



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

(11) PI 0706371-7 B1

(22) Data do Depósito: 05/01/2007

(45) Data de Concessão: 24/07/2018



(54) Título: MÉTODO E SISTEMA PARA OPERAR UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

(51) Int.Cl.: F02P 5/152; F02D 35/02

(30) Prioridade Unionista: 09/01/2006 US 11/328,425

(73) Titular(es): DRESSER, INC.

(72) Inventor(es): JAMES ZURLO

(85) Data do Início da Fase Nacional: 09/07/2008

MÉTODO E SISTEMA PARA OPERAR UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

CAMPO TÉCNICO

[001] Esta invenção se refere aos motores de combustão interna, e mais especificamente à operação dos motores de combustão interna.

ANTECEDENTES

[002] Tipicamente, os parâmetros nos quais um motor é operado são selecionados para considerar variações no combustível fornecido ao motor e variações na eficiência do próprio motor. Em muitos casos, a operação do motor é subótima, porque os parâmetros são selecionados para manter a operação do motor na mais baixa de uma variedade de qualidades de combustível e na pior de uma variedade de condições de combustível. Por exemplo, o motor pode receber combustível com uma elevada resistência à detonação em algum ponto em sua operação e combustível com uma baixa resistência à detonação em outro ponto em sua operação, e deve ser capaz de operar em ambos. Em outro exemplo, um motor recentemente autorizado está em uma condição mecânica superior, porém com o passar do tempo, formações nas câmaras de combustão e desgaste das superfícies de vedação reduzem a eficiência do motor. Os parâmetros de operação do motor; contudo, são selecionados para operar o motor ao longo de sua vida útil. Conseqüentemente, eles podem ser subótimos quando o motor é novo e subótimo próximo ao fim. Alguns sistemas de motor foram configurados para ajustar os parâmetros de operação de modo a considerar vários fatores que afetam a eficiência do motor. Existe uma necessidade de tal tipo de sistemas de motor que ajuste os parâmetros de operação de modo a considerar variações em qualidade de

combustível e condição do motor.

SUMÁRIO

[003] A presente revelação se refere à operação dos motores de combustão interna.

[004] Um aspecto engloba um método de operar um motor de combustão interna com múltiplas câmaras de combustão. No método, uma regulação de ignição de um primeiro subconjunto das câmaras de combustão é avançada a partir de uma regulação de ignição de operação até que um evento de detonação seja detectado enquanto simultaneamente operando as câmaras de combustão restantes na regulação de ignição de operação. Uma primeira margem de detonação do primeiro subconjunto das câmaras de combustão é determinada em relação a uma diferença entre a regulação de ignição de operação e a regulação de ignição no evento de detonação. A regulação de ignição em um segundo subconjunto das câmaras de combustão é avançada a partir de uma regulação de ignição de operação até que um evento de detonação seja detectado enquanto simultaneamente operando as câmaras de combustão restantes na regulação de ignição de operação. Uma segunda margem de detonação do segundo subconjunto de câmaras de combustão é determinada em relação a uma diferença entre a regulação de ignição de operação e a regulação de ignição no evento de detonação. Subconjuntos adicionais podem ser avançados e margens de detonação adicionais determinadas conforme desejado, e em algumas ocorrências até que todas as câmaras de combustão do motor de combustão interna tenham sido analisadas. Uma característica de um combustível fornecido às câmaras de combustão é determinada ao menos em relação à primeira e à

segunda margem de detonação.

[005] Os detalhes de uma ou mais modalidades da invenção são apresentados nos desenhos anexos e na descrição abaixo. Outras características, objetivos, e vantagens da invenção serão evidentes a partir da descrição e desenhos, e a partir das reivindicações.

DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[006] A Figura 1 é um diagrama esquemático de um sistema de motor, ilustrativo, construído de acordo com a invenção;

[007] A Figura 2 é um diagrama esquemático de um módulo de controle de motor, ilustrativo, para uso em um sistema de motor construído de acordo com a invenção;

[008] A Figura 3 é um diagrama esquemático da operação funcional de um sistema de motor, ilustrativo, construído de acordo com a invenção; e

[009] A Figura 4 é um fluxograma da operação de um módulo de controle de motor, ilustrativo, construído de acordo com a invenção.

[0010] Símbolos de referência semelhantes, nos vários desenhos, indicam elementos semelhantes.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0011] Com referência primeiramente à Figura 1, é ilustrado esquematicamente um sistema de motor ilustrativo 100, construído de acordo com a invenção. O sistema de controle de motor 100 inclui um módulo de controle de motor (ECM) 104 acoplado operativamente para comunicação com um ou mais sensores de motor 106, e um ou mais acionadores 108. Os sensores de motor 106 podem ser acoplados a um motor de combustão interna de movimento alternado 102, e

