



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

(11) PI 0601576-0 B1



(22) Data do Depósito: 05/05/2006

(45) Data de Concessão: 15/12/2020

(54) Título: MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA PROVIDO DE DISPOSITIVO DE AQUECIMENTO EM UMA CÂMARA DE COMBUSTÃO, MÉTODO DE CONTROLE PARA O DISPOSITIVO DE AQUECIMENTO E UNIDADE ELETRÔNICA DE CONTROLE

(51) Int.Cl.: F01M 5/02.

(30) Prioridade Unionista: 06/05/2005 IT BO2005A 000326.

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

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

(57) Resumo: MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA PROVIDO COM UM DISPOSITIVO DE AQUECIMENTO EM UMA CÂMARA DE COMBUSTÃO E UM MÉTODO DE CONTROLE PARA O DISPOSITIVO DE AQUECIMENTO. Um motor de combustão interna (1) compreendendo pelo menos um cilindro (2) provido com pelo menos um dispositivo de aquecimento (11) adaptado para aquecer uma câmara de combustão de volume variável (9) no interior do cilindro (2), e uma unidade de controle eletrônico (12) que, por sua vez, compreende um módulo de estimação (13) adaptado para estimar a temperatura (TGS) da vela de aquecimento (11) no interior da câmara de combustão (9), e um módulo de controle (15) que é adaptado para acionar a vela de aquecimento (11) como uma função da temperatura estimada (TGS).

Motor de combustão interna provido de dispositivo de aquecimento em uma câmara de combustão, Método de controle para o dispositivo de aquecimento e Unidade eletrônica de controle

[001] A presente invenção se refere a um motor de combustão interna provido de um dispositivo de aquecimento em uma câmara de combustão, e a um método de controle para o dispositivo de aquecimento.

[002] Conforme é sabido, as câmaras de combustão de motores de combustão interna, em particular motores à diesel, são providas de dispositivos de aquecimento, tipicamente conhecidos como "velas de aquecimento", cuja função é apropriadamente aquecer as câmaras de combustão e o fluido operante nestas câmaras, de modo a assegurar uma certa eficiência do processo de combustão, mesmo nas condições operantes que não sejam ótimas, por exemplo, em uma baixa temperatura da câmara de combustão e/ou do fluido operante.

[003] Nos motores de combustão interna, uma das mais críticas das condições de operação as quais o processo de combustão é submetido, e na qual o uso de velas de ignição é requerido, é, em particular, a fase de ignição do motor.

[004] Nesta fase, na prática, a temperatura da câmara de combustão é baixa, isto é, mais baixa do que a temperatura de operação requerida para obter um processo de combustão suficientemente eficiente; uma tensão de suprimento é, portanto, suprida para a vela de aquecimento de modo a trazer a temperatura da última a um valor igual a uma temperatura objetivada a ser alcançada nas condições de operação.

[005] É sabido também que um dos mais importantes requerimentos para os motoristas dos veículos com motores de combustão interna é a necessidade de reduzir a um mínimo o tempo de pré-aquecimento da vela de ignição, que corresponde ao intervalo de tempo levado pela vela, durante a fase de ignição do motor, para trazer sua temperatura a um valor igual à temperatura objetivada.

[006] Para esta proposta, sistemas de controle eletrônico de volta aberta adaptados para acionar a vela de ignição de modo a reduzir o tempo de pré-aquecimento têm sido propostos nas últimas gerações de motores de combustão interna. Durante a fase de ignição do motor, estes sistemas de controle eletrônico, em particular, impulsionam a

tensão de suprimento a um valor maior do que a tensão nominal suprida à vela de ignição em condições de operação normais, de modo a fazer com que a temperatura da vela de ignição aumente extremamente rapidamente, obtendo-se, desse modo, uma redução do tempo de pré-aquecimento.

[007] No final da fase de ignição, o sistema combinado estabiliza a tensão de suprimento da vela de ignição ao valor nominal de modo a manter sua temperatura em um valor substancialmente igual à temperatura objetivada.

[008] Embora eles reduzam o tempo de pré-aquecimento da vela de ignição, os sistemas eletrônicos de controle discutidos acima têm um número de problemas: primeiro, o suprimento de uma sobre-tensão para a vela de ignição pode danificá-la quando as condições iniciais da vela e da câmara de combustão diferem das condições colocadas no controle; na prática, se a ignição preferivelmente ocorrendo de um motor "frio" ocorre de um motor "quente", isto é, a uma temperatura levemente menor do que a temperatura de operação, então o suprimento de uma sobre-tensão para a vela de ignição pode gerar uma temperatura extremamente alta que é mais alta do que a temperatura que pode ser tolerada pela vela de ignição, submetendo, desse modo, a última a tensões térmicas excessivas que é incapaz de suportar.

[009] Um segundo problema está no fato que os sistemas de controle eletrônicos em *open loop* acima discutidos não asseguram que a temperatura da vela permanece estável bastante com variações daqueles dos parâmetros de operação de motor que, para alguma extensão, causam uma mudança de temperatura na câmara de combustão. Em outras palavras, o controle da temperatura da vela de ignição efetuado pelos sistemas eletrônicos de controle acima mencionados não é muito seguro, visto que o parâmetro de temperatura a ser controlado está condicionado por um número de parâmetros de motor, e por um número de condições ambientais as quais a vela é exposta.

