

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

(21) **PI 1102468-2 A2**

(22) Data de Depósito: 26/05/2011
(43) Data da Publicação: 15/01/2013
(RPI 2193)



(51) *Int.Cl.:*

F02P 5/145
F02P 5/15
F02P 5/152
F02P 5/153
F02D 45/00
F02D 43/00
G01L 23/22

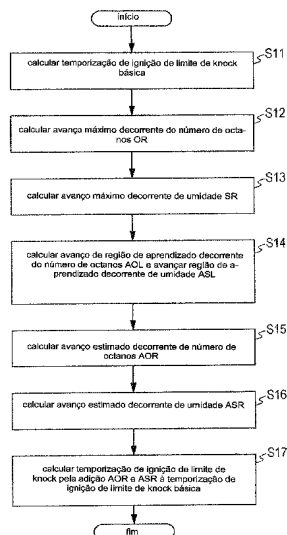
(54) **Título:** CONTROLADOR DE TEMPORIZAÇÃO DE IGNIÇÃO PARA MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

(30) **Prioridade Unionista:** 09/06/2010 JP 2010-132289

(73) **Titular(es):** Nissan Motor CO., LTD.

(72) **Inventor(es):** Yuji Sasaki

(57) **Resumo:** CONTROLADOR DE TEMPORIZAÇÃO DE IGNIÇÃO PARA MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA. Um controlador de temporização de ignição para um motor inclui meios de cálculo de temporização de ignição de limite de knock básica que calcula uma temporização de ignição de limite de knock básica com base em um estado operacional do motor; meios de cálculo de variação de região de aprendizado que aprende a temporização de ignição de limite de knock do motor em duas regiões operacionais e calcula, dessa forma, uma variação de região de aprendizado decorrente do número de octanos e uma variação de região de aprendizado decorrente da umidade em uma das regiões operacionais; meios de cálculo de variação estimada que estima uma variação decorrente do número de octanos e uma variação decorrente do número de octanos e a variação de região de aprendizado decorrente da umidade; e meios de cálculo de temporização de ignição de limite de knock que calcula a temporização de ignição de limite de knock no presente estado operacional com base na temporização de ignição de limite de knock básica, a variação decorrente do número de octanos, e a variação decorrente da umidade.



"CONTROLADOR DE TEMPORIZAÇÃO DE IGNIÇÃO PARA MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA"

Referência Cruzada a Pedidos Relacionados

5 Esse pedido reivindica prioridade sob 35 U.S.C. § 119 do pedido de patente japonês No. 2010-132289, depositado em 9 de junho de 2010, que é incorporado por referência aqui em sua totalidade.

Fundamentos da Invenção

Campo da Invenção

10 A presente invenção refere-se a um controlador de temporização de ignição para um motor de combustão interna.

Descrição da Técnica Relacionada

15 Um controlador de temporização de ignição existente para um motor de combustão interna avança a temporização da ignição para um nível no qual knock não ocorra, calcula um indicador que ilustra a resistência a knock de um combustível e interpola uma temporização de ignição de limite de knock quando gasolina regular é utilizada e uma temporização de ignição de limite de knock quando gasolina de alta octanagem é utilizada, tendo sido armazenada de antemão, pela utilização do indicador de resistência a knock.

20 No entanto, com o controlador de temporização de ignição existente para um motor de combustão interna, é impossível se distinguir, de dados de temporização de ignição de limite de knock apenas, se a resistência a knock aumentou e a temporização de ignição foi avançada devido à diferença no número de octanos de um combustível para um ambiente de alta umidade. Portanto, existe um problema no qual, no caso onde a temporização de ignição foi avançada devido à umidade ambiental ser alta, a temporização de ignição de limite de knock interpolada pode ser desviada da temporização de ignição de limite de knock real.

25 Um objetivo da presente invenção, que foi alcançado em vista de tal problema, é se calcular uma temporização de ignição de limite de knock com precisão.

Sumário da Invenção

30 De acordo com a presente invenção, uma temporização de ignição de limite de knock básica é calculada com base em um estado operacional do motor de combustão interna. Um estado operacional do motor é determinado com base em uma combinação de uma velocidade de motor e uma carga de motor (que pode ser determinada pela quantidade de entrada de ar no motor) e pode ser representada como um ponto no gráfico possuindo velocidade de motor e carga de motor como eixos geométricos de coordenadas. A temporização de ignição de limite de knock básica é uma temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de número de octanos básico predeterminado é utilizado e uma umidade ambiente está em uma umidade ambiente básica predeterminada. Então, a

temporização de ignição de limite de knock do motor de combustão interna em duas regiões operacionais predeterminadas são aprendidos, e uma variação da região de aprendizado devido ao número de octanos e uma variação da região de aprendizado devido à umidade são calculadas com base nos valores de aprendizado da temporização de ignição de limite de knock nas duas regiões operacionais. Uma região operacional é determinada com base em uma combinação de uma faixa de velocidades de motor e uma faixa de cargas de motor, e pode ser representada por uma região em um gráfico possuindo velocidade de motor e carga de motor como eixos geométricos coordenados. A variação da região de aprendizado devido ao número de octanos é uma quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock da temporização de ignição de limite de knock básica devido a uma influência de um número de octanos de um combustível utilizado em uma das duas regiões operacionais, e a variação de região de aprendizado devido à umidade é uma quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica devido a uma influência da umidade ambiente em uma das duas regiões operacionais. A seguir, uma variação decorrente do número de octanos e uma variação devido à umidade são estimadas com base na variação da região de aprendizado devido ao número de octanos e a variação da região de aprendizado devido à umidade. A variação devido ao número de octanos é a quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock da temporização de ignição de limite de knock básica decorrente de uma influência do número de octanos do combustível utilizado em um estado operacional presente, e a variação decorrente da umidade é a quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica devido a uma influência da umidade ambiente no estado operacional presente. Por fim, a temporização de ignição de limite de knock no presente estado operacional é calculada com base na temporização de ignição de limite de knock básica, a variação decorrente do número de octanos, e a variação devido à umidade.

A quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica devido à influência do número de octanos no combustível e a quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock devido à influência da umidade ambiente são calculadas independentemente, e são utilizadas para calcular uma temporização de ignição de limite de knock que reflete com precisão as influências do número de octanos do combustível e da umidade ambiente. Portanto, a temporização de ignição de limite de knock pode ser calculada com precisão.