detectar uma ou mais características de operação do motor 102 e/ou sistema de motor 100 e produzir um sinal representativo da característica de operação. Alguns exemplos de características típicas de operação de motor incluem velocidade do motor, uma característica indicadora de torque tal como pressão absoluta da tubulação (MAP) ou densidade da tubulação de admissão (IMD), saída de força do motor, uma característica indicativa da relação de ar/combustível do motor tal como teor de oxigênio de descarga, temperatura ambiente e/ou do motor, pressão ambiente, e outros. Os acionadores 108 são adaptados para controlar vários componentes do sistema de motor (não mostrados especificamente) utilizados no controle do motor e de outros componentes do sistema do motor. Alguns exemplos de componentes típicos do motor incluem um estrangulador, uma passagem ou desvio de turbocompressor, um sistema de ignição, dispositivo regulador de ar/combustível tal como um misturador ajustável de combustível, um regulador de pressão de combustível, injetores de combustível e outros. O ECM 104 também pode ser acoplado para comunicação com outros componentes 110. Alguns exemplos de outros componentes 110 podem incluir uma interface de usuário que permite que um usuário consulte o ECM 104 ou os dados ou instruções de entrada do ECM 104, um ou mais sensores externos que detectam informação exceto as características de operação do motor ou sistema de motor, equipamento de monitoração ou diagnóstico ao qual o ECM 104 pode comunicar as características do sistema, e outros.

[0012] Com referência à Figura 2, o ECM 104 inclui um processador 112 acoplado operativamente a um meio

legível por computador ou memória 114. Em alguns casos, o meio legível por computador 114 pode ser integralmente ou parcialmente removível do ECM 104. O meio legível por computador 114 contém instruções usadas pelo processador 112 para realizar um ou mais dos métodos aqui descritos. O ECM 104 pode receber um ou mais sinais de entrada ($\text{entrada}_1 \dots \text{entrada}_n$), tal como a partir dos sensores 106, acionadores 108, e outros componentes 110 e pode produzir um ou mais sinais de saída ($\text{saída}_1 \dots \text{saída}_n$), tal como para os sensores 106, acionadores 108 e outros componentes 110.

[0013] O ECM 104 opera para controlar a ignição de uma mistura de combustão fornecida ao motor na aceleração e desaceleração e em condições de estado constante. Com essa finalidade, o ECM 104 recebe entrada a partir dos sensores 106, incluindo parâmetros de estado do motor, e determina e produz um ou mais sinais de controle de acionador adaptados para controlar os acionadores 108 para operar o motor 102.

[0014] A Figura 3 ilustra um ECM ilustrativo 104 para uso no controle da ignição de combustível fornecido a um motor. O ECM ilustrativo 104 da Figura 3 recebe uma entrada dos parâmetros de estado do motor a partir dos sensores 106 e produz um sinal para os acionadores 108. Na Figura 3, os parâmetros de estado incluem as saídas a partir de um sensor de característica indicadora de torque 316, tal como um sensor MAP ou IMD, um sensor de rotação do motor 318, e um sensor de detonação 320. Parâmetros de estado adicionais, ou em menor número, podem ser usados. Em um motor de combustão interna de movimento alternado, o sensor de rotação do motor 318 determina direta ou

indiretamente a posição do eixo de manivelas. O ECM ilustrativo 104 também pode receber entrada a partir de um ou mais sensores opcionais 322. Alguns exemplos de sensores opcionais 322 incluem um sensor de temperatura de ar de admissão, um sensor de umidade, um sensor de força medindo a saída de força mediante um gerador acionado pelo motor, e outros sensores. Os acionadores 108 incluem pelo menos um dispositivo de ignição 324. A Figura 3 ilustra um dispositivo de ignição 324 para cada câmara de combustão 1, 2, 3... n do motor. Em uma ocorrência, o dispositivo de ignição 324 é uma vela de ignição. Em outras ocorrências, o dispositivo de ignição 324 pode ser constituído de vários dispositivos que podem operar para inflamar a mistura de combustão dentro de um motor de combustão interna. Alguns exemplos ilustrativos podem incluir um laser dirigido para a câmara de combustão, um injetor de combustível em sistema de ignição de combustível piloto adaptado para dirigir um combustível piloto para a câmara de combustão, ou outro dispositivo. Um sistema de ignição de combustível é um sistema que inflama uma quantidade medida de um combustível piloto na câmara de combustão, utilizando um dispositivo de ignição ou mediante compressão, e o aumento de pressão e temperatura causado pela combustão de combustível piloto, inflama uma mistura de combustível principal na câmara de combustão. O ECM 104 recebe uma entrada a partir do sensor de característica indicadora de torque 316 e do sensor de rotação de motor 318, e determina e emite um sinal de controle acionador para controlar a operação dos dispositivos de ignição 324 conforme discutido abaixo.

[0015] O ECM 104 inclui um determinador de

regulação de ignição de operação 326 que recebe um ou mais parâmetros de estado do motor e parâmetros adicionais opcionais, e determina uma regulação de ignição de operação. O determinador de regulação de ignição de operação 326 produz um sinal para um gerador de sinal de dispositivo de ignição 328 que sinaliza o um ou mais dispositivos de ignição 324 para acionamento de acordo com a regulação de ignição de operação. A regulação de ignição de operação indica quando, em relação a outro evento em operação do sistema de motor, um dispositivo de ignição 324 deve ser acionado para começar um evento de ignição sob condições normais de operação (versus as condições de teste descritas abaixo). Em um motor de combustão interna de movimento alternativo, a regulação de ignição de operação pode ser referenciada em relação a uma posição de manivela. Na determinação da regulação de ignição de operação, o determinador de regulação de ignição de operação 326 utiliza uma ou mais de: velocidade do motor determinado a partir do sensor de rotação do motor 318, característica indicadora de torque (por exemplo, MAP ou IMD) a partir do sensor de característica indicadora de torque 316, e uma indicação de se um evento de detonação está ocorrendo a partir do sensor de detonação 320. Também se considera que o ECM 104 pode usar outros sensores alternativamente ou em combinação com aqueles discutidos acima. Por exemplo, em uma ilustração, o determinador de regulação de ignição de operação 326 utiliza um sensor de temperatura do ar de admissão na determinação da regulação de ignição de operação.