[010] De modo a reduzir o tempo de pré-aquecimento, velas de ignição de auto regulação têm sido também propostas, e são providas com um varistor que varia sua resistência como uma função de modo a causar uma regulação automática da energia térmica gerada, obtendo-se, desse modo, um controle automático da temperatura da vela de ignição.

[011] Estas de velas de ignição de auto regulação têm o problema que elas são submetidas a um grau de dispersão de temperatura nas várias condições de operação do motor; na prática, a medida que o ponto de operação do motor varia, existe uma mudança na troca de calor e a vela de ignição de auto regulação é incapaz de adaptar sua energia de aquecimento, e, desse modo, sujeita à variações de temperatura mais altas.

[012] O documento EP 1408233 revela um processo para controle do aquecimento de velas de ignição em um motor diesel compreendendo emular o comportamento térmico da vela no aquecimento, e o documento WO 9506203 se refere a um método de acionamento de um elemento de aquecimento tal como uma vela de ignição de um suprimento de energia elétrica.

[013] O objetivo da presente invenção é proporcionar um motor de combustão interna provido de um dispositivo de aquecimento e um método de controle para o dispositivo de aquecimento, que torna possível reduzir o tempo de pré-aquecimento do dispositivo de aquecimento e, ao mesmo tempo, assegurar que a temperatura do dispositivo de aquecimento permaneça muito estável em qualquer condição de operação do motor.

[014] A presente invenção se refere a um motor de combustão interna provido de um dispositivo de aquecimento, conforme descrito na reivindicação 1 e, preferivelmente, em qualquer uma das reivindicações seguintes que dependam direta ou indiretamente da reivindicação 1.

[015] A presente invenção se refere adicionalmente a um método de controle para um dispositivo de aquecimento em um motor de combustão interna, conforme colocado na reivindicação 7, e, preferivelmente, em qualquer uma das reivindicações seguintes que dependem direta ou indiretamente da reivindicação 7.

[016] A presente invenção se refere adicionalmente a uma unidade eletrônica de controle para o controle de um dispositivo de aquecimento em um motor de combustão interna, conforme colocado na reivindicação 14.

[017] A presente invenção é descrita abaixo com referência aos desenhos acompanhantes, que mostram várias concretizações não-limitativas desta, e em que:

- a Figura 1 é uma vista diagramática de um motor de combustão interna provido de um dispositivo de aquecimento concretizado de acordo com a presente invenção;

- a Figura 2 é um diagrama de blocos de uma unidade eletrônica de controle que forma parte do motor de combustão interna mostrado na Figura 1; e
- a Figura 3 é um diagrama de blocos de um módulo de estimação de temperatura da unidade de controle eletrônica do motor de combustão interna mostrado na Figura 2.

[018] O princípio no qual a presente invenção está baseado é essencialmente aquele de efetuar um controle de realimentação (isto é, um controle em loop fechado) da temperatura do dispositivo de aquecimento em uma câmara de combustão de volume variável de um motor de combustão interna, como uma função de uma estimativa da temperatura deste dispositivo de aquecimento; esta estimativa é efetuada usando-se um modelo de balanço de energia das energias térmicas geradas e trocadas no interior da câmara de combustão.

[019] Em outras palavras, a presente invenção é baseada na noção da estimativa da temperatura do dispositivo de aquecimento na base de um balanço de energia entre a energia térmica gerada pelo dispositivo de aquecimento, e a energia térmica trocada entre a câmara de combustão e o fluido de operação contido nesta câmara de combustão, e de acionamento do dispositivo de aquecimento como uma função da diferença entre a temperatura estimada e uma temperatura objetivada que necessita de ser alcançada pelo dispositivo de aquecimento em uma condição de operação de motor particular.

[020] Com referência à Figura 1, um motor de combustão interna, preferivelmente um motor diesel, é mostrado em uma forma diagramática pela referência numérica 1, e compreende uma série de cilindros 2 (somente um dos quais sendo mostrado para clareza de ilustração) e, para cada cilindro 2, um duto de admissão 3 conectado ao relativo cilindro 2 de modo a proporcionar um fluxo de ar como admissão para o cilindro 2, um duto de exaustão 4 conectado ao cilindro 2 de modo a proporcionar o fluxo de ar contendo os gases de exaustão a partir daquele cilindro, e um dispositivo de arrefecimento 5 que é de um tipo conhecido e não é, portanto, descrito em detalhe, que é atravessado internamente por um fluxo (de água, por exemplo) adaptado para arrefecer o motor de combustão interna 1.

[021] Cada cilindro 2 é acoplado a um pistão 6 que é adaptado para deslizar em um maneira linear ao longo do cilindro 2, e é mecanicamente acoplado a um eixo mecânico de

acionamento 7 por uma biela 8. O espaço livre dentro do cilindro 2 e ligado pelo pistão 6 forma, conforme é sabido, uma câmara de combustão de volume variável 9 no cilindro 2.

[022] Cada cilindro 2 compreende adicionalmente um injetor 10 adaptado ciclicamente para injetar combustível no cilindro 2, e pelo menos um dispositivo de aquecimento que, na forma de realização mostrada, é formado por uma vela de ignição 11 adaptada para aquecer a câmara de combustão 9.

