



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 1004047-1 B1



(22) Data do Depósito: 14/10/2010

(45) Data de Concessão: 01/09/2020

(54) Título: MÉTODO PARA CONTROLAR BATIDA DE PINO EM UM MOTOR A COMBUSTÃO INTERNA EQUIPADO COM UM DISPOSITIVO PARA CONTROLAR A ABERTURA DAS VÁLVULAS DE ADMISSÃO

(51) Int.Cl.: F02D 13/02; F02P 5/152.

(30) Prioridade Unionista: 14/10/2009 IT BO2009A 000665.

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

(72) Inventor(es): NICOLA GARAGNANI; FABIO SENSI; FILIPPO CAVANNA; STEFANO SGATTI.

(57) Resumo: MÉTODO PARA CONTROLAR BATIDA DE PINO EM UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA EQUIPADO COM UM DISPOSITIVO PARA CONTROLAR A ABERTURA DAS VÁLVULAS DE ENTRADA. Um método para se controlar a batida de pino em um motor de combustão interna 1 equipado com um dispositivo 11 para controlar a abertura das válvulas de entrada 6; o método de controle compreendendo as seguintes fases de: definir a ocorrência de um batimento de pino excessivo no cilindro 2 do motor de combustão interna 1; decrementar a massa de ar sugado para dentro do cilindro 2 do motor de combustão interna 1; e decrementar a massa de ar sugado para dentro do cilindro 2 no qual um batimento de pino excessivo tenha ocorrido por meio de ação do dispositivo de controle 11 controlando as válvulas de entrada 6 do cilindro 2.

**MÉTODO PARA CONTROLAR BATIDA DE PINO EM UM MOTOR A COMBUSTÃO
INTERNA EQUIPADO COM UM DISPOSITIVO PARA CONTROLAR A ABERTURA
DAS VÁLVULAS DE ADMISSÃO**

Campo técnico da presente invenção

[001] A presente invenção se relaciona com um método para que se controle a batida de pinos em motores de combustão interna equipados com um dispositivo para controlar a abertura das válvulas de admissão.

[002] Um motor a combustão interna com a ignição controlada compreende um determinado número de cilindros, cada um dos quais possuindo um pistão o qual desliza de forma cíclica dentro do cilindro e uma vela a qual é dirigida de forma cíclica por meio de uma unidade eletrônica de controle para produzir uma faísca em uma vela entre os seus eletrodos, e desta forma produzir a ignição dos gases comprimidos dentro do cilindro.

[003] A unidade de controle compreende uma memória a qual armazena uma série de mapas, para que se propiciem os valores dos pontos de posicionamento das velas, como uma função do ponto morto superior. De uma forma em particular, para cada vela o mapa propicia o valor do avanço da ignição (isto é, a centelha entre os eletrodos da vela) e o ponto morto superior, ou PMS dos pistões. Se o valor do avanço da ignição é zero, então a ignição, isto é, a centelha entre os eletrodos da vela, ocorra precisamente no ponto morto superior do PMS do pistão.

[004] Os valores do avanço armazenados nos mapas contidos na caixa de controle são definidos durante o desenvolvimento do funcionamento do motor, de tal forma que se garanta uma boa combustão sob todas as possíveis condições de operação, de tal forma que se obtenha uma boa eficiência térmica do motor, enquanto que, ao mesmo tempo se garanta a integridade do motor, isto é, evitar o excessivo fenômeno de batida de pinos nos cilindros.

[005] A batida de pino é uma combustão do tipo explosivo de parte da mistura ar – combustível, a qual acontece antes da mistura ar combustível alcançar a frente da chama gerada pela vela. Seguindo-se à batida de pino, uma série de ondas de pressão é criada, estas viajam através da câmara de combustão e atingem de forma violenta as paredes de

metal. As explosões ocorrem quando são excedidos valores de temperaturas e pressão especificamente críticos (estes valores podem variar consideravelmente de motor para motor). Quando a batida de pino acontece nos sistemas médio-baixos, normalmente causa um barulho metálico, claramente audível, conhecido como "batida de pino". Quando a batida de pino é de uma magnitude significativa, é chamada de "mega batida de pino" (megaknock) e pode acarretar conseqüências desastrosas para a integridade das partes mecânicas, tais como o pistão.

