são acionados e, portanto, nenhum combustível é injetado para dentro dos cilindros. Durante um estágio de corte de injeção, o nível de pressão de combustível dentro do trilho comum deve ser rapidamente reduzido a fim de se obter condições ótimas para a combustão (em particular, baixo barulho) quando a injeção de combustível termina, isto é, quando o motor começa a emitir torque novamente. No entanto, durante um estágio de corte de injeção, os injetores não são acionados e, deste modo, a única redução de pressão de combustível dentro do trilho comum é gerada pela proporção de escoamento de combustível perdido através dos vazamentos, sendo tal redução amplamente insuficiente com relação à redução desejada.

APRESENTAÇÃO DA INVENÇÃO

É o objeto da presente invenção prover um método de controle para um sistema do tipo trilho comum para uma injeção direta de combustível em um motor de combustão interna que não apresente as falhas acima mencionadas e, em particular, que seja fácil e econômico de se produzir.

De acordo com a presente invenção, um método de controle de um sistema do tipo trilho comum para a injeção

direta de combustível em um motor de combustão interna é provido conforme reivindicado nas reivindicações em anexo.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A presente invenção será a seguir descrita com referência aos desenhos em anexo que ilustram um exemplo não limitativo de modalidade, nos quais:

- a Figura 1 é uma vista esquemática de um sistema de injeção direta de combustível do tipo trilho comum produzido de acordo com a presente invenção;

10 - a Figura 2 é uma vista esquemática, em elevação lateral e em seção, de um injetor de combustível do sistema de injeção direta de combustível da Figura 1; e

- a figura 3 é uma vista ampliada de um detalhe da Figura 2.

15 MODALIDADES PREFERIDAS DA INVENÇÃO

Na Figura 1, o número 1 indica como um todo um sistema do tipo trilho comum para uma injeção direta de combustível em um motor de combustão interna 2 provido com 20 quatro cilindros 3. O sistema de injeção 1 compreende quatro injetores 4, cada um dos quais sendo capaz de injetar combustível diretamente em um respectivo cilindro 3 do motor 2 e de receber o combustível pressurizado a partir de um trilho comum 5.

Uma bomba de alta pressão 6 supre o 25 combustível para o trilho comum 5 através de um tubo 7 e é provida com um dispositivo de regulação de proporção de

escoamento 8 acionado por uma unidade de controle 9 capaz de manter a pressão de combustível dentro do trilho 5 igual ao nível desejado de modo geral variável em tempo de acordo com o ponto do motor (isto é, de acordo com os estados de corrida do motor).

- 5 Por exemplo, o dispositivo de regulação 8 compreende um atuador eletromagnético (não mostrado) capaz de variar a proporção de escoamento de combustível m_{HP} a partir da bomba de alta pressão 6 instante a instante ao variar o instante de fechamento de uma válvula de admissão (não mostrada) da
- 10 própria bomba de alta pressão. Em outras palavras, a proporção de escoamento de combustível m_{HP} a partir da bomba de alta pressão 6 varia ao variar o instante de fechamento da válvula de admissão (não mostrada) da própria bomba de alta pressão 6. Em particular, a proporção de escoamento de combustível m_{HP} torna-
- 15 se menor ao retardar o instante de fechamento da válvula de admissão (não mostrada) e aumenta ao adiantar o instante de fechamento da válvula de admissão (não mostrada).

Uma bomba de baixa pressão com uma proporção de escoamento essencialmente constante 10 supre o

20 combustível de um tanque 11 para a bomba de alta pressão 6 por meio de um tubo 12.

A unidade de controle 9 controla a proporção de escoamento de combustível m_{HP} a partir da bomba de alta pressão 6 por meio de um controle de realimentação usando uma variável

25 de realimentação do nível de pressão de combustível dentro do

trilho comum 5, e do nível da pressão detectada em tempo real por um sensor 13.

Cada injetor 4 é acionado em ciclos por meio de uma unidade de controle 9 para injetar combustível em um respectivo cilindro de motor 3. Os injetores 4 possuem um atuador de agulha hidráulico e são conectados a um canal de descarga 14, que tem uma pressão ambiente e se orienta a montante da bomba de baixa pressão 10, tipicamente para o tanque 11.