[023] Com referência às Figuras 1 e 2, o motor de combustão interna 1 é adicionalmente provido de uma unidade eletrônica de controle 12 que supervisiona a operação do motor 1 e é adaptada, em particular, para acionar a vela de ignição 11 de modo a aquecer a câmara de combustão 9 de acordo com um método de controle que é descrito em detalhe abaixo.

[024] Em particular, a unidade eletrônica de controle 12 estima, instante por instante, a temperatura T_{GS} da vela de ignição 11, e ajusta a energia elétrica a ser suprida á vela de ignição 11 como uma função desta temperatura T_{GS} estimada.

[025] Com referência à concretização mostrada na Figura 2, a unidade eletrônica de controle 12, da qual somente aqueles componentes essenciais para compreensão da presente invenção são mostrados, compreende um módulo de estimação 13 que recebe como admissão uma série de grandezas e parâmetros de operação do motor, e é adaptado para gerar como descarga, como uma função da última, um sinal indicando a temperatura estimada T_{GS} da vela de ignição 11. Deve ser notado com relação à descrição acima que os parâmetros de operação são supridos à unidade eletrônica de controle 12 por uma série de sensores e/ou transdutores conhecidos e/ou dispositivos de medição instalados em vários pontos apropriados do motor.

[026] A unidade eletrônica de controle 12 compreende adicionalmente um circuito de soma 14 que recebe um sinal de admissão indicando a temperatura estimada T_{GS} , e um sinal indicando uma temperatura objetivada T_{GO} correspondente à temperatura que necessita ser alcançada pela vela de ignição 11, e supre como descarga um sinal de erro e_T mostrando a diferença entre a temperatura objetivada T_{GO} a ser alcançada e temperatura estimada T_{GS} .

[027] A unidade eletrônica de controle 12 compreende adicionalmente um módulo de

controle 15 que recebe como admissão o sinal de erro e_T e gera, como uma função do último, um sinal de controle S_{COM} que aciona a vela de ignição 11. Em particular, o módulo de controle 15 gera preferivelmente o sinal de controle S_{COM} por uma modulação de largura de pulso PWM. Neste caso, o sinal de controle S_{COM} compreende uma série de pulsos caracterizados por um valor de tensão V_a , e por um ciclo de rendimento específico cujo valor é mostrado abaixo por DCY.

[028] O módulo de controle 13 é adaptado apropriadamente para modular o ciclo de rendimento DCY e/ou o valor de tensão V_a , do sinal de controle S_{COM} a ser suprido para a vela de ignição 11 como um função do sinal de erro e_T , de modo a suprir uma energia elétrica específica tal que uma energia térmica correspondente pode ser gerada por meio desta vela 11.

[029] Com referência à Figura 3, o módulo de estimação 13 compreende um bloco 16 que recebe como admissão um sinal correlacionado com a tensão V_a , do sinal de controle S_{COM} , um sinal indicando o ciclo de rendimento DCY do sinal de controle S_{COM} gerado pelo módulo de controle 15, e um sinal indicando a resistência elétrica R_G da vela de ignição 11.

[030] O bloco 16 é adaptado para processar os parâmetros V_a , DCY e R_G de modo a proporcionar como descarga um sinal indicando a energia térmica P_{TG} gerada pela vela de ignição 11 quando a última é suprida com o sinal de controle S_{COM} . Neste caso, o bloco 16 é adaptado para calcular a energia térmica P_{TG} a partir da seguinte relação:

$$P_{TG} = (V_a^2 * DCY) / (R_G)$$

[031] O módulo de estimação 13 compreende adicionalmente um bloco 17 que é adaptado para calcular a temperatura média T_{COMB} na câmara de combustão 9, e um bloco 18 adaptado para calcular um coeficiente de troca de calor hS .

[032] O bloco 17 recebe, em particular, como admissão, um sinal indicando a temperatura T_{AR} do ar de admissão, um sinal indicando a temperatura T_{H2O} do fluido de arrefecimento, um sinal indicando um parâmetro de CARGA correspondente à carga medida no motor 1, um sinal indicando o número de revoluções do motor RPM, e um sinal indicando o estado de operação do motor S_{ESTADO} .

[033] Neste caso, o sinal que indica o estado de operação do motor S_{ESTADO} compreende,

alternadamente, um primeiro estado de operação correspondente a uma condição na qual o motor é impelido a girar pelo processo de combustão, ou um segundo estado correspondente a uma condição na qual o motor está estacionário, ou um terceiro estado correspondente a uma condição na qual o motor é impelido a girar na ausência de um processo de combustão. Em mais detalhes, o primeiro estado pode corresponder, por exemplo, à condição na qual o motor é acionado em rotação pelo processo de combustão, e tem alcançado um número de revoluções maior do que um valor mínimo predeterminado (por exemplo, 780 RPM), o segundo estado de operação do motor pode corresponder a uma condição de não-combustão na qual o motor é acionado em rotação por um dispositivo estator elétrico (motor de estator) a uma velocidade de rotação de aproximadamente 250 RPM, enquanto o terceiro estado pode corresponder à condição na qual o motor está estacionário e a chave de ignição é uma Chave Liga estado.

[034] Será apreciado que o sinal que indica o estado de operação do motor S_{ESTADO} pode ser gerado por um módulo de supervisão (não mostrado) de tipo conhecido que é capaz, instante por instante, de determinar a condição de operação do motor, com o sinal que indica o parâmetro CARGA podendo ser gerado por um sensor montado no motor para medir sua carga (conforme mostrado na Figura 1), ou pode ser diretamente estimado por um módulo de cálculo da unidade eletrônica de controle 12 (não mostrada).