[006] A batida de pino ocorre normalmente quando o avanço da ignição é muito grande, ou quando é usado um combustível de octanagem muito baixa (a capacidade de um combustível contra a batida de pino é precisamente indicada pela sua taxa de octanagem). A batida de pino pode também ocorrer em motores turbo alimentados, quando se eleva a pressão de uma forma muito alta.

[007] A evolução da combustão é influenciada por diversos fatores (entre os mais importantes temos: as características do combustível, a temperatura do cabeçote do motor, a degradação das velas), efeitos os quais são essencialmente impossíveis de se prever com precisão. Desta forma é necessário que se utilize um sensor para batida de pino, o qual detecta a presença excessiva de batida de pino. No caso em que ocorram diversas batidas de pino em um cilindro, a caixa de controle deve reduzir o valor do avanço para aquele cilindro, de tal forma que se elimine a batida de pino no cilindro (desta forma a pressão máxima do cilindro é reduzida e atingida após os PMSs, fazendo com que um evento de detonação seja mais improvável).

[008] No entanto, em termos de eficiência da combustão, reduzir o avanço da ignição do cilindro corresponde a uma perda na eficiência termodinâmica: a massa de ar que entra no cilindro e desta forma a massa do combustível que é injetada são mantidas constantes, mas pela redução do avanço da ignição, a eficiência é reduzida, isto é, a fração da energia química convertida em mecânica. Isto obviamente possui efeitos negativos no consumo do combustível e na geração de agentes poluentes.

[009] Ainda mais, se um motor a combustão interna turbo alimentado possui um índice de batida de pino de intensidade alta, pode ocorrer o que normalmente referida como "mega batida de pino". Devido à sua violência, as "mega batidas de pino" são

particularmente perigosas para a integridade do motor. Em particular, no caso da "mega batida de pino" o pico de pressão que pode ser atingido dentro de um cilindro é tão grande que pode ameaçar a integridade do motor. Uma das características da "mega batida de pino" é que é um evento comparável à pré-ignição, ou uma pré-ignição independente da centelha produzida pela vela. Claramente trata-se de um fenômeno o qual que não é possível de controlar, devido ao incremento no atraso da ignição: de fato, uma ação dessa magnitude pode ser contraproducente. Quando uma "mega batida de pino" é registrada, a caixa de controle normalmente não reduz o avanço da ignição, mas reduz a entrada de ar (e, desta forma, como resultado, reduz a quantidade de combustível, de forma a manter a razão ar/combustível desejada) para todos os cilindros por meio do fechamento da válvula de admissão (borboleta) e pela redução da pressão, para que se desloque o ponto de operação do motor para uma condição mais "segura" (isto é, com menor pressão nos cilindros). No entanto, esta ação produz o efeito de decremento do torque gerado pelo motor, causando uma "ausência de torque" a qual é claramente perceptível por parte do motorista, com uma clara deterioração do prazer de guiar e do conforto. Em adição, esta ação é muito lenta devido às altas velocidades, o efeito de fechamento de uma válvula pode ser sentido no cilindro depois de poucos ciclos do motor, devido a inevitável inércia relativa à distância entre a válvula e os cilindros e devido à dinâmica de esvaziar dos dutos de admissão.

[0010] O documento EP1170489 A2 descreve um método para controlar a batida de pino em um motor a combustão interna equipado com um dispositivo para controlar a abertura das válvulas de admissão, tal como indicado no preâmbulo da reivindicação independente.

Apresentação da presente invenção

[0011] É objetivo da presente invenção o de oferecer um método para controlar a batida de pino em um motor a combustão interna equipado com um dispositivo para controlar a abertura das válvulas de admissão, destinado a eliminar os problemas mencionados anteriormente, e o qual, ao mesmo tempo seja barato e fácil de implementar.

[0012] De acordo com a presente invenção, é apresentado um método para controlar

a batida de pino em um motor a combustão interna equipado com um dispositivo para controlar a abertura das válvulas de admissão, de conformidade com as reivindicações que acompanham o presente descritivo.

Breve descrição dos desenhos

[0013] Uma forma não limitante da presente invenção será descrita por meio de exemplo, com referencia aos desenhos que acompanham o presente trabalho, nos quais:

- a figura 1 exibe uma ilustração esquemática de um motor a combustão interna equipado com a unidade de controle que implementa o método para controlar a batida de pino, objeto da presente invenção, e
- a figura 2 exibe uma ilustração esquemática de um dos cilindros do motor a combustão interna da figura 1.