Em uma modalidade, um controlador de temporização de ignição é descrito para um motor de combustão interna. O controlador inclui uma calculadora de ignição de limite de knock básica, uma calculadora de variação de região de aprendizado, uma calculadora de variação estimada, e uma calculadora de temporização de ignição de limite de knock. A cal-

culadora de temporização de ignição de limite de knock básica calcula uma temporização de ignição de limite de knock básica com base em um estado operacional do motor de combustão interna, uma temporização de ignição de limite de knock básica sendo uma temporização de ignição de limite de knock quando um combustível com número de octanos básico predeterminado é utilizado e uma umidade ambiente está em uma umidade ambiente básica predeterminada. A calculadora de variação de região de aprendizado aprende a temporização de ignição de limite de knock do motor de combustão interna em duas regiões operacionais predeterminadas e calcula uma variação de região de aprendizado devido ao número de octanos e uma variação de região de aprendizado devido à umidade com base nos valores de aprendizado da temporização de ignição de limite de knock nas duas regiões operacionais, a variação de região de aprendizado devido ao número de octanos sendo uma quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica devido a uma influência de um número de octanos de um combustível utilizado em uma das duas regiões operacionais, a variação de região de aprendizado devido à umidade sendo uma quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock devido a uma influência da umidade ambiente em uma das duas regiões operacionais. A calculadora de variação estimada estima uma variação decorrente do número de octanos e uma variação decorrente da umidade na base da variação de região de aprendizado devido ao número de octanos e a variação de região de aprendizado devido à umidade, a variação decorrente do número de octanos sendo a quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock da temporização de ignição de limite de knock básica devido a uma influência do número de octanos do combustível utilizado em um presente estado operacional, a variação decorrente da umidade sendo a quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica devido a uma influência da umidade ambiente no presente estado operacional. A calculadora de temporização de ignição de limite de knock calcula a temporização de ignição de limite de knock no presente estado operacional com base na temporização de ignição de limite de knock básica, a variação decorrente do número de octanos, e a variação devido à umidade.

Em outra modalidade, um controlador de temporização de ignição para um motor de combustão interna é descrito. O controlador inclui um meio de ignição de limite de knock básico, um meio de cálculo de variação de região de aprendizado, um meio de cálculo de variação estimada, e um meio de cálculo de temporização de ignição de limite de knock. O meio de cálculo de temporização de ignição de limite de knock básico calcula uma temporização de ignição de limite de knock básica com base em um estado operacional do motor de combustão interna, a temporização de ignição de limite de knock básica sendo uma temporização de ignição de limite de knock quando um combustível com número de octano bá-

sico predeterminado é utilizado e uma umidade ambiente está em uma umidade ambiente básica predeterminada. O meio de cálculo de variação de região de aprendizado aprende a temporização de ignição de limite de knock do motor de combustão interna nas duas regiões operacionais predeterminadas e calcula uma variação de região de aprendizado devido ao número de octanos e uma variação de região de aprendizado devido à umidade com base nos valores de aprendizado da temporização de ignição de limite de knock nas duas regiões operacionais, a variação de região de aprendizado decorrente do número de octanos sendo uma quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock com relação à temporização de ignição de limite de knock devido a uma influência de um número de octanos de um combustível utilizado em uma das duas regiões operacionais, a variação de região de aprendizado devido à umidade sendo uma quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica devido a uma influência da umidade ambiente em uma das duas regiões operacionais. O meio de cálculo de variação estimada estima uma variação decorrente do número de octanos e uma variação devido à umidade com base na variação de região de aprendizado devido ao número de octanos e a variação de região de aprendizado devido à umidade, a variação decorrente do número de octanos sendo a quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica devido a uma influência do número de octanos do combustível utilizado em um presente estado operacional, a variação decorrente da umidade sendo a quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica devido a uma influência da umidade ambiente no presente estado operacional. O meio de cálculo de temporização de ignição de limite de knock calcula a temporização de ignição de limite de knock no presente estado operacional com base na temporização de ignição de limite de knock básica, a variação decorrente do número de octanos, e a variação devido à umidade.

Em outra modalidade, um método de controle de temporização de ignição é fornecido para um motor de combustão interna. O método inclui o cálculo de uma temporização de ignição de limite de knock básica com base em um estado operacional do motor de combustão interna, a temporização de ignição de limite de knock básica sendo uma temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de número de octano básico predeterminado é utilizado e uma umidade ambiente está em uma umidade ambiente básica predeterminada. O método inclui adicionalmente o aprendizado da temporização de ignição de limite de knock do motor de combustão interna em duas regiões operacionais predeterminadas e o cálculo de uma variação de região de aprendizado decorrente do número de octanos e uma variação de região de aprendizado devido à umidade com base nos valores de aprendizado da temporização de ignição de limite de knock nas duas regiões operacio-

nais, a variação de região de aprendizado decorrente do número de octanos sendo uma quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock com relação à temporização de ignição de limite de knock básica devido a uma influência de um número de octanos de um combustível utilizado em uma das duas regiões operacionais, a variação de região de aprendizado devido à umidade sendo uma quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock da temporização de ignição de limite de knock básica devido a uma influência da umidade ambiente em uma das duas regiões operacionais. O método inclui adicionalmente a estimativa de uma variação decorrente do número de octanos e uma variação decorrente da umidade com base na variação de região de aprendizado devido ao número de octanos e a variação de região de aprendizado devido á umidade, a variação corrente do número de octanos sendo a quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica devido a uma influência do número de octanos do combustível utilizado em um presente estado operacional, a variação decorrente da umidade sendo a quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica devido a uma influência da umidade ambiente no presente estado operacional. O método inclui adicionalmente o cálculo da temporização de ignição de limite de knock no presente estado operacional com base na temporização de ignição de limite de knock básica, a variação decorrente do número de octanos, e a variação decorrente da umidade.

Breve Descrição dos Desenhos

Os desenhos em anexo, que são incorporados aqui e constituem parte dessa especificação, ilustram as modalidades atualmente preferidas da invenção e juntamente com a descrição geral fornecida acima e da descrição detalhada fornecida abaixo servem para explicar as características da invenção.