De acordo com o que é mostrado nas Figuras 2 e 3, cada injetor de combustível 4 se acomoda dentro de um corpo cilíndrico 15 possuindo um eixo geométrico longitudinal 16 e é controlado de modo a injetar combustível a partir de um bocal de injeção 17 regulado por uma válvula de injeção 18. Uma câmara de injeção 19 é obtida dentro do corpo cilíndrico 15, que é delimitado em sua parte inferior por um assento de válvula 20 da válvula de injeção 18 e acomoda de forma deslizante uma porção de fundo de uma agulha 21 da válvula de injeção 18, de modo que a agulha 21 possa se deslocar ao longo do eixo geométrico longitudinal 16 de acordo com a polarização de um dispositivo de atuação hidráulico 22 entre uma posição fechada e uma posição aberta do assento de válvula 20.

Uma porção superior da agulha 21 se acomoda em uma câmara de controle 23 e é acoplada a uma mola 24 que exerce sobre a própria agulha 21 uma força descendente que tende a manter a própria agulha 21 em uma posição fechada.

O corpo cilíndrico 15 apresenta ainda um canal de suprimento 25, que começa sobre uma extremidade superior do corpo cilíndrico 15 e supre o combustível pressurizado para a câmara de injeção 19; um outro canal de suprimento 26 se ramifica a partir do canal de suprimento 25, o canal de suprimento 26 sendo capaz de colocar em comunicação o canal de suprimento 25 e a câmara de controle 23 de modo a suprir o combustível pressurizado também para a câmara de controle 23.

A partir da câmara de controle 23 sai um conduto de descarga 27, que se conduz para uma porção superior do corpo cilíndrico 15 e coloca a câmara de controle 23 em comunicação com o canal de descarga 14; o conduto de descarga 27 é regulado por uma válvula de transmissão 28, que fica disposta próxima à câmara de controle 23 e é controlada por um atuador eletromagnético 29 entre uma posição fechada, na qual a câmara de controle 23 fica isolada do conduto de descarga 27, e uma posição aberta, na qual a câmara de controle 23 é conectada ao conduto de descarga 27. O atuador eletromagnético 29 compreende uma mola 30 que tende a manter a válvula de transmissão 28 na posição fechada.

A seção de canal de suprimento 26, a seção de válvula de transmissão 28 e a seção de conduto de descarga 27 são dimensionadas com relação à seção de canal de suprimento 25 de modo que, quando a válvula de transmissão 28 é aberta, a pressão na câmara de controle 23 cai a níveis muito inferiores aos da pressão de combustível na câmara de injeção 19 e de modo que

o combustível que flui através do conduto de descarga 27 é uma fração da proporção de escoamento de combustível que flui através do bocal de injeção 17.

Em uso, o atuador eletromagnético 29 é desenergizado, a força gerada pela mola 30 mantém a válvula de transmissão 28 na posição fechada; e, sendo assim, a pressão de combustível na câmara de controle 23 fica igual à pressão de combustível na câmara de injeção 19 por efeito do canal de suprimento 26. Nesta situação, a força gerada pela mola 25 e a força hidráulica gerada pelo desequilíbrio das áreas ativas da agulha 21 para a vantagem da câmara de controle 23 com relação à câmara de injeção 19 mantém a válvula de injeção 18 na posição fechada.

Quando o atuador eletromagnético 29 é energizado, a válvula de transmissão 28 passa a assumir uma posição aberta contra a polarização da mola 30, e, sendo assim, a câmara de controle 23 é colocada em comunicação com o canal de descarga 14 e a pressão de combustível na câmara de controle 23 cai a níveis muito inferiores aos da pressão de combustível na câmara de injeção 19, e, conforme mencionado acima, a diferença entre a pressão de combustível dentro da câmara de injeção 19 e dentro da câmara de controle 23 é devida ao dimensionamento das seções do canal de suprimento 26, da válvula de transmissão 28, e do conduto de descarga 27 com relação à seção de canal de suprimento 25.

Em função do efeito do desequilíbrio entre as pressões de combustível na câmara de injeção 19 e na câmara de controle 23, uma força hidráulica que desloca a agulha 21 em um sentido ascendente é gerada na agulha 21 contra a polarização da mola 24 de modo a fazer com que a válvula de injeção 18 fique na posição aberta e permita a injeção de combustível através do bocal de injeção 17.

Quando o atuador eletromagnético 29 é desenergizado, a força gerada pela mola 30 retorna a válvula de transmissão 28 para a posição fechada; e, portanto, a pressão de combustível na câmara de controle 23 tendo a aumentar e atingir a pressão de combustível na câmara de injeção 19. Nesta situação, a força gerada pela mola 24 e a força hidráulica gerada pelo desequilíbrio das áreas ativas da agulha 21 para a vantagem da câmara de controle 23 com relação à câmara de injeção 19 retornam a válvula de injeção 18 para a mencionada posição fechada.