Forma de realização preferida da presente invenção

[0014] O número 1 da figura 1 indica como um todo um motor a combustão interna com ignição controlada e que compreende cilindros 2 em disposição em linha. Cada cilindro 2 aloja um respectivo pistão 3 o qual se encontra conectado mecanicamente a um eixo de manivela 4 através de uma biela que transmite para o eixo de manivela 4 a força gerada pela combustão dentro do cilindro 2.

[0015] Da forma como é ilustrada pela afigura 2, o motor a combustão interna 1 compreende um coletor de admissão 5 com duas válvulas de admissão 6 (somente uma das quais é ilustrada na figura 2) e recebe ar fresco (isto é, ar do ambiente externo) através da válvula borboleta 7, a qual pode se mover entre uma posição fechada e uma posição totalmente aberta. Em adição, o motor a combustão interna 1 compreende um coletor de exaustão 8 o qual é conectado a cada cilindro 2 através de duas válvulas de exaustão 9 (somente uma das quais é ilustrada pela figura 2). O coletor de exaustão é parte do cano de escapamento (o qual não é ilustrado) para conduzir os gases da combustão para o exterior.

[0016] A posição de cada válvula de exaustão 9 é direcionada por meio de uma árvore de cames 10 a qual recebe movimento a partir do eixo de manivela 4. De outro lado, a posição das válvulas de admissão 6 é controlada por meio de um dispositivo 11 de controle da abertura das válvulas, o qual controla as válvulas de admissão 6 por meio do

gerenciamento da abertura e do ângulo de elevação de tal forma que se possa controlar o torque que é gerado através das válvulas de admissão 6. O dispositivo 11 controlando a abertura dessas válvulas usando uma árvore de cames 12 a qual recebe o movimento do partir do eixo de manivela 4 e para cada uma das válvulas de admissão 6 compreendendo um atuador hidráulico 13 eletricamente comandado (isto é, controlado por meio de solenoide), o qual é interposto entre as hastes das válvulas de admissão 6 e a árvore de cames 12. Por meio do comando oportuno de cada atuador hidráulico 13 eletricamente comandado é possível efetuar o ajuste do movimento transmitido da árvore de cames 12 para as hastes das válvulas de admissão 6, e como consequência, é possível efetuar o ajustar o real levantamento das válvulas de admissão 6. Desta forma, a ação do dispositivo de controle 11 permite variações para cada cilindro 2 para cada ciclo do motor, do levantamento efetivo de cada válvula de admissão 6 de forma independente das outras válvulas de admissão 6.

[0017] Para cada cilindro 2 existe um injetor 14 correspondente. De acordo com a forma de implementação que é ilustrada na figura 2, o tipo de injeção é indireto e desta forma cada injetor 14 é montado a montante do cilindro 2 no duto de admissão conectando o coletor de admissão 5 ao cilindro 2. De acordo com uma forma alternativa de realização da presente invenção, a qual não é ilustrada, o tipo de injeção é o direta, e desta forma cada injetor 14 se encontra parcialmente disposto dentro do cilindro 2.

[0018] Em adição, cada cilindro 2 compreende uma vela 15, a qual é colocada através do cabeçote do cilindro 2 em uma posição central entre as válvulas do coletor de admissão 5 e as válvulas de exaustão 9 e é ciclicamente ativada para provocar a ignição do gás comprimido dentro do cilindro 2 a cada estágio da compressão.

[0019] O motor a combustão interna 1 compreende a unidade de controle 16, a qual supervisiona a operação de combustão no motor a combustão interna 1 e, entre outras coisas, faz com que a vela 15 provoque a ignição do gás comprimido dentro do cilindro 2. A unidade de controle 16 contém uma memória 17 a qual armazena uma série de mapas que fornecem valores de orientação para a vela 15 como uma função do atual ponto do motor. De uma forma em particular, para cada vela 15 (isto é, por exemplo, cada cilindro 2) os mapas armazenados na memória 17 proporcionam um avanço da ignição padrão.