A figura 1 é uma vista esquemática de um controlador de temporização de ignição para um motor de combustão interna de ignição por fagulha de acordo com uma modalidade da presente invenção;

A figura 2 é um diagrama em bloco do controle de cálculo de temporização de ignição de limite de knock de acordo com a modalidade da presente invenção;

A figura 3 é um mapa utilizado para calcular uma temporização de ignição de limite de knock básica de acordo com a modalidade da presente invenção;

A figura 4 é um fluxograma de uma rotina de cálculo de valor de aprendizado de acordo com a modalidade da presente invenção;

As figuras 5a e 5b são gráficos ilustrando um método de cálculo de um avanço de região de aprendizado devido a um número de octanos e um avanço de região de aprendizado devido à umidade de acordo com a modalidade da presente invenção;

A figura 6 é um gráfico representando a relação entre a velocidade de motor e a di-

ferença Δ_{oct} entre a temporização de ignição de limite de knock quando o combustível de alta octanagem é utilizado e a temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de baixa octanagem é utilizado;

A figura 7 é um gráfico representando a relação entre a velocidade de motor e a diferença Δ_{hum} entre a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade é alta e a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade é baixa; e

A figura 8 é um fluxograma de uma rotina de cálculo de temporização de ignição de limite de knock de acordo com a modalidade da presente invenção.

Descrição Detalhada das Modalidades Preferidas

Uma modalidade da presente invenção será descrita com referência aos desenhos. Na descrição a seguir, o termo "combustível de baixa octanagem" se refere a um combustível possuindo um número de octanos de aproximadamente 92, tal como a gasolina regular. O termo "combustível de alta octanagem" se refere a um combustível possuindo um número de octanos de aproximadamente 102, tal como uma gasolina de alta octanagem. O termo "baixa umidade" se refere a uma condição na qual a pressão de vapor de água no ar ("pressão parcial de vapor de água") é de cerca de 1kPa. O termo "alta umidade" se refere a uma condição na qual a pressão parcial de vapor de água é de cerca de 7 kPa. O termo "estado operacional" é uma combinação de uma velocidade do motor e uma carga de motor (total de ar de entrada), e pode ser chamado de "ponto de operação" porque um estado operacional é representado por um ponto em um plano tendo a velocidade de motor e a carga de motor como os eixos de coordenada. O termo "região operacional" é uma combinação de uma variação da velocidade de motor e uma variação da carga de motor (total de ar de entrada), e é representado por uma região tendo uma certa área em um plano tendo a velocidade de motor e a carga de motor como os eixos de coordenada.

A figura 1 é uma vista esquemática de um controlador de temporização de ignição 100 para um motor de combustão interna de ignição por fagulha 1 de acordo com uma modalidade da presente invenção. O controlador de temporização de ignição 100 para o motor 1 inclui um tubo de entrada 2, um tubo de saída 3, e um controlador 4. O ar de entrada flui para dentro do tubo 1 através do tubo de entrada 2. O gás de exaustão de combustão é descarregado a partir do motor 1 através do tubo de exaustão 3.

O motor 1 inclui um bloco de cilindro 11 e um cabeçote de cilindro 12. O bloco de cilindro 11 inclui uma parte de cilindro 11a e um carter 11b. A parte de cilindro 11a possui uma pluralidade de cilindros 110. Um pistão 111, que alterna no cilindro 110 devido a uma pressão de combustão, é disposto em cada um dos cilindros 110. Um pino de pistão 113 é inserido através do pistão 111, e uma extremidade de uma haste de conexão 112 é fixada ao pino de pistão 113. O carter 11b é disposto abaixo da parte de cilindro 11a. O carter 11b suporta de forma rotativa um virabrequim 114. O virabrequim 114 converte a alternância do

pistão 111 em rotação através da haste de conexão 112. O cabeçote de cilindro 12 é fixado à superfície superior do bloco de cilindro 11. O cabeçote de cilindro 12, o cilindro 110, e o pistão 111 formam uma parte de uma câmara de combustão 13.

Uma porta de entrada 120 e uma porta de exaustão 121 são formadas no cabeçote de cilindro 12. a porta de entrada 120 conecta o tubo de entrada 2 a uma abertura formada na parede superior da câmara de combustão 13. A porta de exaustão 121 conecta o tubo de exaustão 3 a uma abertura formada na parede superior da câmara de combustão 13. Um bujão de ignição 122 é formado na parede superior da câmara de combustão 13 no centro da parede superior. Uma válvula de entrada 123 e uma válvula de exaustão 124 são dispostas no cabeçote de cilindro 12. A válvula de entrada 123 abre ou fecha a abertura entre a camada de combustão 13 e a porta de entrada 120. A válvula de exaustão 124 abre e fecha a abertura entre a câmara de combustão 13 e a porta de exaustão 121. Um eixo de came de entrada 125 e um eixo de came de exaustão 126 são dispostos no cabeçote de cilindro 12. O eixo de came de entrada 125 abre e fecha a válvula de entrada 123. O eixo de came de exaustão 126 abre e fecha a válvula de exaustão 124.

Um limpador de ar 21, um medidor de fluxo de ar 22, uma válvula de aceleração 23 que é eletronicamente controlada, e uma válvula de injeção de combustível 24 são dispostos no tubo de entrada 2 nessa ordem a partir do lado a montante. O limpador de ar 21 remove as substâncias estranhas, tal como areia, do ar de entrada. O medidor de fluxo de ar 22 detecta a quantidade de ar de entrada. A válvula de aceleração 23 ajusta a quantidade de ar puxado para dentro do cilindro 110 alterando a área transversal do tubo de entrada 2. Um acionador de acelerador 26 abre e fecha a válvula de aceleração 23, e um sensor de aceleração 25 detecta o grau de abertura da válvula de aceleração 23. A válvula de injeção de combustível 24 injeta combustível na direção da porta de entrada 120 de acordo com o estado operacional do motor 1. Um catalisador de três vias 31, que remove as substâncias danosas, tal como hidrocarbonos e óxidos de nitrogênio, do gás de exaustão, é disposto no tubo de exaustão 3.

O controlador 4 é um microcomputador incluindo uma unidade de processamento central (CPU), uma memória de leitura apenas (ROM), uma memória de acesso randômico (RAM), e uma interface de entrada/saída (interface I/O). Os sinais de detecção dos sensores a seguir, para detecção do estado operacional do motor 1, são registrados no controlador 4: o medidor de fluxo de ar 22; o sensor de aceleração 25; um sensor de velocidade de motor 41 para detecção da velocidade do motor com base no ângulo de manivela, um sensor de passo de acelerador 42 para detectar a quantidade pressionada do pedal do acelerador, que indica a carga do motor; um sensor de combustível 43 para detectar se o combustível foi aplicado; e um sensor de ignição 44 para detectar um sinal de partida do motor.