De preferência, o canal de suprimento 26 apresenta um gargalo de garrafa de modo a obter um aumento instantâneo da diferença de pressão entre a câmara de controle 23 e a câmara de injeção 19 durante o transiente de fechamento da agulha 21 (isto é, quando a agulha 21 vai da posição aberta para a posição fechada) de modo a aumentar a força que atua sobre a agulha 21, e, em consequência, aumentar o fechamento da própria agulha 21.

A partir de cima, torna-se aparente que, quando o atuador eletromagnético 29 de um injetor 4 é controlado, a válvula de transmissão 28 é inicialmente aberta e o combustível presente na câmara de controle 23 começa a fluir através do
5 conduto de descarga 27 e para o canal de descarga 14; depois de um certo intervalo de tempo a partir da abertura da válvula de transmissão 28, uma força de polarização hidráulica é gerada sobre a agulha 21 fazendo com que a válvula de injeção 18 se abra e, desta maneira, o suprimento do combustível através do
10 bocal de injeção 17.

Em outras palavras, o suprimento de combustível através do bocal de injeção 17 só ocorre quando o atuador eletromagnético 29 de um injetor 4 é controlado por uma faixa de tempo maior que a de um certo valor limite ET_{min} ; e, em
15 contrapartida, quando o atuador eletromagnético 29 de um injetor 4 é controlado por um intervalo de tempo menor que o do valor limite ET_{min} , a válvula de transmissão 28 poderá se abrir e, consequentemente, o combustível é emitido para o canal de descarga 14, mas o combustível não é suprimento através do
20 bocal de injeção 17. Obviamente, quando o atuador eletromagnético 29 de um injetor 4 é controlado por um breve intervalo de tempo muito menor que o valor limite ET_{min} , e, neste caso, a válvula de transmissão 28 tampouco é aberta.

O valor limite ET_{min} de um injetor 4 é ligado
25 aos aspectos, às tolerâncias e ao envelhecimento dos componentes do próprio injetor 4; e, consequentemente, o valor limite ET_{min}

pode variar (ligeiramente) do injetor 4 para o injetor 4 e o mesmo injetor 4 pode variar (ligeiramente) também durante a vida do próprio injetor 4. Além disso, o valor limite ETmin de um injetor 4 pode, de uma maneira inversamente proporcional, variar com o

5 nível de pressão do combustível no trilho comum 5, isto é, quanto maior a pressão de combustível no trilho comum 5, menor será o valor limite ETmin.

Com referência à Figura 1, a unidade de controle 9 determina um desejado nível de pressão de

10 combustível dentro do trilho comum 5 instante a instante de acordo com o ponto do motor e, conseqüentemente, atua de modo que o presente nível de pressão de combustível dentro do canal de televisão 5 siga o desejado nível de uma forma rápida e precisa.

A variação de pressão de combustível dP/dt

15 dentro do trilho comum 5 resulta da seguinte equação de estado do trilho comum 5:

$$dP/dt = (k_b/V_r) \times (m_{HP} - m_{Inj} - m_{Leak} - m_{BackFlow})$$

na qual:

dP/dt é a variação de pressão de

20 combustível dentro do trilho comum 5;

k_b é o módulo de volume de combustível;

V_r é o volume do trilho comum 5;

m_{HP} é a proporção de escoamento de

25 combustível da bomba de alta pressão 6;

m_{Inj} é a proporção de escoamento de combustível nos cilindros 3 dos injetores 4;

m_{Leak} é a proporção de escoamento de fluxo de combustível perdido através dos vazamentos dos
5 injetores 4;

$m_{BackFlow}$ é a proporção de escoamento de combustível absorvida pelos injetores 4 para atuação e descarregada no canal de descarga 14.

A partir da equação acima, torna-se aparente
10 que, durante a compressão ou tempo de bombeamento da bomba de alta pressão 6, a variação de pressão de combustível dP/dt dentro do trilho comum 5 pode ser positiva; em particular, a variação de pressão de combustível dP/dt dentro do trilho comum 5 será positiva se a proporção de escoamento de combustível m_{HP}
15 da bomba de alta pressão 6 for maior que a soma das demais somas. Em contrapartida, durante o tempo de entrada da bomba de alta pressão 6, a proporção de fluxo de combustível m_{HP} a partir da bomba de alta pressão 6 é zero e, portanto, a variação de pressão de combustível dP/dt dentro do trilho comum 5 é sempre
20 negativa, não sendo possível cancelar totalmente a proporção de escoamento de combustível perdido através dos vazamentos dos injetores 4.