[035] O bloco 17 determina a temperatura T_{COMB} da câmara de combustão 9 por meio de uma série de funções armazenadas em uma memória (não mostrada) da unidade eletrônica de controle 12, cada uma das quais sendo selecionada pelo bloco 17 como uma função da estado de operação do motor S_{ESTADO} . Neste caso, uma primeira tabela contendo um número de valores numéricos definindo uma primeira função de estimação F_{ST1} (RPM, CARGA) da temperatura T_{COMB} é armazenada na memória (não mostrada), e é associada com o primeiro estado de operação do motor, tornando possível estimar, para cada combinação dos valores de velocidade RPM e da carga CARGA, um valor correspondente da temperatura T_{COMB} .

[036] Uma segunda tabela contendo uma pluralidade de valores numéricos definindo uma segunda função de estimação F_{ST2} (T_{H2O}) da temperatura T_{COMB} é adicionalmente armazenada na memória (não mostrada), e é associada com o segundo estado de

operação do motor, tornando possível estimar, para cada valor da temperatura do fluido de arrefecimento T_{H2O} , um valor correspondente da temperatura T_{COMB} , bem como uma terceira tabela contendo uma pluralidade de valores numéricos definindo uma terceira função de estimação F_{ST3} (T_{AR}) da temperatura T_{COMB} , que é associada com o terceiro estado de operação do motor, tornando possível estimar, para cada valor da temperatura do ar de admissão T_{AR} , um valor correspondente da temperatura T_{COMB} .

[037] O bloco 18 recebe como admissão o sinal indicando o número de revoluções RPM e calcula, por meio de uma função de troca de calor H (RPM), o coeficiente de troca de calor hS da câmara de combustão 9. Neste caso, uma quarta tabela contendo uma pluralidade de valores numéricos definindo a função de troca de calor H (RPM) é armazenada na memória (não mostrada), tomando possível calcular um coeficiente de troca de calor correspondente hS para cada valor do número de revoluções do motor RPM.

[038] O módulo de estimação 13 compreende adicionalmente um bloco 19 que recebe como admissão o sinal que indica o coeficiente de troca de calor hS , o sinal indicando a temperatura T_{COMB} e um sinal indicando a temperatura T_{GS} da vela de ignição 11. Será apreciado que a temperatura T_{GS} pode ser armazenada de tempo em tempo na memória (não mostrada), e que o bloco 19 recebe como admissão o sinal correspondente ao último valor da temperatura T_{GS} calculada pelo módulo de estimação 13 durante a estimação prévia. Pode ser visto que durante o assentamento inicial da unidade eletrônica de controle 12, quando o módulo de estimação 13 está operando para o primeiro tempo, é possível transferir um valor predeterminado apropriado para a temperatura T_{GS} .

[039] O bloco 19 processa os parâmetros T_{GS} , T_{COMB} e hS de modo a proporcionar como descarga um sinal que indica a energia térmica P_{TS} trocada com o fluido operante na câmara de combustão 9. Neste caso, o bloco 19 calcula a energia térmica P_{TS} trocada por meio do seguinte relacionamento:

$$P_{TS} = hS(T_{GS} - T_{COMB})$$

[040] O módulo de estimação 13 compreende adicionalmente um circuito de soma 20 que recebe como admissão o sinal correspondente à energia térmica P_{TG} gerada e o sinal indicando a energia térmica P_{TS} trocada e supre como descargo um sinal indicando a diferença ΔP entre a energia térmica P_{TG} gerada e a energia térmica P_{TS} trocada:

$$\Delta P = (P_{TG} - P_{TS})$$

[041] O módulo de estimação 13, por último, compreende um bloco 21 que é adaptado para receber como admissão o sinal que indica a diferença ΔP entre a energia térmica P_{TG} gerada e a energia térmica P_{TS} trocada, e um sinal indicando a capacidade térmica C_{tVELA} da vela de ignição 11, cujo valor é predeterminado, e processa o último de modo a suprir como descarga o sinal que indica a temperatura estimada T_{GS} da vela de ignição 11. Neste caso, o bloco 21 é adaptado para estimar a temperatura T_{GS} da vela de ignição 11 por meio do seguinte relacionamento:

$$T_{GS} = \frac{1}{C_{tVELA}} \cdot \int_{t_0}^t \Delta P \cdot dt$$

em que os instantes t_0 e t ligam o intervalo de tempo durante o qual o balanço de energia entre a energia térmica (P_{TG}) gerada pela vela de ignição 11 e a energia térmica (P_{TS}) trocada na câmara de combustão 9 com o fluido operante (gás de exaustão) é efetuada.

[042] No método de controle da vela de ignição 11, o módulo de estimação 13 da unidade eletrônica de controle 12 estima, instante por instante, a temperatura T_{GS} na base dos parâmetros de motor diferentes discutidos acima, e o estado de operação deste motor (primeiro, segundo ou terceiro estado), e o módulo de controle 15 apropriadamente modula o sinal de controle (em particular o ciclo de rendimento DCY e/ou a tensão V_a) a ser suprida para a vela de ignição 11, como uma função do sinal de erro e_T indicando a diferença entre a temperatura objetivada T_{GO} a ser alcançada pela vela de ignição 11 e a temperatura estimada T_{GS} .