De acordo com o estado operacional detectado do motor 1, o controlador 4 controla

a temporização de ignição do bujão de ignição 122 de modo que a temporização de ignição se torne a temporização de ignição ideal (por exemplo, MBT, avanço mínimo para melhor torque) ou a temporização de ignição de limite de knock. Para ser específico, se a temporização de ignição ideal for retardada com relação á temporização de ignição de limite de knock, a temporização de ignição é controlada para se tornar a temporização de ignição ideal. Se a temporização de ignição ideal for avançada a partir da temporização de ignição de limite de knock, a temporização de ignição é controlada para se tornar a temporização de ignição de limite de knock. Isso porque, se a temporização de ignição for avançada a partir da temporização de ignição de limite de knock, o knock excedendo um limite permitido ocorre, e a energia e a durabilidade do motor são reduzidos. Portanto, é necessário se impedir que a temporização de ignição seja avançada além da temporização de ignição de limite de knock. Para se fazer isso, é necessário se calcular com precisão a temporização de ignição de limite de knock.

A temporização de ignição ideal não depende do número de octanos do combustível e da umidade ambiente. A temporização de ignição ideal não muda quando o número de octanos do combustível ou a umidade ambiente muda, desde que a velocidade de motor e a carga de motor sejam iguais. Portanto, a temporização de ignição ideal pode ser calculada com base no estado operacional do motor pela utilização de um mapa.

No entanto, a temporização de ignição de limite de knock depende do número de octanos do combustível e da umidade ambiente. Mesmo se a velocidade do motor e a carga do motor forem iguais, a temporização de ignição de limite de knock muda de acordo com o número de octanos do combustível e da umidade ambiente. Para ser específico, mesmo se a velocidade do motor e a carga do motor forem iguais, quanto maior a octanagem do combustível, mais avançada a temporização de ignição de limite de knock. Quanto maior a umidade ambiente, mais avançada a temporização de ignição de limite de knock.

Sob a tecnologia existente anteriormente, a fim de se calcular a temporização de ignição de limite de knock pela utilização de um mapa, é necessário se preparar um mapa no qual uma temporização de ignição de limite de knock básica é configurada com base na velocidade de motor e a carga de motor e uma pluralidade de mapas de correção correspondentes ao número de octanos de combustível e umidade ambiente, e para se calcular a temporização de ignição de limite de knock pela referência aos mapas. Consequentemente, um número maior de grades de um mapa ou o número de mapas é necessário a fim de se calcular com precisão a temporização de ignição de limite de knock, e é necessário se realizar uma experiência preliminar grande para se criar os mapas, o que dá lugar a um problema no qual homem-hora para o desenvolvimento e o custo do desenvolvimento aumentam.

Para se solucionar esse problema, um método é fornecido no qual o cálculo da temporização de ignição de limite de knock pelo aprendizado durante a operação. Com esse

método, a temporização de ignição de limite de knock básica BIT é calculada com base na velocidade do motor e na carga do motor, a temporização de ignição sendo gradualmente avançada a partir da temporização de ignição de limite de knock básica, e uma temporização de ignição na qual o knock fraco ocorre é aprendida como a temporização de ignição de limite de knock no estado operacional.

Para se aprender com precisão a temporização de ignição de limite de knock pela utilização de tal método, é necessário se realizar o aprendizado de toda a região operacional. No entanto, visto que a velocidade de motor e a carga de motor mudam, é difícil se realizar o aprendizado na mesma velocidade de motor e na mesma carga de motor por um longo tempo. Ademais, em uma região operacional possuindo uma frequência comparativamente baixa de uso, existe uma oportunidade limitada para a realização do aprendizado.

Adicionalmente, como descrito acima, a temporização de ignição de limite de knock muda de acordo com o número de octanos do combustível e da umidade ambiente mesmos se a velocidade do motor e a carga do motor forem iguais. Isso é, o valor de aprendizado da temporização de ignição de limite de knock pode ser considerado a soma do avanço devido à influência do número de octanos ("avanço decorrente do número de octanos") e o avanço devido à influência da umidade ambiente ("avanço decorrente da umidade"). No entanto, pela utilização simples do valor de aprendizado, a proporção do avanço devido ao número de octanos no valor de aprendizado e a proporção de avanço devido à umidade no valor de aprendizado não podem ser obtidos. Portanto, se, por exemplo, quando a umidade ambiente estiver baixa, a temporização de ignição for configurada na temporização de ignição de limite de knock que foi aprendida quando a umidade ambiente estava alta, knock pode ocorrer devido a um avanço excessivo. Ao contrário, se, quando a umidade ambiente estiver alta, a temporização de ignição for configurada na temporização de ignição de limite de knock que foi aprendida quando a umidade ambiente estava baixa, uma economia de combustível pode ser reduzida devido a um retardo excessivo da temporização de ignição de limite de knock.

Portanto, sem análise adicional, o método de cálculo da temporização de ignição de limite de knock pelo aprendizado descrito acima resulta em um valor de aprendizado da temporização de ignição de limite de knock que tende a desviar da temporização de ignição de limite de knock real, o que causa um problema visto que a temporização de ignição de limite de knock não é calculada com precisão.

Para se impedir isso, na presente modalidade, a temporização de ignição de limite de knock é calculada com precisão pelo cálculo independente do avanço devido ao número de octanos e o avanço devido à umidade. Para ser mais específico, uma temporização de ignição de limite de knock básica é primeiramente calculada, isso é, uma temporização de ignição de limite de knock quando uma umidade está baixa e um combustível de baixa octa-

nagem é utilizado no presente estado operacional (a velocidade de motor e a carga de motor).

A seguir, o aprendizado da temporização de ignição de limite de knock é realizado em duas regiões operacionais predeterminadas que não são diretamente relacionadas com o presente estado operacional, mas possuindo uma frequência de uso comparativamente alta. Com base nos valores de aprendizado da temporização de ignição de limite de knock nas duas regiões operacionais, o avanço decorrente do número de octanos ("avanço da região de aprendizado decorrente do número de octanos") e o avanço decorrente da umidade ("avanço da região de aprendizado devido decorrente da umidade") em uma das regiões operacionais são calculados. Então, com base no avanço de região de aprendizado devido ao número de octanos e o avanço da região de aprendizado devido à umidade, que foram aprendidos, o avanço decorrente do número de octanos ("avanço estimado decorrente do número de octanos") e o avanço decorrente da umidade ("avanço estimado decorrente da umidade") no presente estado operacional são calculados.

Por fim, o avanço estimado decorrente do número de octanos e o avanço estimado decorrente da umidade são adicionados à temporização de ignição de limite de knock básica, onde a temporização de ignição de limite de knock no presente estado operacional é calculada. Doravante, o controle de cálculo de temporização de ignição de limite de knock de acordo com a presente modalidade será descrito.