Durante a compressão ou tempo de bombeamento da bomba de alta pressão (transiente crescente de
25 pressão), a proporção de escoamento de combustível m_{HP} da bomba de alta pressão 6 é positiva e a unidade de controle 9

controla a bomba de alta pressão 6 a fim de controlar a pressão dentro do trilho comum 5. Em outras palavras, durante a compressão ou tempo de bombeamento da bomba de alta pressão 6, a variação de pressão de combustível dP/dt dentro do trilho comum 5 dependerá diretamente da proporção de escoamento de combustível m_{HP} a partir da bomba de alta pressão 6, sendo tal proporção de escoamento de combustível m_{HP} não zero; consequentemente, a unidade de controle 9 pode facilmente regular a pressão de combustível dentro do trilho comum 5 ao regular a proporção de escoamento de combustível m_{HP} a partir da bomba de alta pressão 6 por meio do dispositivo de regulação 8.

Durante o tempo de admissão da bomba de alta pressão 6 (transiente decrescente de pressão), a proporção de escoamento de combustível m_{HP} a partir da bomba de alta pressão 6 é zero e, portanto, conforme previamente mencionado, a variação de pressão de combustível dP/dt dentro do trilho comum 5 é sempre negativa, uma vez ser impossível cancelar totalmente a proporção de escoamento de combustível perdido através dos vazamentos dos injetores 4. Durante o tempo de admissão da bomba de alta pressão 6, a unidade de controle 9 não vem de forma alguma a intervir caso o presente nível de pressão de combustível dentro do trilho comum 5 seja inferior ao nível desejado.

Em contrapartida, se, durante o tempo de admissão da bomba de alta pressão 6, a pressão de combustível dentro do trilho comum 5 for superior ao nível desejado, a

unidade de controle 9 poderá decidir baixar a pressão de combustível dentro do trilho comum 5 mais rapidamente acionando os injetores 4 (isto é, ao energizar os atuadores eletromagnéticos 29 dos injetores 4) para um intervalo de tempo de transmissão ETred próximo aos, porém menor que os, respectivos valores limites ETmin quando os próprios injetores 4 não forem usados para injetar o combustível requerido para o processo de combustão. Desta maneira, nenhum combustível é injetado nos cilindros 3, contudo a proporção de escoamento de combustível absorvido pelos injetores 4 será maior para a sua atuação e descarregado para o canal de descarga 14. É importante enfatizar que o intervalo de tempo de transmissão ETred durante o qual cada injetor 4 é acionado deve ser menor que o valor limite ETmin, porém não deve ser excessivamente menor que o valor limite ETmin, de outra forma a quantidade de combustível descarregado para o canal de descarga 14 não será muito significativa ou nem tampouco zero.

Tal estratégia de controle visando uma série de micro-atuações dos injetores 4 de modo a rapidamente reduzir a pressão de combustível dentro do trilho comum 5 é de modo geral usada durante o estágio de corte de injeção, durante o qual os injetores 4 não são acionados e, sendo assim, nenhum combustível é injetado nos cilindros 3. Com efeito, durante um estágio de corte de injeção, a pressão de combustível dentro do trilho comum 5 deve ser rapidamente reduzida a fim de se obter as condições ótimas para combustão (em particular, um barulho

baixo) quando termina a injeção de combustível, isto é, quando o motor 2 pára a emissão de torque.

Durante um estágio de corte de injeção, o intervalo de tempo de transmissão ETred de cada injetor 4 de modo geral dependerá da pressão de combustível dentro do trilho comum 5 e deve ser menor que o valor limite ETmin a fim de evitar a injeção indesejada de combustível nos cilindros 3. Conforme acima mencionado, uma vez que o valor limite ETmin é variável de injetor 4 para injetor 4, além de ser variável durante a vida do próprio injetor 4, um algoritmo para otimizar o intervalo de tempo de transmissão ETred de cada injetor 4 é de preferência implementado na unidade de controle 9 a fim de impedir que tal intervalo de tempo de transmissão ETred exceda o valor limite ETmin.