[0016] O determinador de regulação de ignição de

operação 326 pode determinar a regulação de ignição de operação utilizando uma tabela de consulta incluindo um ou mais parâmetros de estado, por exemplo, velocidade do motor e característica indicadora de torque, e/ou uma ou mais entradas opcionais, correlacionadas aos valores de regulação de ignição de operação. Alternativamente ou em combinação com uma tabela de consulta, a regulação de ignição de operação pode ser determinada a partir de um cálculo muitas vezes utilizado nas mesmas situações como uma função de um ou mais parâmetros de estado, por exemplo, velocidade do motor e característica indicadora de torque, e/ou uma ou mais entradas opcionais. Adicionalmente, em qualquer caso, a regulação de ignição de operação pode ser ajustada, por exemplo, retardada, se um evento de detonação for indicado pelo sensor de detonação 320.

[0017] O ECM 104 inclui um determinador de ajuste de regulação de teste 330 que recebe uma entrada a partir, ao menos, do sensor de detonação 320 e do sensor indicador de torque do motor 316. Periodicamente, ou a partir do recebimento de um sinal, por exemplo, um sinal a partir de fora do ECM 104, o ECM 104 sinaliza para que o determinador de ajuste de regulação de teste 330 entre em um modo de teste. No modo de teste, o determinador de ajuste de regulação de teste 330 determina a partir do sensor indicador de torque do motor 316 quando o sistema do motor está operando em carga total ou quase em carga total. Quando o motor está em carga total ou próximo da carga total, o determinador de ajuste de regulação de teste 330 produz um valor de avanço de teste que avança a regulação de ignição para um subconjunto das câmaras de combustão 1,

2, 3... n para acionamento antes do especificado pela regulação de ignição de operação. Em uma ilustração, o subconjunto é uma única câmara de combustão. As câmaras de combustão restantes continuam operando de acordo com a saída de regulação de ignição de operação pelo determinador de regulação de ignição de operação 326. O valor de avanço de teste é combinado com a regulação de ignição de operação para o subconjunto de câmaras de combustão. O valor de avanço de teste é aumentado de forma incremental através de um número de ciclos do motor até que um evento de detonação seja detectado pelo sensor de detonação 320. Quando um evento de detonação é detectado pelo sensor de detonação 320, o valor de avanço de teste é emitido para um analisador de margem de detonação 332 e a regulação de ignição do subconjunto de câmaras de combustão é retornada para a regulação de ignição de operação. O determinador de ajuste de regulação de teste 330 pode, então, repetir o processo para outro subconjunto de câmaras de combustão, e pode continuar até que tenham sido testadas todas as câmaras de combustão, ou um grupo especificado de câmaras de combustão. Por exemplo, se o determinador de ajuste de regulação de teste 330 avança a regulação de ignição para detonação em uma primeira câmara de combustão, o determinador de ajuste de regulação de teste 330 pode, então, avançar a regulação de ignição para detonação em uma segunda câmara de combustão, e assim por diante, até que tenham sido testadas todas as câmaras de combustão, ou um grupo especificado das câmaras de combustão.

[0018] O analisador de margem de detonação 332 determina a margem de detonação para cada um dos

subconjuntos de câmaras de combustão, testados pelo determinador de ajuste de regulação de teste 330 como uma função do valor de avanço de teste. Em uma ilustração, o valor de avanço de teste considerado como produzindo um evento de detonação é igual à margem de detonação. Se os subconjuntos testados pelo determinador de ajuste de regulação 330 fossem câmaras de combustão individuais, o analisador de margem de detonação 332 determinaria uma margem de detonação para cada câmara de combustão. A margem de detonação é determinada para uma pluralidade dos subconjuntos ou todos os subconjuntos. Os dados de margem de detonação são compilados para cada caso em que o determinador de ajuste de regulação de teste 330 entrou no modo de teste.

[0019] O analisador de margem de detonação 332 pode derivar informação sobre a operação das câmaras de combustão e sobre a mistura de combustão fornecida às câmaras de combustão a partir dos dados de margem de detonação e emite ambos os dados de margem de detonação e a informação derivada dos dados. A informação e os dados podem ser uma saída a partir do analisador de margem de detonação 332 do ECM 104, por exemplo, para uso por um operador ou em outra parte do sistema de motor, e/ou pode ser emitido para outros controles 334 dentro do ECM 104. O analisador de margem de detonação 332 também pode se comunicar com o determinador de regulação de ignição de operação 326 para ajustar a regulação de ignição de operação como uma função da margem de detonação.