A figura 2 é um diagrama em bloco do controle de cálculo de temporização de ignição de limite de knock de acordo com a presente modalidade. Como ilustrado na figura 2, uma calculadora de temporização de ignição de limite de knock 10 inclui uma calculadora de temporização de ignição de limite de knock básica 5, uma calculadora de valor de aprendizado 6, uma calculadora de avanço de região de aprendizado 7, uma calculadora de avanço estimado 8, e um somador 9.

A calculadora de temporização de ignição de limite de knock básica 5 calcula a temporização de ignição de limite de knock básica com base na velocidade de motor e na carga de motor. Os detalhes serão descritos abaixo com referência à figura 3. A calculadora de valor de aprendizado 6 calcula o valor de aprendizado da temporização de ignição de limite de knock em duas regiões operacionais predeterminadas possuindo uma frequência de uso comparativamente alta. Para ser específica, o valor de aprendizado da temporização de ignição de limite de knock em uma região operacional de baixa rotação ("região de baixa rotação") possuindo uma frequência de uso comparativamente alta, isso é, um avanço ("avanço de aprendizado de baixa rotação") AL da temporização de ignição de limite de knock básica na região de baixa rotação é calculado. Adicionalmente, o valor de aprendizado da temporização de ignição de limite de knock em uma região operacional de alta rotação ("região de alta rotação") possuindo uma frequência de utilização comparativamente alta, isso é,

um avanço ("avanço de aprendizado de alta rotação") AH da temporização de ignição de limite de knock básica na região de alta rotação é calculado. Os detalhes serão descritos abaixo com referência à figura 4.

Na presente modalidade, a região de baixa rotação corresponde à velocidade de motor na faixa de 800 a 1200 rpm. A região de alta rotação corresponde à velocidade de motor na faixa de cerca de 3000 a 3400 rpm. A região de baixa rotação e a região de alta rotação não são limitadas a essas regiões e podem ser configuradas como uma região operacional possuindo frequência de utilização comparativamente alta de acordo com as características do motor 1.

A calculadora de avanço de região de aprendizado 7 calcula o avanço da região de aprendizado devido ao número de octanos e o avanço da região de aprendizado devido à umidade com base no avanço de aprendizado de baixa rotação AL e o avanço de aprendizado de alta rotação AH. Na presente modalidade, um avanço decorrente do número de octanos AOL e um avanço devido à umidade ASL na região de baixa rotação são respectivamente o avanço de região de aprendizado devido ao número de octanos e o avanço de região de aprendizado devido à umidade. Os detalhes serão descritos abaixo com referência às figuras de 5a a 7.

A calculadora de avanço estimado 8 calcula o avanço estimado decorrente do número de octanos AOR e o avanço estimado decorrente da umidade ASR com base no avanço da região de aprendizado devido ao número de octanos e o avanço de região de aprendizado decorrente da umidade. Os detalhes serão descritos abaixo com referência às figuras de 5a a 7. O somador 9 calcula a temporização de ignição de limite de knock pela adição do avanço estimado decorrente do número de octanos AOR e o avanço estimado decorrente da umidade ASR para a temporização de ignição de limite de knock básica.

A figura 3 é um mapa utilizado para calcular a temporização de ignição de limite de knock básica com base na velocidade de motor e carga de motor. O mapa é preparado antecipadamente pela realização de experiências preliminares e similares, e é armazenado no controlador 4. Como descrito acima, na presente modalidade, a temporização de ignição de limite de knock básica é a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade está baixa e o combustível de baixa octanagem é utilizado. Isso porque knock ocorre com maior frequência quando a umidade está baixa e um combustível de baixa octanagem é utilizado, e, portanto, a temporização de ignição de limite de knock é mais retardada. Como ilustrado na figura 3, a temporização de ignição de limite de knock básica é calculada com base na velocidade de motor e carga de motor. Quanto maior a velocidade do motor e menor a carga do motor, mais avançada a temporização de ignição de limite de knock básica.

A figura 4 é um fluxograma de uma rotina de cálculo de valor de aprendizado para calcular o avanço de aprendizado de baixa rotação AL e o avanço de aprendizado de alta

rotação AH. O controlador 4 realiza repetidamente a rotina em cada período de cálculo predeterminado (por exemplo, 10 ms.).

Na etapa S1, o controlador 4 determina se o número de octanos do combustível foi alterado. Para ser específico, o controlador detecta se novo combustível foi suprido para o motor 1. Se novo combustível tiver sido suprido, pelo reabastecimento do veículo, por exemplo, o controlador 4 realiza a etapa S2. Se novo combustível não tiver sido suprido, o controlador 4 realiza a etapa S3.

Na etapa S2, o controlador 4 reconfigura o avanço de aprendizado de baixa rotação AL e o avanço de aprendizado de alta rotação AH para o valor inicial de zero. Se a velocidade do motor estiver na região de baixa rotação, o controlador 4 realiza a etapa S4. Se não, o controlador realiza a etapa S7. Na etapa S4, o controlador 4 determina se knock está ocorrendo. Se knock não estiver ocorrendo, o controlador 4 realiza a etapa S5. Se knock estiver ocorrendo, o controlador 4 realiza a etapa S6. Na etapa S5, o controlador 4 aumenta o avanço de aprendizado de baixa rotação AL por uma primeira quantidade predeterminada.

Na etapa S6, o controlador 4 reduz o avanço de aprendizado de baixa rotação AL por uma segunda quantidade predeterminada. A segunda quantidade predeterminada é maior do que a primeira quantidade predeterminada. Na etapa S7, o controlador 4 determina se a velocidade do motor está na região de alta rotação. Se a velocidade do motor estiver na região de alta rotação, o controlador 4 realiza a etapa S8. Se não, o controlador 4 encerra o presente processo. Na etapa S8, o controlador 4 determina se knock está ocorrendo. Se knock não estiver ocorrendo, o controlador 4 realiza a etapa S9. Se knock estiver ocorrendo, o controlador 4 realiza a etapa S10. Na etapa S9, o controlador 4 aumenta o avanço de aprendizado de alta rotação AH pela primeira quantidade predeterminada. Na etapa S10, o controlador 4 reduz o avanço de aprendizado de alta rotação AH pela segunda quantidade predeterminada.

Com referência às figuras de 5a a 7, um método de cálculo do avanço da região de aprendizado devido ao número de octanos e o avanço da região de aprendizado devido á umidade será descrito. A figura 5a ilustra a relação entre a velocidade do motor e a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade é baixa (na umidade ambiente básica) e a carga de motor está em um nível predeterminado, que é ilustrado de acordo com o número de octano do combustível. Na figura 5a, uma linha sólida fina ilustra a temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de baixa octanagem é utilizado (quando o combustível de número de octanos básico é utilizado), e uma linha sólida espessa ilustra a temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de alta octanagem é utilizado (quando o combustível de número de octanos de referência é utilizado). Portanto, a linha sólida fina ilustra a temporização de ignição de limite de knock básica na carga de motor predeterminada.