De acordo com uma modalidade possível, durante um estágio de corte de injeção, a transmissão de cada injetor 4 poderá ser sincronizada com cada cilindro 3 em tempo de compressão; em outras palavras, cada injetor 4 é acionado de uma maneira sincronizada, não aleatória, com uma certa posição angular do respectivo cilindro 3. Tal modalidade apresenta o limite de possibilidade de se acionar apenas um injetor 4 por vez e possui a vantagem de tornar facilmente detectável o aumento em excesso do valor limite ETmin ao detectar as possíveis acelerações de um eixo de manivela (não mostrado) do motor 2 ou os possíveis aumentos repentinos de pressão dentro do cilindro 3. Em outras palavras, ao se acionar um injetor 4 com o seu

respectivo cilindro 3 de uma maneira sincronizada, uma possível injeção indesejada do combustível determinaria uma combustão de combustível com uma conseqüente geração de sobrepressão no interior do cilindro 3 e uma conseqüente geração de torque motor, provocando a aceleração do eixo de manivela (não mostrado). De maneira alternativa, uma combustão inesperada dentro de um cilindro 3 poderá também ser determinada ao se observar a razão A/F (Ar / Combustível) em exaustão por meio da leitura de um respectivo sensor (não mostrado).

De acordo com uma modalidade alternativa, durante um estágio de corte de injeção, cada injetor 4 pode ser acionado usando-se uma seqüência de comando não sincronizada; em outras palavras, cada injetor 4 é acionado de uma maneira aleatória com relação à posição angular do respectivo cilindro 3.

Ao se acionar um injetor 4 de uma maneira não sincronizada com seu respectivo cilindro 3, uma possível injeção de combustível indesejada não (ou apenas raramente) causaria a combustão do combustível. Tal modalidade apresenta a vantagem de se poder acionar vários injetores 4 ao mesmo tempo, tornando a descarga de pressão mais rápida sem uma perceptível emissão de torque, caso os valores limites ETmin sejam excedidos. Por outro lado, esta modalidade tem a desvantagem de tornar mais complicada a detecção de um possível aumento dos valores limites ETmin, uma vez que tal detecção só poderá ser feita ao se observar a quantidade de gás de exaustão por meio de uma sonda de oxigênio linear ou uma sonda UEGO (não mostrada).

Quando a unidade de controle 9 detecta um número excedente dos valores limites ET_{min} , a unidade de controle 9 começa a diminuir o intervalo de tempo de transmissão ET_{red} de cada injetor 4 a fim de eliminar as indesejadas injeções de combustível. Além disso, quando a unidade de controle 9 não detecta nenhum excesso nos valores limites ET_{min} , a unidade de controle 9 pode aumentar ligeiramente o intervalo de tempo de transmissão ET_{red} de cada injetor 4 a fim de tentar fazer com que o intervalo de tempo de transmissão ET_{red} de cada injetor 4 fique tão próximo quanto possível do valor limite ET_{min} .

A estratégia de controle acima mencionada visa uma série de micro-atuações dos injetores 4 no sentido de reduzir rapidamente a pressão de combustível dentro do trilho comum 5 e apresenta a vantagem de ser particularmente eficaz e extremamente econômica de se implementar, uma vez que só utiliza componentes normalmente presentes em um motor de injeção direta de combustível moderno.

REIVINDICAÇÕES

1.- Método de controle para um sistema de injeção de combustível direta (1) em um motor de combustão interna (2) provido com um número de cilindros (3); o método
5 compreendendo os estágios de:

suprir fluido pressurizado para um trilho comum (5) por meio de uma bomba de alta pressão (6);

acionar ciclicamente um número de injetores (4) tendo uma agulha hidráulicamente atuada (21) e conectada ao
10 trilho comum (5) para injetar combustível diretamente nos cilindros (3);

estabelecer um nível de pressão de combustível desejado dentro do trilho comum (5); e

regular o nível de pressão de combustível atual
15 dentro do trilho comum (5) de acordo com o nível desejado pela regulação da taxa de fluxo de combustível (m_{HP}) a partir da bomba de alta pressão (6) durante o estágio de compressão ou bombeio da própria bomba de alta pressão (6);

o método sendo caracterizado pelo fato de
20 compreender os estágios adicionais de:

determinar um valor limite (ET_{min}) para os injetores (4), de modo que nenhum combustível é injetado por cada injetor (4) se ele é acionado por um intervalo de tempo mais curto do que o valor limite (ET_{min}); e

25 reduzir a pressão de combustível atual dentro do trilho comum (5) de acordo com o nível desejado pelo

acionamento dos injetores (4) por um intervalo de tempo de acionamento (ETred) mais curto do que o intervalo limite (ETmin) quando os próprios injetores (4) não são usados para injetar o combustível requerido pelo processo de combustão.

5 2.- Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o intervalo de tempo de acionamento (ETred) é mais curto do que o valor limite (ETmin) e próximo do próprio valor limite (ETmin).

10 3.- Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de compreender o estágio adicional de otimizar o intervalo de tempo de acionamento (ETred) de modo que o intervalo de tempo de acionamento (ETred) é mais curto do que o valor limite (ETmin).