[0020] Em certas modalidades, o analisador de margem de detonação 332 compila os dados de margem de

detonação para cada uma das câmaras de combustão para uma pluralidade de instâncias do determinador de ajuste de regulação de teste entrando no modo de teste. Se a tendência dos dados indicar que a margem de detonação de todas as câmaras de combustão está mudando, o analisador de margem de detonação 332 pode inferir que a composição da mistura de combustão está mudando. Por exemplo, se a margem de detonação para todas as câmaras de combustão estiver diminuindo, a qualidade do combustível fornecido às câmaras de combustão pode ser inferida pelo analisador de margem de detonação 332 como estando em degradação. Se a margem de detonação para todas as câmaras de combustão estiver aumentando, a qualidade do combustível fornecido às câmaras de combustão pode ser inferida pelo analisador de margem de detonação 332 como estando em melhoramento. Em certas modalidades, o analisador de margem de detonação 332 pode determinar uma resistência à detonação de combustível a partir dos dados de margem de detonação. A resistência à detonação de combustível pode ser determinada com uma tabela de consulta correlacionando a margem de detonação e a resistência à detonação de combustível e/ou mediante um cálculo muitas vezes utilizado nas mesmas situações. Os dados de margem de detonação, e a resistência à detonação de combustível, podem ser produzidos, ambos, a partir do ECM 104 para uso por um operador, por exemplo, na monitoração da operação do sistema de motor. Em uma ocorrência, a margem de detonação pode ser usada na estimação da saída de força do motor. Uma margem de detonação baixa em conjunto com outra informação significa uma densidade de energia elevada no combustível, e sugere

uma saída do motor provavelmente superior.

[0021] Em certas modalidades, o analisador de margem de detonação 332 pode sinalizar para o determinador de regulação de ignição de operação 326 em resposta à mudança na margem de detonação. Por exemplo, se a margem de detonação para todas as câmaras de combustão estiver diminuindo, o analisador de margem de detonação 332 pode sinalizar para o determinador de regulação de ignição de operação 326 para retardar a regulação de ignição de operação em compensação para a mudança na margem de detonação do combustível. Se a margem de detonação para todas as câmaras de combustão estiver aumentando, o analisador de margem de detonação 332 pode sinalizar para o determinador de regulação de ignição de operação 326 para avançar a regulação de ignição de operação. A quantidade em que a regulação de ignição de operação é retardada ou avançada pode ser determinada como uma função da magnitude (máxima, média, ou outras) da margem de detonação ou da resistência à detonação de combustível.

[0022] Alternativamente, ou em combinação com a sinalização do determinador de regulação de ignição de operação 326, o analisador de margem de detonação 332 pode sinalizar para outros controles 332 em resposta à margem de detonação ou resistência à detonação de combustível. Em certas modalidades, o analisador de margem de detonação 332 pode sinalizar para um controlador de combustível para ajustar a quantidade de combustível fornecido a uma ou mais das câmaras de combustão. A quantidade do ajuste feito pelo controlador de combustível pode ser determinada como uma função da magnitude da margem de detonação ou da

resistência à detonação de combustível. Por exemplo, em um motor que está operando em uma mistura de combustão pobre (mais ar ou menos combustível do que a mistura estequiométrica), se a margem de detonação para todas as câmaras de combustão diminuir, o analisador de margem de detonação 332 pode sinalizar para que o controlador de combustível reduza a quantidade de combustível fornecido às câmaras de combustão. Reduzir a quantidade de combustível fornecido às câmaras de combustão quando elas já estão recebendo uma mistura de combustão pobre, reduz as temperaturas de combustão e a tendência de ocorrer um evento de detonação. Por exemplo, em um motor funcionando em λ 1.64, empobrecer a mistura de combustão para λ 1.68 pode ser suficiente para fazer com que haja detonação do motor. Em um motor que está operando em uma mistura de combustão quase estequiométrica, se a margem de detonação para todas as câmaras de combustão diminuir, o analisador de margem de detonação 332 pode sinalizar para que o controlador de combustível aumente a quantidade de combustível fornecida às câmaras de combustão, desse modo reduzindo a tendência de ocorrência de um evento de detonação. Em certas modalidades, o analisador de margem de detonação 332 pode sinalizar para que um controlador controle a quantidade do gás de exaustão esfriado recirculado como uma função da magnitude da margem de detonação ou da resistência à detonação de combustível. Por exemplo, se a margem de detonação das câmaras de combustão afetadas estiver diminuindo, o analisador de margem de detonação 332 pode sinalizar para que o controlador aumente a quantidade de gás de exaustão que é circulado para as

câmaras de combustão. Aumentar a quantidade de gás de exaustão esfriado que é recirculado reduz as temperaturas de combustão e a tendência de ocorrência de detonação. Em certas modalidades, o analisador de margem de detonação 332 pode sinalizar para que um controlador de sobrealimentação para um turbocompressor, ou um supercompressor, ajuste a quantidade de sobrealimentação fornecida às câmaras de combustão como uma função da magnitude da margem de detonação e da resistência à detonação de combustível. Por exemplo, se a margem de detonação para as câmaras de combustão afetadas estiver diminuindo, o analisador de margem de detonação 332 pode sinalizar para que o controlador de sobrealimentação reduza a quantidade de sobrealimentação fornecida às câmaras de combustão. Reduzir a quantidade de sobrealimentação fornecida às câmaras de combustão reduz a tendência de ocorrência do evento de detonação. Se a margem de detonação para as câmaras de combustão estiver aumentando, o analisador de margem de detonação pode sinalizar para que o controlador de sobrealimentação aumente a quantidade de sobrealimentação fornecida às câmaras de combustão para tirar proveito da maior margem de detonação e da resistência à detonação de combustível.