Como ilustrado na figura 5a, quando a carga de motor e a umidade ambiente são iguais, a temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de alta octanagem é utilizado é mais avançada do que a temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de baixa octanagem é utilizado. Isso porque quanto maior a octanagem, maior a resistência a knock. A temporização de ignição de limite de knock move gradualmente na direção do lado avançado ao longo de uma curva ligeiramente ascendente convexa à medida que a velocidade do motor aumenta. No entanto, a quantidade de movimento difere dependendo da octanagem do combustível. A quantidade de movimento é menor quando um combustível de alta octanagem é utilizado do que quando um combustível de baixa octanagem é utilizado. Isso é, como ilustrado na figura 6, a diferença Δ_{oct} entre a temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de alta octanagem é utilizado e a temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de baixa octanagem é utilizado reduz à medida que a velocidade de motor aumenta.

A figura 6 é um gráfico representando a relação entre a velocidade do motor e a diferença Δ_{oct} entre a temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de alta octanagem é utilizado e a temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de baixa octanagem é utilizado. Na presente modalidade, esse gráfico é preparado antecipadamente pela realização de uma experiência preliminar e similares, e é armazenado no controlador 4. Pela referência a esse gráfico, a diferença Δ_{oct} entre a temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de alta octanagem é utilizado e a temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de baixa octanagem é utilizado na presente velocidade de motor, isso é, o avanço ("avanço máximo decorrente do número de octanos") OU da temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de baixa octanagem é utilizado para a temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de alta octanagem é utilizado na presente velocidade de motor é calculada.

Com referência novamente à figura 5, a diferença Δ_{oct} não muda quando a carga do motor muda, e depende apenas da velocidade do motor. Isso é, quando a carga de motor muda, uma curva representando a temporização de ignição de limite de knock move para cima e para baixo de acordo com a carga de motor enquanto mantém o formato ilustrado com uma linha sólida na figura 5a. Portanto, a diferença Δ_{oct} é, em outras palavras, o avanço máximo decorrente do número de octanos quando a umidade está baixa.

A temporização de ignição de limite de knock possui uma característica de modo que quanto maior o número de octanos do combustível, menor a quantidade do movimento na direção do lado avançado. Portanto, a temporização de ignição de limite de knock quando um combustível possuindo um número de octanos entre o número de octanos baixo e o número de octanos alto ("combustível com número de octanos predeterminado") é utilizado

é como ilustrado por uma linha interrompida na figura 5a, e a quantidade de movimento é menor do que quando um combustível de baixo octano é utilizado e maior do que quando um combustível de alto número de octanos é utilizado.

Se o presente combustível for o combustível de número de octanos predeterminado, como ilustrado na figura 4, o avanço a partir da temporização de ignição de limite de knock de um combustível de baixa octanagem para a temporização de ignição de limite de knock do combustível de número de octanos predeterminado na região de baixa rotação é o avanço decorrente do número de octanos AOL na região de baixa rotação. Na presente modalidade, o avanço decorrente do número de octanos AOL na região de baixa rotação é o avanço de região de aprendizado devido ao número de octanos. O avanço a partir da temporização de ignição de limite de knock de um combustível de baixa octanagem para a temporização de ignição de limite de knock do combustível de número de octanos predeterminado na região de alta rotação é o avanço decorrente do número de octanos AOH na região de alta rotação.

A figura 5b ilustra a relação entre a velocidade do motor e a temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de baixa octanagem é utilizado (quando o combustível com número de octanos básico é utilizado) e a carga de motor está em um nível predeterminado, que é ilustrado de acordo com a umidade ambiente. Na figura 5b, uma linha sólida fina ilustra a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade é baixa (na umidade ambiente básica) e uma linha sólida espessa ilustra a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade é alta (na umidade ambiente de referência). Portanto, a linha sólida fina é a temporização de ignição de limite de knock básica na carga de motor predeterminada.

Como ilustrado na figura 5b, quando a carga de motor e o número de octanos de combustível são iguais, a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade está alta é mais avançada do que a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade está baixa. Isso porque quanto maior a umidade, maior a resistência a knock. A temporização de ignição de limite de knock move gradualmente na direção do lado avançado ao longo de uma curva ligeiramente ascendentemente convexa à medida que a velocidade do motor aumenta. No entanto, a quantidade de movimento difere dependendo da umidade ambiente. A quantidade de movimento é menor quando a umidade é baixa do que quando a umidade é alta. Isso é, como ilustrado na figura 7, a diferença Δ_{hum} entre a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade é alta e a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade é baixa aumenta à medida que a velocidade do motor aumenta. Essa relação é oposta à da figura 5a.

A figura 7 é um gráfico representando a relação entre a velocidade do motor e a diferença Δ_{hum} entre a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade está

alta e a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade está baixa. Na presente modalidade, esse gráfico é preparado antecipadamente pela realização de uma experiência preliminar e similares, e é armazenado no controlador 4. Pela referência a esse gráfico, a diferença Δ_{hum} entre a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade está alta e a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade está baixa na presente velocidade de motor, isso é, o avanço ("avanço máximo decorrente da umidade") SR a partir da temporização de ignição de limite de knock quando a umidade está baixa para a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade está alta na presente velocidade de motor é calculado.

Com referência novamente à figura 5b, a diferença Δ_{hum} não muda quando a carga de motor muda, e depende apenas da velocidade do motor. Isso é, quando a carga de motor muda, uma curva representando a temporização de ignição de limite de knock move de acordo com a carga do motor enquanto mantém o formato ilustrado por uma linha sólida na figura 5b. Portanto, a diferença Δ_{hum} é, em outras palavras, o avanço máximo decorrente da umidade quando um combustível de baixa octanagem é utilizado.

A temporização de ignição de limite de knock possui uma característica de modo que quanto maior a umidade ambiente, maior a quantidade de movimento na direção do lado avançado. Portanto, a temporização de ignição de limite de knock em uma umidade entre a umidade alta e a umidade baixa ("umidade predeterminada") é como ilustrado por uma linha interrompida na figura 5b, e a quantidade de movimento é maior do que quando a umidade está baixa e menor do que quando a umidade está alta.