[0020] Para cada combustão de cada cilindro 2, a unidade de controle 16 calcula um índice de batida de pino I_{KN} representando o índice de batida de pino da combustão em consideração. O índice de batida de pino varia desde uma completa ausência de batida de pino e um valor máximo, indicando a total detonação do combustível. O índice de batida de pino é calculado por meio da unidade de controle 16 através de um tratamento apropriado de um sinal originado de um ou mais sensores de batida de pino conectados à unidade de controle 16. Por exemplo, cada sensor de batida de pino contém um dispositivo de medição para que se faça a medição da corrente, o qual é colocado em série com o circuito elétrico da vela 15 de tal forma que se meça a corrente de ionização fluindo através das velas 15 durante a combustão. De uma forma alternativa, cada sensor de batida de pino contém um indicador de pressão o qual detecta a intensidade das ondas de pressão geradas pelo cilindro 2 do motor a combustão interna 1.

[0021] Um baixo índice de batida de pino não é (sempre) negativo, uma vez que ele permite a otimização da combustão (e desta forma maximizar a eficiência térmica) enquanto não comprometendo a integridade do motor a combustão interna 1. Por este motivo, a unidade de controle 16 pode implementar uma estratégia "agressiva" do avanço da ignição, onde, para cada cilindro 2 o avanço da ignição padrão propiciado pelos mapas é armazenado pela memória 17 é incrementado para que se aproxime do início da batida de pino, ou mesmo ter uma baixa taxa de batida de pino para que se otimize a combustão. Normalmente, essa estratégia "agressiva" funciona por meio do incremento gradual do ponto no dado momento do avanço da ignição para cada cilindro 2, iniciando-se pelo avanço padrão da ignição fornecido pelos mapas armazenados na memória 17 por meio de uma rampa de crescimento linear até que seja alcançado um nível desejado de batida de pino. Uma vez que o nível desejado de batida de pino é alcançado, o avanço para o dado momento da ignição é mantido aproximadamente constante enquanto que o nível de batida de pino não se caia abaixo, ou exceda, o nível desejado de batida de pino.

[0022] A unidade de controle 16 compara o índice de batida de pino I_{KN} de cada cilindro 2 com um primeiro valor limite S_1 , o qual indica a batida de pino máxima aceitável (a qual pode ser zero ou ligeiramente acima de zero, uma vez que um modesto nível de batida de pino pode ser desejável) e um segundo valor limite S_2 , o qual indica a presença

de eventos de batida de pino com uma alta intensidade (normalmente referido como a "mega batida de pino"). Esses eventos, devido à sua violência, são particularmente perigosos para a integridade do motor a combustão interna 1 (de preferência, os valores para os limites S_1 e S_2 não são constantes, mas são funções do ponto motor). É importante que se note que a "mega batida de pino" ocorre normalmente na presença de turbo compressor e desta forma não são geralmente presentes na admissão, quando da admissão de ar ocorre à pressão atmosférica.

[0023] Quando o índice de batida de pino I_{KN} de um cilindro 2 estiver abaixo do primeiro valor limite S_1 , isto é, o valor de batida de pino está abaixo de um valor máximo aceitável, a unidade de controle 16 não faz nenhum tipo de intervenção para limitar a batida de pino. Ao contrario, se o índice de batida de pino I_{KN} é significativamente menor do que o primeiro valor limite S_1 (isto é, da forma como foi mencionada anteriormente, se encontra abaixo do nível desejável para a batida de pino), a unidade de controle 16 tenta incrementar a batida de pino por meio do incremento gradual do avanço da ignição do cilindro 2, conforme as considerações acima efetuadas. Por outro lado, quando o índice de batida de pino I_{KN} de um cilindro 2 exceder um primeiro valor limite S_1 , ou até pior, é maior mesmo do que o segundo valor limite S_2 , a unidade de controle 16 age para limitar a batida de pino no cilindro 2.

[0024] Quando o índice de batida de pino I_{KN} de um cilindro 2 excede o primeiro valor limite S_1 e se encontra abaixo do segundo valor limite S_2 , a unidade de controle 16 pode executar dois tipos de intervenção para limitar a batida de pino no cilindro 2: ela pode reduzir o avanço da ignição iniciando-se do ciclo do motor no qual a presença de batida de pino excessiva foi determinada e pode diminuir a massa de ar sugada para dentro do cilindro 2, iniciando no ciclo do motor após o ciclo do motor no qual a presença da batida de pino excessiva é definida pela atuação do dispositivo de controle 11, para a abertura das válvulas. O dispositivo de controle 11 controla as válvulas de admissão 6 do cilindro 2 (por meio da redução da densidade da carga no cilindro 2 a energia gerada é reduzida a chance de haver batida de pino também é reduzida). Obviamente, quando a unidade de controle 16 reduz a massa do ar sugado para dentro do cilindro 2, ela também faz uma redução concomitante e similar na massa do combustível injetado dentro do cilindro 2, de

tal forma que não se varie a relação ar/combustível, a qual deve se manter constante em um valor desejado.