[043] O bloco 17, em particular, identifica na memória (não mostrada), na base do estado de operação S_{ESTADO} do motor, a função de estimação a ser usada para calcular a temperatura interna T_{COMB} . Em detalhe adicional, se o estado de operação S_{ESTADO} corresponde ao primeiro estado, o bloco 17 calcula a temperatura interna T_{COMB} usando a primeira função de estimação F_{ST1} (RPM, CARGA) na base da velocidade RPM, e a carga CARGA do motor; enquanto, se o estado operante corresponde ao segundo ou terceiro estado, o bloco 17 calcula a temperatura interna T_{comb} usando as segunda e terceira funções de estimação F_{ST2} (T_{H2O}), F_{ST3} (T_{AR}) na base da temperatura do fluido T_{H2O} e da temperatura do ar T_{AR} , respectivamente.

[044] Durante esta fase, o bloco 19 recebe como admissão os sinais correspondentes aos parâmetros T_{GS} , T_{COMB} e hS , os processa e supre como descarga a energia térmica P_{TS} trocada, e, ao mesmo tempo, o bloco 16 processa os parâmetros V_a , DCY e R_G para proporcionar como descarga o sinal indicando a energia térmica P_{TG} gerada. Neste ponto, o módulo 21, seguindo a operação de subtração entre a energia térmica P_{TG} gerada e a energia térmica P_{TS} trocada, implementado pelo circuito de soma 20, estima a energia térmica P_{TS} da vela de ignição 11 a ser provida como descarga na forma de um sinal elétrico para o circuito de soma 14.

[045] O motor 1 e o método de controle da vela de ignição 11 descritos acima têm a vantagem de assegurar um controle preciso e estável da temperatura da vela de ignição em qualquer condição de operação do motor, ao mesmo tempo assegurando uma redução maior do tempo de pré-aquecimento desta vela durante a fase de ignição. Em contraste aos sistemas eletrônicos de controle conhecidos que, conforme descrito acima, implementam um controle em loop aberto da temperatura, o método descrito acima implementa um controle de realimentação da temperatura, aperfeiçoando, desse modo, a performance do motor ambas na fase de ignição e nas condições de operação normais.

[046] O motor e o método de controle do dispositivo de aquecimento descrito acima têm a vantagem que eles são simples e econômicos de implementar, visto que eles são capazes de um controle em loop fechado direto da temperatura do dispositivo de aquecimento baseado nas grandezas do motor e tipicamente disponíveis, sem necessitar usar um sensor de temperatura montado diretamente no dispositivo de aquecimento, que como última solução, em adição a ser extremamente complexo para produzir, também requereria custos muito altos.

[047] Será apreciado que o motor e o método de controle do dispositivo de aquecimento, conforme descritos e ilustrados, podem ser modificados e variados sem, desse modo, fugir do escopo da presente invenção conforme colocada nas reivindicações em anexo.

Reivindicações

1. Motor de combustão interna (1) compreendendo pelo menos um cilindro (2) provido de pelo menos um dispositivo de aquecimento (11) adaptado internamente para aquecer uma câmara de combustão de volume variável (9) do cilindro (2), e uma unidade eletrônica de controle (12) adaptada para acionar o dispositivo de aquecimento (11) de modo a variar a temperatura do dispositivo de aquecimento (11), a unidade eletrônica de controle (12) compreendendo meio de estimação (13) adaptado para estimar a temperatura (T_{GS}) do meio de aquecimento (11) no interior da câmara de combustão (9), e meios de controle (15) adaptados para acionar o meio de aquecimento (11) como uma função da temperatura estimada (T_{GS}); referido meio de estimação (13) compreendendo primeiros meios de cálculo (16) adaptados para calcular a energia térmica (P_{TG}) gerada pelo dispositivo de aquecimento (11), segundos meios de cálculo (17, 18, 19) adaptados para calcular a energia térmica (P_{TS}) trocada no interior da câmara de combustão (9), e terceiros meios de cálculo (21) adaptados para estimar a temperatura (T_{GS}) do meio de aquecimento (11) como uma função da diferença entre a energia térmica (P_{TG}) gerada e a energia térmica (P_{TS}) trocada;

o motor (1) sendo **caracterizado** por os segundos meios de cálculo (17, 18, 19) compreenderem quartos meios de cálculo (17) adaptados para calcular a temperatura interna (T_{COMB}) da câmara de combustão (9), e quintos meios de cálculo (19) adaptados para calcular a energia térmica (P_{TS}) trocada como 25 uma função da diferença entre a temperatura interna (T_{COMB}) da câmara de combustão (9) e uma temperatura estimada (T_{GS}) do dispositivo de aquecimento (11).

2. Motor, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por os terceiros meios de cálculo (21) serem adaptados para estimar a temperatura (T_{GS}) do dispositivo de aquecimento (11) por meio do seguinte relacionamento:

$$T_{GS} = \frac{1}{C_{iVELA}} \cdot \int_{t_0}^t \Delta P \cdot dt$$

em que os instantes t_0 e t ligam o intervalo de tempo durante o qual o balanço de energia é efetuado, ΔP é a diferença entre a energia térmica (P_{TG}) gerada e a energia térmica

(P_{TS}) trocada, e C_{TVELA} é a capacidade térmica do dispositivo de aquecimento.