[0023] Se a tendência indicar que a margem de detonação de menos do que a totalidade das câmaras de combustão estiver mudando em uma taxa diferente das outras câmaras de combustão, o analisador de margem de detonação 332 pode deduzir que a mudança na margem de detonação para as câmaras de combustão afetadas não é causada por uma mudança nas propriedades do combustível. Mais propriamente,

a mudança na margem de detonação para as câmaras de combustão afetadas indica uma mudança nas próprias câmaras de combustão afetadas. Por exemplo, carbono ou cinza acumulada em uma câmara de combustão e outros pontos quentes pode reduzir a margem de detonação. Potência reduzida da câmara de combustão individual a partir de sopro através dos anéis e/ou válvulas vazando aumentam a margem de detonação. Em algumas ocorrências, a taxa de mudança na margem de detonação é diferente entre cada câmara de combustão, porque algumas diferenças nas câmaras de combustão que causam mudanças na forma de margem de detonação em diferentes taxas para câmaras de combustão diferentes. Conseqüentemente, o analisador de margem de detonação 332 pode sinalizar para que o determinador de regulação de ignição de operação 326, ou outros controles 334, compense as diferenças entre as câmaras de combustão. Adicionalmente, o analisador de margem de detonação 332 pode distinguir entre mudanças em margem de detonação causadas por mudanças no combustível (mediante ação de observar uma mudança na margem de detonação que é substancialmente idêntica para todas as câmaras de combustão) e mudanças na margem de detonação causada por mudanças nas câmaras de combustão (mediante ação de observar uma mudança na margem de detonação que é diferente das outras das câmaras de combustão) e compensar ambas.

[0024] Isto é, se a margem de detonação para uma ou para um conjunto de câmaras de combustão estiver diminuindo, o analisador de margem de detonação 332 pode sinalizar para que o determinador de regulação de ignição de operação 326 retarde a regulação de ignição de operação

para aquele subconjunto ou para o subconjunto de câmaras de combustão além de qualquer outro retardo ou avanço aplicado para compensar as mudanças no combustível. Similarmente, se a margem de detonação para uma ou para um conjunto de câmaras de combustão estiver aumentando, o analisador de margem de detonação 332 pode sinalizar para que o determinador de regulação de ignição de operação 326 avance a regulação de ignição de operação para aquela câmara de combustão ou para o conjunto de câmaras de combustão além de qualquer outro retardo ou avanço aplicado para compensar as mudanças no combustível. Similarmente, o analisador de margem de detonação 332 pode sinalizar para que um controlador de combustível ajuste a quantidade do combustível fornecido para aquela câmara de combustão ou para o subconjunto de câmaras de combustão e/ou um controlador de detonação para ajustar a quantidade de sobrealimentação fornecida àquela câmara de combustão ou para o subconjunto de câmaras de combustão para compensar as mudanças na câmara de combustão que afetam a margem de detonação.

[0025] As margens de detonação de câmara de combustão individuais podem ser armazenadas e/ou dirigidas para ajudar a identificar cilindros em desgaste. Os dados para as margens de detonação de câmara de combustão individuais podem ser produzidas a partir do ECM 104, por exemplo, para recebimento por um operador e/ou para uso fora do sistema de motor.

[0026] Com referência agora à Figura 4, uma operação ilustrativa de um ECM é ilustrada esquematicamente. Em operação 410, o ECM recebe sinais

indicativos de um ou mais parâmetros de estado do motor. Como observado acima, os parâmetros de estado do motor podem, em uma instância, incluir posição rotacional do motor, um parâmetro indicador de torque do motor (por exemplo, MAP ou IMD), entrada a partir de um sensor de detonação, e outros. O ECM também pode receber sinais indicativos de informação adicional, tal como temperatura do ar de admissão e umidade ambiente.

[0027] Em operação 412, o ECM determina a regulação de ignição de operação a partir das entradas recebidas na operação 410, assim como entradas recebidas a partir de etapas adicionais no método. Por exemplo, o ECM pode determinar a regulação de ignição de operação com base pelo menos em parte nos parâmetros atualizados determinados para as câmaras de combustão testadas nas operações 416-430 (discutido em mais detalhe abaixo), se tais operações tiverem sido realizadas. Na operação 414, o ECM sinaliza para os dispositivos de ignição para uma ou mais câmaras de combustão para acionar os dispositivos de ignição para começar um evento de ignição de acordo com a regulação de ignição de operação. Se uma ou mais das câmaras de combustão estiver sendo testada, (operações 416-430), o ECM avisa os dispositivos de ignição sobre uma ou mais das câmaras de combustão que não estão sendo testadas. O ECM continuamente realiza ciclos através das operações 412 e 414 durante operação do motor.

[0028] Se o ECM estiver operando para testar uma ou mais câmaras de combustão, por exemplo, em intervalos especificados quando o motor está em carga total ou próximo da carga total, o ECM realiza as operações 412-430. Na

operação 416, o ECM determina um avanço de teste inicial para as câmaras de combustão que serão testadas. Menos câmaras do que todas as câmaras de combustão serão testadas antes, e em uma ocorrência uma câmara de combustão é testada de uma vez. O avanço de teste inicial pode ser programado para o ECM, determinado como uma função da regulação de ignição de operação, determinado a partir de ciclos de teste anteriores, ou determinado de outra maneira.