[0025] Para que se tome a decisão de qual tipo de intervenção deve ser feita, a unidade de controle 16 compara o avanço atual do cilindro 2 com um avanço mínimo da ignição (normalmente, mas não necessariamente, igual ao avanço padrão de ignição fornecido pelos mapas armazenados na memória 17) e se o valor do avanço atual da ignição é maior do que o avanço mínimo da ignição, então a unidade de controle 16 decrementa o avanço atual da ignição. Neste caso, quanto maior for o índice I_{KN} mais relevante será o decremento do avanço atual da ignição. De qualquer forma, a unidade de controle 16 não decrementa o avanço atual da ignição além do avanço mínimo de ignição, isto é, o avanço atual da ignição nunca é reduzido abaixo de um valor mínimo de avanço de ignição: quando o avanço atual da ignição é igual ao avanço mínimo da ignição, então a unidade de controle 16 não decrementa mais o avanço atual da ignição e de modo a se limitar a batida de pino no cilindro 2, a unidade de controle 16 age por meio da redução da massa de ar aspirado para dentro do cilindro 2 a partir do próximo ciclo do motor.

[0026] Normalmente, no caso de uma severa situação de batimento de pino no cilindro 2, a unidade de controle 16 inicia a reduzir o avanço do dado momento, se necessário, o avanço mínimo da ignição e somente quando o avanço da ignição no dado momento atingiu o avanço mínimo atingir o avanço mínimo da ignição a unidade de controle 16 procede com a redução da quantidade do ar aspirado para dentro do cilindro 2. Quando a batida de pino é significativa (isto é, o índice de batida de pino I_{KN} é um pouco maior do que o primeiro valor limite S_1 , enquanto que permanece abaixo do segundo valor limite S_2), a unidade de controle 16 pode decidir operar simultaneamente ambos, a redução do avanço da ignição atual (o qual é normalmente reduzido para o avanço de ignição mínimo) e a redução na quantidade aspirada de ar para dentro do cilindro 2.

[0027] O decremento do avanço da ignição e/ou o decremento da quantidade aspirada de ar para dentro do cilindro 2, no qual uma batida de pino excessiva está ocorrendo, são maiores quanto maior for a batida de pino. Por exemplo, quando o índice de batida de pino I_{KN} for somente um pouco maior do que o primeiro valor limite S_1 o decremento do avanço da ignição e/ou a redução na quantidade do ar aspirado são pequenos. E quando

o índice de batida de pino I_{KN} é significante maior do que o primeiro valor limite S_1 (embora permaneça abaixo do segundo valor limite S_2) para decrementar no avanço da ignição e/ou para reduzir a quantidade de ar aspirado, quando a quantidade de ar aspirado é grande.

[0028] Quando o índice de batida de pino I_{KN} de um cilindro 2 também é maior do que o segundo valor limite S_2 , isto é no caso da "mega batida de pino", a unidade de controle 16 imediatamente faz uma redução substancial da quantidade de ar aspirado para dentro do cilindro 2, iniciando a partir do próximo ciclo do motor, por meio da ação no dispositivo de controle 11 para o controle da abertura das válvulas que controlam as válvulas de admissão 6 do cilindro 2. Esta redução na quantidade de ar aspirado para dentro do cilindro 2 é sempre importante para que se garanta a integridade do motor a combustão interna 1. No caso da ocorrência da "mega batida de pino" a unidade de controle 16 normalmente não faz nenhuma intervenção no avanço da ignição, pois a "mega batida de pino" não é influenciado pelo avanço da ignição. Além disto, no caso do "mega batida de pino" a unidade de controle 16 pode também reduzir a pressão de boost, ou brepressão, por meio de ação, por exemplo, na válvula de alívio (wastegate) do turbo compressor, para reduzir ainda mais a densidade da pressão no cilindro 2 e desta forma preservar melhor a integridade do motor a combustão interna 1.