15 4.- Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o nível de pressão de combustível atual dentro do trilho comum (5) é reduzido pelo acionamento dos injetores (4) para o intervalo de tempo de acionamento (ETred) mais curto do que o valor limite (ETmin) durante um estágio de corte de injeção.

20 5.- Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o estágio de otimização compreende os estágios adicionais de:

25 detectar a presença possível de injeções de combustível indesejadas dentro dos cilindros (3) durante o estágio de corte de injeção; e

diminuir o intervalo de tempo de acionamento (ETred) na presença de injeções de combustível indesejadas dentro dos cilindros (3) durante o estágio de corte de injeção.

5 6.- Método, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o estágio de otimização compreende o estágio adicional de:

10 aumentar o intervalo de tempo de acionamento (ETred) dos injetores (4) no caso de ausência prolongada de injeções de combustível indesejadas dentro dos cilindros (3) durante o estágio de corte de injeção.

15 7.- Método, de acordo com a reivindicação 5 ou 6, caracterizado pelo fato de que a presença de injeções de combustível indesejadas dentro dos cilindros (3) durante o estágio de corte de injeção é determinada pela detecção de possíveis acelerações de um eixo de manivela do motor.

20 8.- Método, de acordo com a reivindicação 5 ou 6, caracterizado pelo fato de que a presença de injeções de combustível indesejadas dentro dos cilindros (3) durante o estágio de corte de injeção é determinada pela detecção de possíveis aumentos súbitos de pressão dentro dos próprios cilindros (3).

25 9.- Método, de acordo com a reivindicação 5 ou 6, caracterizado pelo fato de que a presença de injeções de combustível indesejadas dentro dos cilindros (3) durante o estágio de corte de injeção é determinada pela observação da razão de Ar/Combustível na exaustão.

10.- Método, de acordo com a reivindicação 5 ou 6, caracterizado pelo fato de que a presença de injeções de combustível indesejadas dentro dos cilindros (3) durante o estágio de corte de injeção é determinada pela observação da quantidade de gás de exaustão por meio de uma sonda de oxigênio linear.

11.- Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que, de modo a reduzir o nível de pressão de combustível atual dentro do trilho comum (5), um injetor único (4) é acionado em um tempo, e o acionamento de cada injetor (4) é regulado com relação ao respectivo cilindro (3).

12.- Método, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o acionamento de cada injetor (4) é regulado com o curso de compressão do respectivo cilindro (3).

13.- Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que, de modo a reduzir o nível de pressão de combustível atual dentro do trilho comum (5), os injetores (4) não são acionados em uma maneira regulada com relação aos cilindros (3).

14.- Método, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que vários injetores (4) são acionados simultaneamente.

15.- Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, caracterizado pelo fato de que nenhuma ação de regulação na pressão de combustível dentro do trilho

comum (5) é tomada se o nível de pressão de combustível atual dentro do trilho comum (5) é menor do que o nível desejado.

16.- Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 15, caracterizado pelo fato de que cada injetor (4) é conectado a um canal de descarga (14) tendo uma pressão substancialmente ambiente; se um injetor (4) é controlado por um intervalo de tempo mais curto do que o valor limite (ET_{min}), então uma descarga de combustível para o canal de descarga (14) pode ocorrer, mas nenhum combustível é injetado no cilindro (3).

17.- Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 16, caracterizado pelo fato de que a taxa de fluxo de combustível (m_{HP}) a partir da bomba de alta pressão é regulada pela variação do instante de fechamento de uma válvula de admissão da própria bomba de alta pressão (6).