3. Motor, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que os meios de controle (15) são adaptados para gerar um sinal de controle (S_{COM}) para o dispositivo de aquecimento (11), este sinal de controle (S_{COM}) compreendendo uma série de pulsos (PWM), o motor sendo **caracterizado** por os primeiros meios de cálculo (16) serem adaptados para calcular a energia térmica (P_{TG}) gerada como uma função de uma série de parâmetros compreendendo a tensão (V_a) do sinal de controle (S_{COM}), e/ou o ciclo de rendimento (DCY) dos pulsos do sinal de controle (S_{COM}), e/ou a resistência elétrica (R_G) do dispositivo de aquecimento (11).

4. Motor, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, **caracterizado** por os quintos meios de cálculo (19) serem adaptados para calcular a energia térmica (P_{TS}) trocada por meio do seguinte relacionamento:

$$P_{TS} = hS (T_{GS} - T_{COMB})$$

em que P_{TS} é a energia térmica trocada, T_{GS} é uma temperatura estimada, T_{COMB} é a temperatura da câmara de combustão (9), e hS é o coeficiente de troca de calor.

5. Motor, de acordo com a reivindicação 1 ou 4, **caracterizado** por os quartos meios de cálculo (17) serem adaptados para calcular a temperatura interna (T_{COMB}) da câmara de combustão (9) como uma função de uma série de parâmetros de motor (T_{AR} , T_{H2O} , CARGA, RPM), e na base do estado de operação (S_{ESTADO}) do motor.

6. Motor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 3 a 5, **caracterizado** por os meios de controle (15) serem adaptados para gerar o sinal de controle (S_{COM}) como uma função da diferença entre uma temperatura objetivada (T_{GO}) que é para ser alcançada pelo dispositivo de aquecimento (11), e a temperatura estimada (T_{GS}).

7. Método de controle para um motor de combustão interna (1), conforme definido na reivindicação 1, o método compreendendo pelo menos um cilindro (2) provido de pelo menos um dispositivo de aquecimento (11) adaptado internamente para aquecer uma câmara de combustão de volume variável (9) do cilindro (2), o método de controle compreendendo o estágio de acionar o dispositivo de aquecimento (11) de modo a variar a temperatura deste dispositivo de aquecimento (11), o método de controle

compreendendo os estágios de estimar a temperatura (T_{GS}) do dispositivo de aquecimento (11) no interior da câmara de combustão (9), e acionar o dispositivo de aquecimento (11) como uma função da temperatura estimada (T_{GS}); o estágio de estimar a temperatura (T_{GS}) do dispositivo de aquecimento (11) compreendendo os estágios de calcular a energia térmica (P_{TG}) gerada pelo dispositivo de aquecimento (11), calcular a energia térmica (P_{TS}) trocada no interior da câmara de combustão (9), e estimar a temperatura (T_{GS}) do meio de aquecimento (11) como uma função da diferença entre a energia térmica (P_{TG}) gerada e a energia térmica (P_{TS}) trocada;

caracterizado por o estágio de calcular a energia térmica (P_{TS}) trocada compreender os estágios de calcular a temperatura interna (T_{COMB}) da câmara de combustão (9), calcular a energia térmica (P_{TS}) trocada como uma função da diferença entre a temperatura interna (T_{COMB}) da câmara de combustão (9) e uma temperatura estimada (T_{GS}) do dispositivo de aquecimento (11).

8. Método de controle, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** por o estágio de estimar a temperatura (T_{GS}) do dispositivo de aquecimento (11) compreender o estágio de implementar o seguinte relacionamento:

$$T_{GS} = \frac{1}{C_{tVELA}} \cdot \int_{t_0}^t \Delta P \cdot dt$$

em que os instantes t_0 e t ligam o intervalo de tempo durante o qual o balanço de energia é efetuado, ΔP é a diferença entre a energia térmica (P_{TG}) gerada e a energia térmica (P_{TS}) trocada, e C_{tVELA} é a capacidade térmica do dispositivo de aquecimento.

9. Método de controle, de acordo com a reivindicação 7 ou 8, em que o estágio de gerar um sinal de controle (S_{COM}) para o dispositivo de aquecimento (11), este sinal de controle (S_{COM}) compreendendo uma série de pulsos (PWM), o método sendo pelo **caracterizado** por o estágio de calcular a energia térmica (P_{TG}) gerada compreender o estágio de cálculo da energia térmica (P_{TG}) gerada como uma função de uma série de parâmetros compreendendo a tensão (V_a) do sinal de controle (S_{COM}), e/ou o ciclo de rendimento (DCY) dos pulsos do sinal de controle (S_{COM}), e/ou a resistência elétrica (R_G) do dispositivo de aquecimento (11).