[0029] O modo de controle descrito acima é aplicado de forma individual a cada cilindro 2, isto é, para cada cilindro 2 um correspondente índice de batida de pino I_{KN} é definido e então, para cada cilindro 2 se define se é necessário decrementar o avanço da ignição e/ou reduzir a massa de ar aspirado (e por consequência a massa de combustível injetado), para limitar um batimento de pino excessivo. Isto torna possível levar em conta as diferenças inevitáveis entre os diversos cilindros 2. Diferenças resultado das tolerâncias da construção, ou devido as diferenças das temperaturas nas paredes do cilindro 2 devido às diferentes posições dos cilindros 2 dentro do motor a combustão interna 1. Em outras palavras, para que se limite a batida de pino em um cilindro 2, a unidade de controle 16 decrementa o avanço da ignição e/ou a quantidade de ar aspirado para dentro do cilindro 2, iniciando-se a partir do próximo ciclo do motor, mas deixando intocado o avanço da ignição e/ou a quantidade de ar aspirado para dentro do cilindro 2 (obviamente se outros

cilindros 2 não possuem batidas de pino excessivas.)

[0030] O método para o controle da batida de pino descrito acima possui diversas vantagens.

[0031] Primeiro, o método para o controle da batida de pino descrito acima é simples e de implementação de baixo custo em uma unidade de controle de um motor a combustão interna equipado com um dispositivo para controlar a abertura das válvulas de admissão, pois isto não requer qualquer alteração física e necessita apenas de pequena capacidade computacional da unidade de controle 6.

[0032] Além do mais, o método supra citado para que se controle a batida de pino pode manter sob controle a batida de pino em diferenças cilindros 2, sem efeitos adversos significantes na eficiência termodinâmica da combustão a qual é mantida próxima aos valores maiores possíveis, com benefícios óbvios no consumo e na contenção da emissão dos poluentes. Este resultado é obtido graças ao fato que no caso de batimento de pino o avanço da ignição no dado momento nunca é reduzido abaixo de um avanço mínimo, o qual é normalmente igual ao avanço da ignição padrão propiciado pelos mapas armazenados na memória 17. Desta forma a combustão no cilindro 2 nunca ocorre com um avanço da ignição atual muito pequeno e desta forma com menor eficiência termodinâmica.

[0033] Para que se reduza a batida de pino é possível agir tanto da forma tradicional por meio da redução do avanço da ignição, ou através da inovadora redução da quantidade de ar aspirado; em ambos os casos, os procedimentos corretivos produzem um decremento no torque produzido no cilindro 2 de combustão, no qual a ação corretiva foi aplicada (se a redução não for extensiva, o torque total produzido pelo motor a combustão interna 1 não possui nenhum efeito negativo que seja perceptível pelo motorista). No entanto, a vantagem da correção por meio da redução da quantidade de ar aspirado é evidente: por meio do atraso do avanço da ignição e por manter constante a massa de ar aspirada (e a massa de combustível injetado) para dentro do cilindro 2, o qual bateu pino, a eficiência termodinâmica reduz (especialmente quando o avanço da ignição atual cai para abaixo de um avanço da ignição mínimo), enquanto que a partir da redução da massa de ar aspirado (e a massa do combustível injetado) sem que se altere a

igual (ou então, sem que se reduza o avanço da ignição atual abaixo da ignição mínima) a eficiência termodinâmica permanece (aproximadamente) inalterada. O método de controle descrito acima permite que se obtenha um balanço otimizado entre a redução do avanço da ignição e a redução da massa do ar aspirado no caso de batida de pino. De fato, a combustão nos cilindros 2 nunca ocorre com um avanço da ignição em um dado momento o qual esteja muito pequeno (isto é, menor do que o avanço da ignição mínimo) e desta forma com baixa eficiência termodinâmica.

[0034] Finalmente, na presença de eventos de batida de pino de alta intensidade (normalmente referidos como "mega batida de pino"), o método acima descrito para controlar a batida de pino permite uma resposta efetiva, extremamente veloz (ela começa a agir assim que tem início o ciclo do motor após o ciclo do motor no qual a "mega batida de pino" ocorreu), e focado somente no cilindro 2 o qual apresenta o problema (isto é, os outros cilindros 2 sem a batida de pino continuam a operar sem nenhuma penalidade). Em outras palavras, a redução da massa de ar aspirado para dentro do cilindro 2 no qual a "mega batida de pino" tenha ocorrido é obtida com uma dinâmica muito rápida (e portanto com menores danos por estresse no interior do motor a combustão interna 1) e é aplicado somente (ou na maior parte das situações) no cilindro 2 o qual apresentou o problema. Desta forma, a redução do torque total gerado pelo motor a combustão interna 1 é muito menos importante, e portanto, menos provável de ser sentido pelo motorista.