[0029] Em operação 418, o ECM avisa os dispositivos de ignição sobre uma ou mais câmaras de combustão que estão sendo testadas para ativar os dispositivos de ignição para começar um evento de ignição de acordo com a regulação de ignição de operação combinada com o avanço de teste. Em operação 420, o ECM determina se um evento de detonação foi detectado, por exemplo, mediante entrada a partir de um sensor de detonação. Se um evento de detonação não tiver sido detectado, na operação 422 o avanço de teste é aumentado até produzir mais avanço, e no próximo ciclo do motor, a operação 418 e a operação 420 são repetidas. As operações 418-422 são repetidas em ciclos subsequentes do motor até que um evento de detonação seja detectado. Se um evento de detonação tiver sido detectado, na operação 424 a margem de detonação é determinada. As operações 416-424 podem ser repetidas para outras das câmaras de combustão, e em uma ocorrência, as operações 416-424 são repetidas para todas as câmaras de combustão. As câmaras de combustão testadas podem ser testadas repetidamente mediante realização repetida das operações 416-424.

[0030] Na operação 426 os dados de margem de

detonação determinados na operação 424, para cada uma das câmaras de combustão testadas, são compilados, e na operação 428 os dados de margem de detonação são analisados conforme descrito acima. Em certas modalidades, os dados de margem de detonação são analisados para produzir uma resistência à detonação do combustível. Em certas modalidades, os dados de margem de detonação são analisados para identificar as câmaras de combustão em desgaste e/o mudanças nas câmaras de combustão que afetam a margem de detonação, e tal informação pode ser produzida. Na operação 430 parâmetros atualizados de ajuste para a regulação de ignição de operação são determinados para as câmaras de combustão testadas conforme descrito acima, e os parâmetros atualizados dos ajustes são fornecidos para a operação 412 para determinar a regulação de ignição de operação.

[0031] Algumas modalidades da invenção foram descritas. Não obstante, será entendido que várias modificações podem ser feitas sem se afastar do conceito inventivo e escopo da invenção. Conseqüentemente, outras modalidades estão dentro do escopo das reivindicações a seguir.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para operar um motor de combustão interna (102) com múltiplas câmaras de combustão, que compreende:

avançar uma regulação de ignição (418) de um primeiro subconjunto das câmaras de combustão a partir de uma regulação de ignição de operação até que um evento de detonação (420) seja detectado enquanto simultaneamente operando as câmaras de combustão restantes na regulação de ignição de operação;

determinar uma primeira margem de detonação (424) do primeiro subconjunto de câmaras de combustão em relação a uma diferença entre a regulação de ignição de operação e a regulação de ignição no evento de detonação;

caracterizado pelo fato de avançar a regulação de ignição (418) em um segundo subconjunto de câmaras de combustão a partir de uma regulação de ignição de operação até que um evento de detonação (420) seja detectado enquanto simultaneamente operando as câmaras de combustão restantes na regulação de ignição de operação;

determinar uma segunda margem de detonação (424) no segundo subconjunto de câmaras de combustão em relação a uma diferença entre a regulação de ignição de operação e a regulação de ignição no evento de detonação; e

determinar uma característica de um combustível (428) fornecido às câmaras de combustão em relação à primeira e à segunda margem de detonação.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de ainda compreender a operação de ajustar (430) a regulação de ignição de operação do primeiro subconjunto de câmaras de combustão para uma

primeira regulação de ignição de operação como uma função da margem de detonação determinada para a primeira câmara de combustão.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de compreender a operação de ajustar (430) a regulação de ignição de operação do segundo subconjunto de câmaras de combustão para uma segunda regulação de ignição de operação como uma função da margem de detonação determinada para a segunda câmara de combustão e, em que a primeira regulação de ignição de operação e a segunda regulação de ignição de operação são diferentes se a margem de detonação para o primeiro subconjunto das câmaras de combustão for diferente do segundo subconjunto das câmaras de combustão.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o primeiro subconjunto é uma das múltiplas câmaras de combustão.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de ainda compreender a operação de ajustar (430) um controlador de combustível como uma função de ao menos uma entre a primeira margem de detonação e a segunda margem de detonação e, ainda compreender, ajustar um controlador de combustível para fornecer menos combustível ao primeiro subconjunto de câmaras de combustão do que é fornecido ao segundo subconjunto de câmaras de combustão se a primeira margem de detonação diminuir; ou ajustar um controlador de sobrealimentação como uma função de ao menos uma entre a primeira margem de detonação e a segunda margem de detonação.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1,

caracterizado pelo fato de compreender:

(i) avançar uma regulação de ignição (418) de uma câmara de combustão de um motor de múltiplas câmaras de combustão a partir de uma regulação de ignição de operação até que um evento de detonação (420) seja detectado enquanto simultaneamente operando as restantes câmaras de combustão na regulação de ignição de operação;

(ii) determinar uma margem de detonação (424) daquela câmara de combustão;