Se a presente umidade ambiente estiver na umidade predeterminada, como ilustrado na figura 5b, o avanço da temporização de ignição de limite de knock quando a umidade está baixa para a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade está na umidade predeterminada na região de baixa rotação é o avanço decorrente da umidade ASL na região de baixa rotação. Na presente modalidade, o avanço decorrente da umidade ASL na região de baixa rotação é o avanço da região de aprendizado de corrente da umidade. O avanço da temporização de ignição de limite de knock, quando a umidade está baixa para a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade está na umidade predeterminada na região de alta região é o avanço decorrente da umidade ASH na região de alta rotação.

Como descrito acima, o valor de aprendizado da temporização de ignição de limite de knock pode ser considerado como sendo a soma do avanço decorrente do número de octanos e o avanço decorrente da umidade. Portanto, como ilustrado na equação a seguir (1), o avanço de aprendizado de baixa rotação AL pode ser considerado como sendo a soma do avanço decorrente do número de octanos AOL na região de baixa rotação e o avanço decorrente da umidade ASL na região de baixa rotação.

$$AL = AOL + ASL \dots (1)$$

onde AL é o avanço de aprendizado de baixa rotação, AOL é o avanço decorrente do número de octanos na região de baixa rotação, e ASL é o avanço decorrente da umidade na região de baixa rotação.

- 5 Como ilustrado na equação (2) a seguir, o avanço de aprendizado de alta rotação AH pode ser considerado como sendo a soma do avanço decorrente do número de octanos AOH na região de alta rotação e o avanço decorrente da umidade ASH na região de alta rotação.

$$AH = AOH + ASH \quad (2)$$

- 10 onde AH é o avanço de aprendizado de alta rotação, AOH é o avanço decorrente do número de octanos na região de alta rotação, e ASH é o avanço decorrente da umidade na região de alta rotação.

- 15 Como ilustrado na figura 5a, a diferença Δ_{oct} entre a temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de alta octanagem é utilizado e a temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de baixa octanagem é utilizado na região de baixa rotação é definido como o avanço máximo decorrente do número de octanos OL na região de baixa rotação. Da mesma forma, a diferença Δ_{oct} entre a temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de alta octanagem é utilizado e a temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de baixa octanagem é utilizado na região de alta rotação é definida como o avanço máximo decorrente do número de octanos OH na região de alta rotação.

- 20 Considera-se que a razão de avanço da temporização de ignição de limite de knock de um combustível de baixa octanagem para a temporização de ignição de limite de knock de um combustível de alta octanagem (isto é, o avanço máximo decorrente do número de octanos) para o avanço da temporização de ignição de limite de knock do combustível de baixa octanagem para a temporização de ignição de limite de knock do combustível de número de octanos predeterminado é igual para todas as velocidades de motor. Isso é, é considerado que a equação (3) a seguir seja verdadeira.

$$\frac{AOR}{OR} = \frac{AOL}{OL} = \frac{AOH}{OH} \dots (3)$$

- 25 onde OR é o avanço máximo decorrente do número de octanos na presente velocidade de motor, AOR é o avanço decorrente do número de octanos na presente velocidade de motor, OL é o avanço máximo decorrente do número de octanos na região de baixa rotação, OH é o avanço máximo decorrente do número de octanos na região de alta rotação.

Então, o avanço decorrente do número de octanos AOH na região de alta rotação é representado pela equação (4), que é obtida pela transformação da equação (3).

$$AOH = OH \times \frac{AOL}{OL} \dots (4)$$

Como ilustrado na figura 5b, a diferença Δ_{hum} entre a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade está alta e a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade está baixa na região de baixa rotação é definida como o avanço máximo decorrente da umidade SL na região de baixa rotação. Da mesma forma, a diferença Δ_{hum} entre a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade está alta e a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade está baixa na região de alta rotação é definida como o avanço máximo decorrente da umidade SH na região de alta rotação.

Considera-se que a razão do avanço da temporização de ignição de limite de knock quando a umidade está baixa para a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade está alta (isto é, o avanço máximo decorrente da umidade) para o avanço da temporização de ignição de limite de knock quando a umidade está baixa para a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade está em um nível de umidade predeterminada é igual para todas as velocidades de motor. Isso é, considera-se que a equação (5) a seguir seja verdadeira.

$$\frac{ASR}{SR} = \frac{ASL}{SL} = \frac{ASH}{SH} \quad \dots (5)$$

onde SR é o avanço máximo decorrente da umidade na presente velocidade de motor, ASR é o avanço decorrente da umidade na presente velocidade de motor, SL é o avanço máximo decorrente da umidade na região de baixa de rotação, e SH é o avanço máximo decorrente da umidade na região de alta rotação.

Então, o avanço decorrente da umidade ASH na região de alta rotação é representado pela equação (6) a seguir, que é obtida a partir da transformação da equação (5).

$$ASH = SH \times \frac{ASL}{SL} \quad \dots (6)$$

Pela substituição das equações (4) e (6) na equação (2), a equação (7) a seguir é obtida.

$$AH = OH \times \frac{AOL}{OL} + SH \times \frac{ASL}{SL} \quad \dots (7)$$

Pela subtração da equação (7) multiplicada por SL/SH da equação (1), a seguinte equação (8) é obtida.

$$\begin{aligned} AL - AH \times \frac{SL}{SH} &= AOL + ASL - AOL \times \frac{OH}{OL} \times \frac{SL}{SH} - ASL \\ &= AOL \times \left(1 - \frac{OH}{OL} \times \frac{SL}{SH} \right) \quad \dots (8) \end{aligned}$$

Utilizando-se a equação (8), o avanço decorrente do número de octanos AOL na região de baixa rotação pode ser representado pela seguinte equação (9).

$$AOL = \frac{AL - AH \times \frac{SL}{SH}}{1 - \frac{OH}{OL} \times \frac{SL}{SH}} \quad \dots (9)$$

Na equação (9), o avanço de aprendizado de baixa rotação AL e o avanço de aprendizado de baixa rotação AH são valores de aprendizado que são detectados quando o motor está operando. Portanto, o avanço decorrente do número de octanos AOL na região de baixa rotação pode ser calculado pelo cálculo antecipado do avanço máximo decorrente do número de octanos OL na região de baixa rotação, o avanço máximo decorrente do número de octanos OH na região de alta rotação, o avanço máximo decorrente da umidade SL na região de baixa rotação, e o avanço máximo decorrente da umidade SH na região de alta rotação pela realização de uma experiência preliminar e pelo armazenamento desses valores no controlador 4.