Reivindicações

1. Método de controle de batidas de pino em um motor a combustão interna (1) equipado com um dispositivo (11) para controlar a abertura das válvulas de admissão (6); o método de controle compreendendo as etapas de:

- determinar a presença de batimento de pino excessivo nos cilindros (2) do motor a combustão interna (1);
- reduzir a massa de ar aspirado para dentro do cilindro (2) no qual ocorre a batida de pino excessiva por meio da atuação no dispositivo (11) para o controle da abertura das válvulas que controlam as válvulas de admissão (6) do cilindro (2); e
- reduzir o avanço da ignição no cilindro (2) onde houver batimento de pino excessivo;

caracterizado por compreender a etapa adicional de produzir, no cilindro (2) em que há uma mega batida de pino, uma redução substancial na quantidade de ar aspirado sem realizar nenhum trabalho no avanço da ignição.

2. Método de controle, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** compreender a etapa adicional de reduzir a massa de ar que é aspirado para dentro do cilindro (2) começando no ciclo do motor após o ciclo do motor em que ocorre a batida excessiva.

3. Método de controle, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado por** compreender a etapa adicional de não diminuir a massa de ar aspirada nos cilindros (2) nos quais as batidas não sejam excessivas.

4. Método de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, **caracterizado por** compreender a etapa adicional de:

- estabelecer um avanço mínimo de ignição;
- comparar, em caso de batimento de pino excessivo em um cilindro (2), o avanço atual da ignição do cilindro (2) com o avanço mínimo da ignição; e
- diminuir o avanço da ignição atual a fim de limitar as batidas de pino no cilindro (2) apenas se o avanço de ignição atual for maior do que o avanço mínimo de ignição.

5. Método de controle, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado por** compreender a etapa adicional de não diminuir o avanço de ignição além de um avanço

mínimo de ignição

6. Método de controle, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado por** compreender a etapa adicional de intervir por meio da redução da massa de ar aspirado para dentro o cilindro (2) no qual há um batimento de pino excessivo quando o avanço da ignição é igual ao avanço mínimo da ignição.

7. Método de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 4 a 6, **caracterizado por** compreender as etapas adicionais de:

- iniciar com, no caso de batimento de pino excessivo em um cilindro (2), uma redução do avanço atual de ignição até, se necessário, o avanço mínimo de ignição, e
- proceder com uma redução na quantidade de ar aspirado para dentro do cilindro (2) no qual a batimento de pino excessivo ocorreu apenas quando o avanço atual de ignição atingiu o avanço mínimo da ignição.

8. Método de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 4 a 6, **caracterizado por** compreender a etapa adicional de operar de forma simultânea, no cilindro (2) em que ocorre um batimento de pino excessivo, tanto uma redução no avanço real da ignição quanto uma redução na quantidade de ar aspirado.

9. Método de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 5 a 8, **caracterizado por** compreender as etapas adicionais de:

- determinar para cada cilindro (2) um avanço de ignição padrão; e
- aumentar gradualmente o avanço atual da ignição, começando pelo avanço padrão de ignição até atingir o nível desejado de batimento de pino, a fim de otimizar a combustão.

10. Método de controle, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado por** o avanço mínimo da ignição ser igual ao avanço de ignição padrão.

11. Método de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 10, **caracterizado por** compreender as etapas adicionais de:

- calcular para cada combustão de cada cilindro (2) um índice (I_{KN}) representando o nível de batimento de pino da combustão em consideração e que varia entre um valor nulo indicando ausência completa de batidas e um valor máximo indicando uma combustão completa;

- comparar o índice de batimento (I_{KN}) com um primeiro valor limiar (S_1) que indica o batimento máximo aceitável; e
- comparar o índice de batimento (I_{KN}) com um segundo valor limiar (S_2), que indica a presença de eventos "mega batimento de pino".

12. Método de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 11, **caracterizado por** compreender a etapa adicional de acionar, juntamente com a diminuição da massa de ar aspirada em um cilindro (2), uma diminuição semelhante na massa de combustível injetado no mesmo cilindro (2) para não variar a relação ar/combustível.

13. Método de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 12, **caracterizado por** a operação do dispositivo de controle (11) permitir a variação para cada cilindro (2), e para cada ciclo do motor, a abertura de cada válvula de admissão (6) independentemente das outras válvulas de admissão (6).