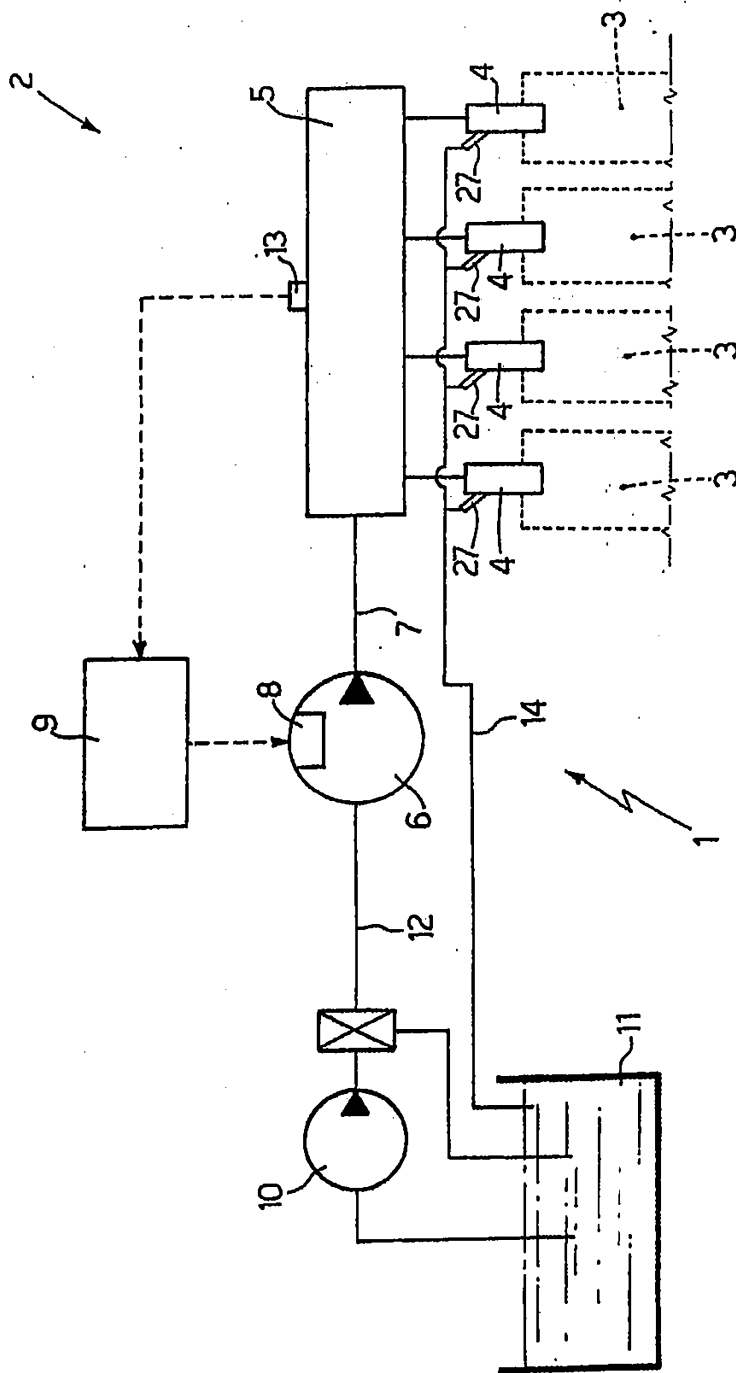


Fig.1

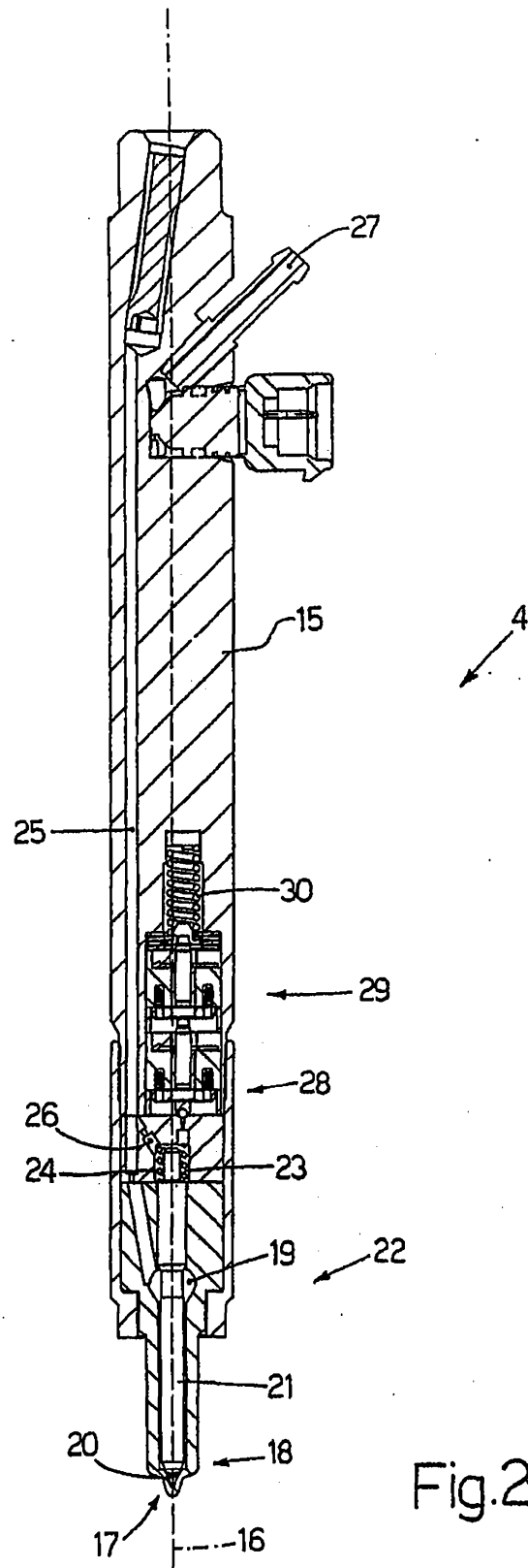