(iii) repetir as operações (i) e (ii) para as câmaras de combustão subseqüentes até que uma margem de detonação tenha sido determinada para uma pluralidade das câmaras de combustão; e

(iv) determinar uma característica do combustível (428) fornecido às câmaras de combustão em relação às margens de detonação determinadas.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato de compreender ainda:

repetir as operações (i)-(iii) uma pluralidade de vezes;

determinar a partir de uma diferença em dados de margem de detonação entre ao menos uma primeira da pluralidade de câmaras de combustão e outra da pluralidade de câmaras de combustão através de uma pluralidade de tempos em que pelo menos uma parte da mudança na margem de detonação da primeira das câmaras de combustão se deve a uma mudança na primeira câmara de combustão.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato de compreender ainda a operação de ajustar (430) a regulação de ignição de operação para a

primeira das câmaras de combustão como uma função da mudança na margem de detonação.

9. Método, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato de compreender ainda a operação de ajustar (430) ao menos uma entre uma quantidade de combustível fornecido à primeira câmara de combustão e uma quantidade de sobrealimentação fornecida à primeira câmara de combustão como uma função da mudança na margem de detonação.

10. Método, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato de compreender ainda compilar os dados de margem de detonação (426) a partir da pluralidade de vezes em que as operações (i)-(iii) são repetidas e emitir os dados de margem de detonação compilados correlacionados às câmaras de combustão.

11. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 6, **caracterizado** pelo fato de que determinar uma característica do combustível (428) fornecido às câmaras de combustão compreende determinar uma resistência à detonação do combustível.

12. Método, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato de compreender ainda emitir informação indicativa da margem de detonação.

13. Método, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato de que repetir as operações (i) e (ii) para câmaras de combustão subsequentes até que uma margem de detonação tenha sido determinada para uma pluralidade das câmaras de combustão compreende repetir as operações (i) e (ii) até que uma margem de detonação (424) tenha sido determinada para todas as câmaras de combustão.

14. Sistema para operar um motor de combustão interna (102) de múltiplas câmaras de combustão, o sistema compreendendo um processador (112) configurado para realizar as operações compreendendo:

avançar uma regulação de ignição para um primeiro subconjunto das câmaras de combustão a partir de uma regulação de ignição de operação até que um evento de detonação seja detectado enquanto simultaneamente operando as câmaras de combustão restantes na regulação de ignição de operação;

determinar uma primeira margem de detonação do primeiro subconjunto das câmaras de combustão em relação a uma diferença entre a regulação de ignição de operação e a regulação de ignição no evento de detonação;

caracterizado pelo fato de avançar a regulação de ignição em um segundo subconjunto das câmaras de combustão a partir de uma regulação de ignição de operação até que um evento de detonação seja detectado enquanto simultaneamente operando as câmaras de combustão restantes na regulação de ignição de operação;

determinar uma segunda margem de detonação do segundo subconjunto de câmaras de combustão em relação à diferença entre a regulação de ignição de operação e a regulação de ignição no evento de detonação; e

determinar uma característica de um combustível fornecido às câmaras de combustão em relação à primeira e à segunda margem de detonação.

15. Sistema, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado** pelo fato de que o processador (112) é ainda configurado para realizar operações compreendendo

determinar uma resistência à detonação do combustível fornecido às câmaras de combustão, ou ajustar a regulação de ignição de operação do primeiro subconjunto de câmaras de combustão para uma primeira regulação de ignição de operação como uma função da margem de detonação determinada para a primeira câmara de combustão.