10. Método de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 7 a 9, **caracterizado** por a energia térmica (P_{TS}) trocada ser calculada por meio do seguinte relacionamento:

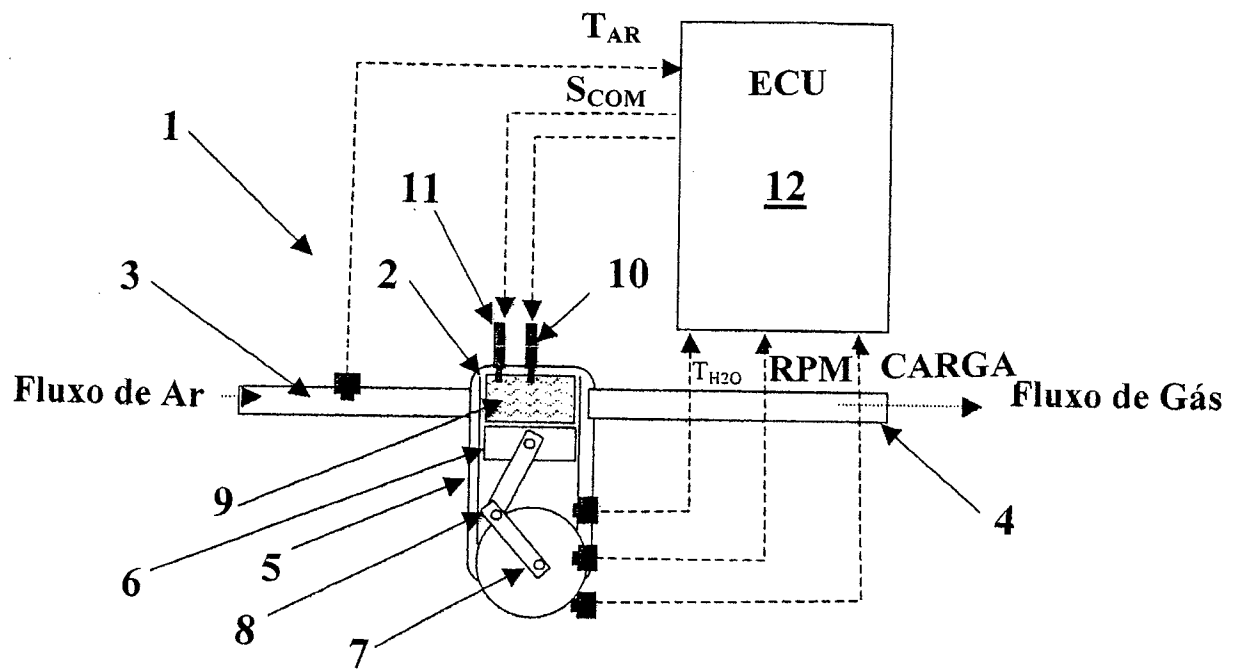
$$P_{TS} = hS (T_{GS} - T_{COMB})$$

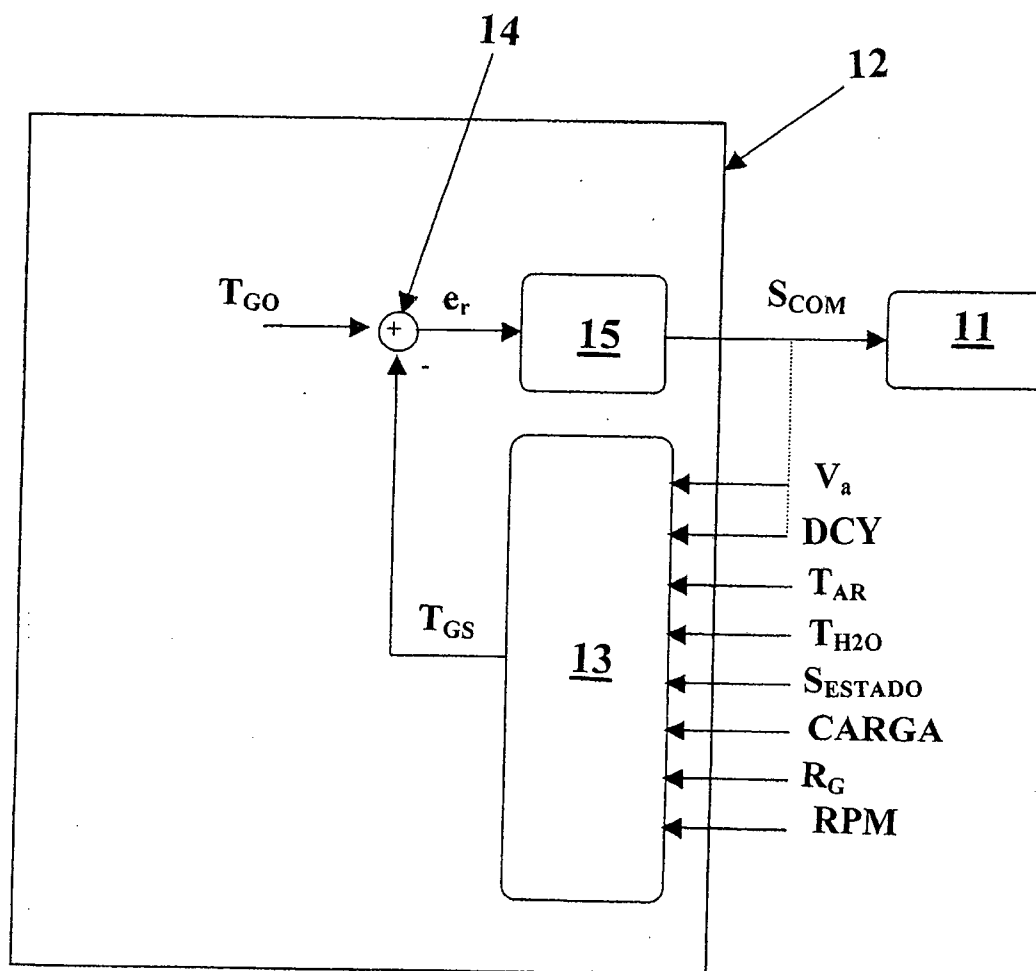
em que P_{TS} é a energia térmica trocada, T_{GS} é uma temperatura estimada, T_{COMB} é a temperatura da câmara de combustão (9), e hS é o coeficiente de troca de calor.