Fig. 2

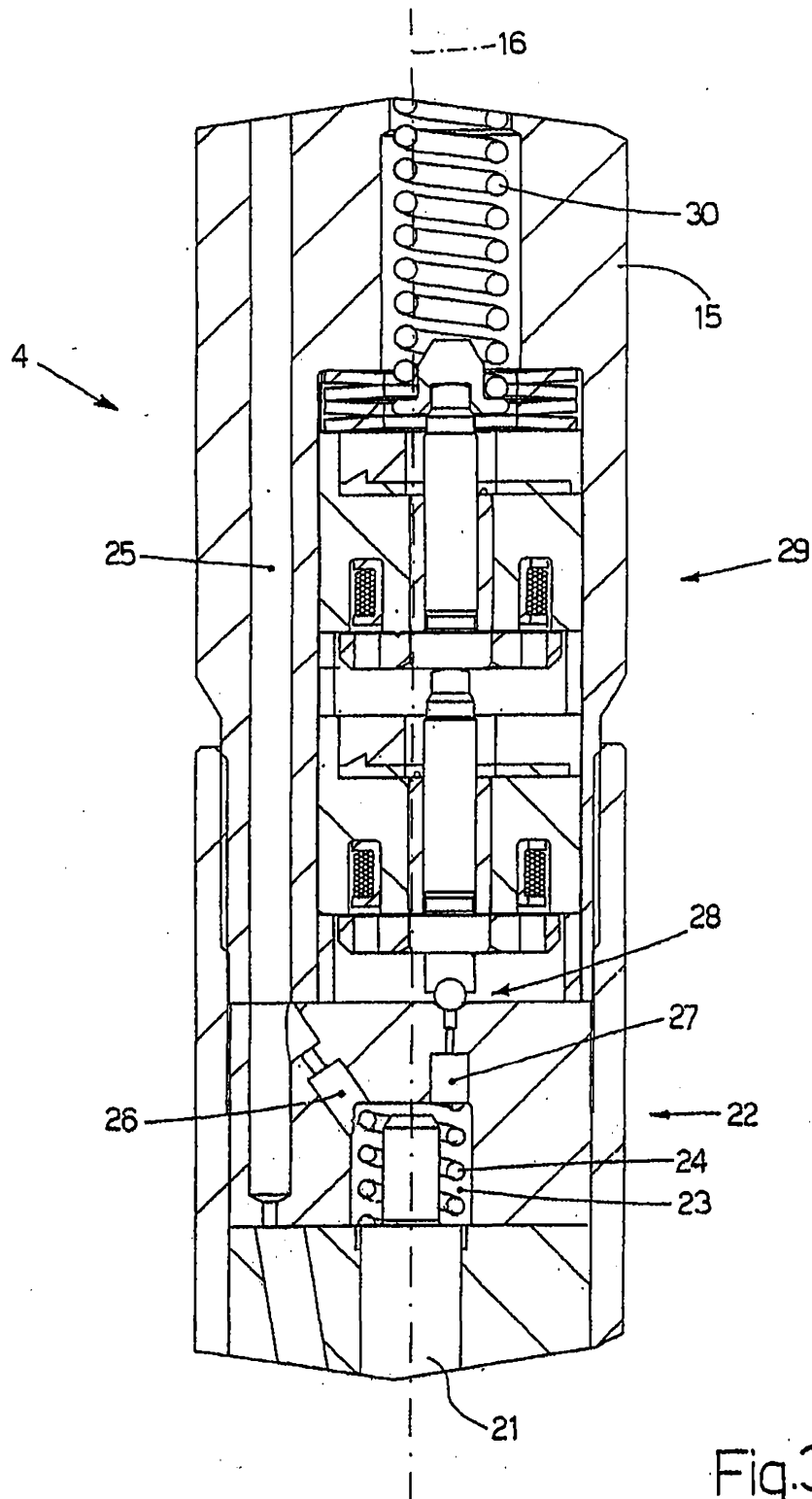


Fig.3