FIG. 1

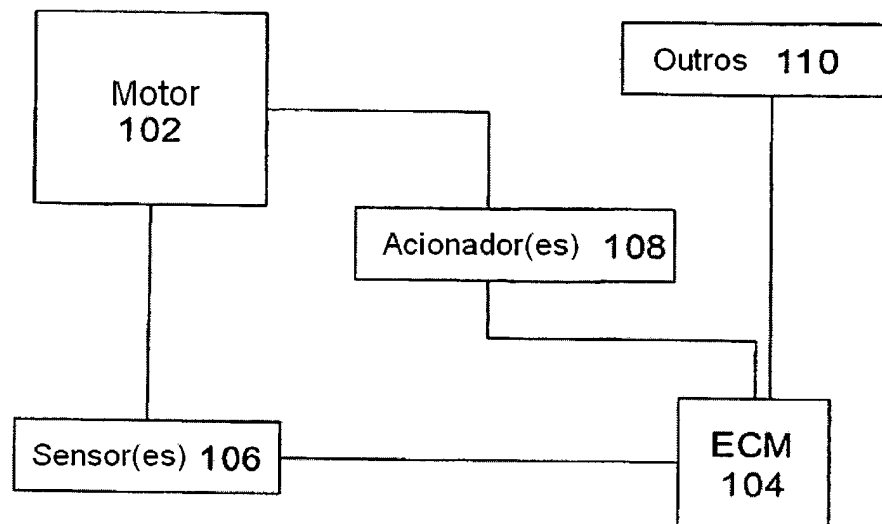


FIG. 2

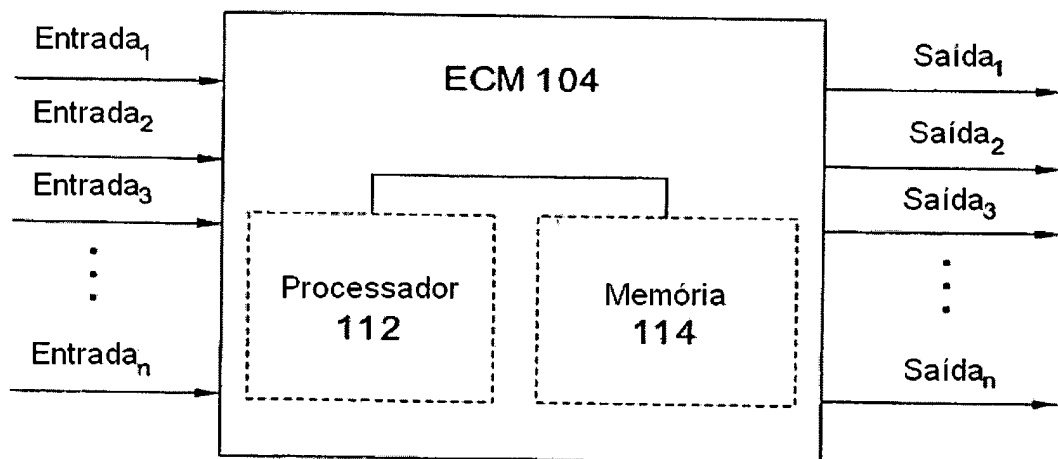


FIG. 3

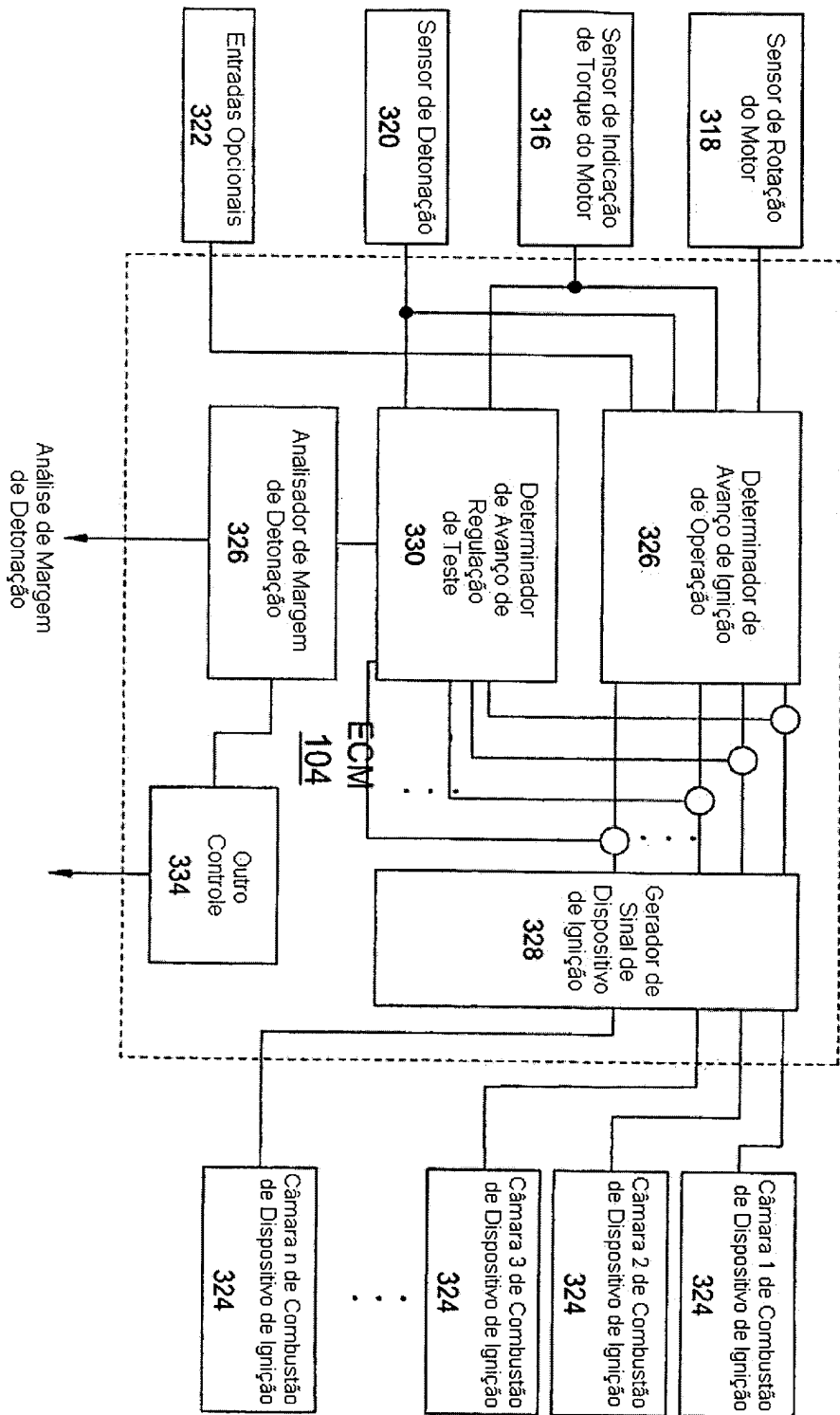


FIG. 4