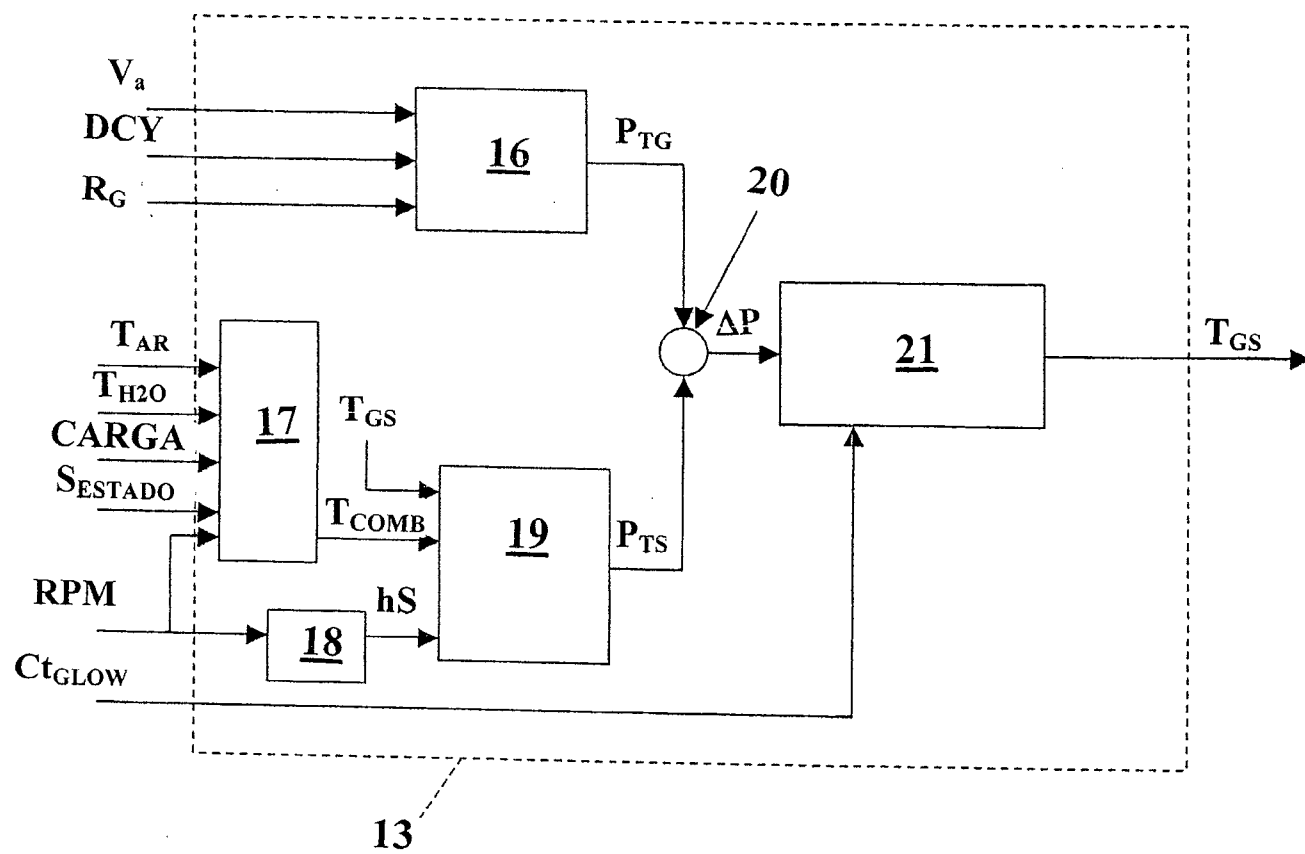
11. Método de controle, de acordo com a reivindicação 7 ou 10, **caracterizado** por compreender o estágio de calcular a temperatura interna (T_{COMB}) na câmara de combustão (9) como uma função de uma série de parâmetros de motor (T_{AR} , T_{H_2O} , CARGA, RPM), e na base do estado de operação (S_{ESTADO}) do motor.

12. Método de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 9 a 11, **caracterizado** por compreender o estágio de gerar o sinal de controle (S_{COM}) como uma função da diferença entre uma temperatura objetivada (T_{GO}) que é para ser alcançada pelo dispositivo de aquecimento (11) e a temperatura estimada (T_{GS}).

13. Unidade eletrônica de controle (12) para um motor de combustão interna (1) conforme definido na reivindicação 1, o motor (1) compreendendo pelo menos um cilindro (2) provido de pelo menos um dispositivo de aquecimento (11) adaptado internamente para aquecer uma câmara de combustão de volume variável (9) do cilindro (2), a unidade de controle (12) sendo **caracterizada** por implementar um método de controle para o dispositivo de aquecimento (11) conforme definido em qualquer uma das reivindicações 7 a 12.

*FIG. 1*

**FIG. 2**

**FIG. 3**