Quando o avanço decorrente do número de octanos AOL na região de baixa rotação é conhecido, o avanço decorrente da umidade ASL na região de baixa rotação pode ser calculado a partir da equação (1) e da equação (9) como ilustrado na equação a seguir (10).

$$\begin{aligned} ASL &= AL - AOL \\ &= AL - \frac{AL - AH \times \frac{SL}{SH}}{1 - \frac{OH}{OL} \times \frac{SL}{SH}} \quad \dots (10) \end{aligned}$$

Da mesma forma, o avanço decorrente do número de octanos AOH na região de alta rotação e o avanço decorrente da umidade ASH na região de alta rotação podem ser calculados.

A seguir, um método de cálculo do avanço estimado decorrente do número de octanos AOR e o avanço estimado decorrente da umidade ASR será descrito.

Quando o avanço decorrente do número de octanos AOL na região de baixa rotação é conhecido, o avanço decorrente do número de octanos na presente velocidade de motor, isso é, o avanço estimado decorrente do número de octanos AOR, é representado pela equação a seguir (11) que é obtida pela transformação da equação (3).

$$AOR = OR \times \frac{AOL}{OL} \quad \dots (11)$$

Quando o avanço decorrente da umidade ASL na região de baixa rotação é conhecido, o avanço decorrente da umidade na presente velocidade de motor, isso é, o avanço estimado decorrente da umidade ASR, é representado pela equação (12) a seguir, que é obtida pela equação de transformação (5).

$$ASR = SR \times \frac{ASL}{SL} \quad \dots (12)$$

O avanço máximo decorrente do número de octano OR na presente velocidade de

motor pode ser calculada pela referência ao gráfico da figura 6. O avanço máximo decorrente da umidade SR na presente velocidade de motor pode ser calculado pela referência ao gráfico da figura 7.

De acordo, a temporização de ignição de limite de knock considerando o número de octanos de combustível e a umidade ambiente no presente estado operacional pode ser calculada como representado na equação a seguir (13).

$$\text{temporização de ignição de limite de knock} = \text{BIT} + \text{AOR} + \text{ASR} \quad (13)$$

onde BIT é a temporização de ignição de limite de knock básica.

A figura 8 é um fluxograma ilustrando a rotina de cálculo de temporização de ignição de limite de knock. O controlador 4 realiza repetidamente a rotina em cada período de cálculo predeterminado (por exemplo, 10 ms.).

Na etapa S11, o controlador 4 se refere ao mapa da figura 3, a calcula a temporização de ignição de limite de knock básica com base na velocidade de motor e carga de motor. Na etapa S12, o controlador 4 se refere ao gráfico da figura 6, e calcula o avanço máximo decorrente do número de octanos OR na presente velocidade de motor. Na etapa S13, o controlador 4 se refere ao gráfico da figura 7, e calcula o avanço máximo decorrente da umidade SR na presente velocidade de motor.

Na etapa S14, o controlador 4 calcula o avanço de região de aprendizado devido ao número de octanos AOL pela utilização da equação (9) com base no avanço de aprendizado de baixa rotação AL e o avanço de aprendizado de alta rotação AH que são detectados, o avanço máximo decorrente do número de octanos OL na região de baixa rotação armazenados antecipadamente no controlador 4, o avanço máximo decorrente do número de octanos OH na região de alta rotação, o avanço máximo decorrente da umidade SL na região de baixa rotação, e o avanço máximo decorrente da umidade SH na região de alta rotação. O controlador 4 então calcular o avanço da região de aprendizado decorrente da umidade ASL pela utilização da equação (10).

Na etapa S15, o controlador 4 calcula o avanço estimado decorrente do número de octanos AOR na presente velocidade de motor pela utilização da equação (11) com base no avanço máximo decorrente do número de octanos OR na velocidade de motor atual, o avanço máximo decorrente do número de octanos OL na região de baixa rotação, e o avanço de região de aprendizado decorrente do número de octanos AOL.

Na etapa S16, o controlador 4 calcula o avanço estimado decorrente da umidade ASR na presente velocidade de motor pela utilização da equação (12) com base no avanço máximo decorrente da umidade SR na presente velocidade de motor, o avanço máximo decorrente da umidade SL na região de baixa rotação, e o avanço de região de aprendizado decorrente da umidade ASL.

Na etapa S17, o controlador 4 calcula a temporização de ignição de limite de knock

pela utilização da equação (13) com base na temporização de ignição de limite de knock básica BIT, o avanço estimado decorrente do número de octanos AOR, e o avanço estimado decorrente da umidade ASR.

Como descrito acima, na presente modalidade, o avanço da temporização de ignição de limite de knock decorrente da influência do número de octanos de combustível (avanço decorrente do número de octanos) e o avanço da temporização de ignição de limite de knock básica para a influência da umidade ambiente (avanço decorrente da umidade) são calculados independentemente. Isso é, a temporização de ignição de limite de knock básica é definida como a temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de número de octanos predeterminado é utilizado e a umidade está na umidade predeterminada, mais a quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica decorrente da diferença no número de octanos entre o combustível de número de octanos predeterminado e o combustível utilizado na verdade, e a quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica decorrente da diferença entre a umidade predeterminada e a presente umidade ambiente, que são calculadas independentemente.

Dessa forma, a temporização de ignição de limite de knock reflete com precisão o avanço da temporização de ignição de limite de knock básica decorrente das influências do número de octanos do combustível e a umidade ambiente, de modo que a temporização de ignição de limite de knock possa ser calculada com precisão. Adicionalmente, com base nos valores de aprendizado da temporização de ignição de limite de knock que foram aprendidos nas duas regiões de operação predeterminadas, o avanço decorrente do número de octanos (avanço de região de aprendizado decorrente do número de octanos) e o avanço decorrente da umidade (avanço da região de aprendizado decorrente da umidade) em uma das regiões operacionais são calculados, e pela utilização dos resultados desses cálculos, o avanço decorrente do número de octanos e o avanço decorrente da umidade no presente estado operacional são calculados.

Dessa forma, a temporização de ignição de limite de knock reflete com precisão o avanço a partir da temporização de ignição de limite de knock básica devido às influências do número de octanos do combustível e a umidade ambiente, de modo que a temporização de ignição de limite de knock possa ser calculada com precisão. Adicionalmente, com base nos valores de aprendizado da temporização de ignição de limite de knock que foram aprendidos nas duas regiões de operação predeterminadas, o avanço decorrente do número de octanos (avanço da região de aprendizado decorrente do número de octanos) e o avanço decorrente da umidade (avanço da região de aprendizado decorrente da umidade) em uma das regiões operacionais são calculados, e pela utilização dos resultados desses cálculos, o

avanço decorrente do número de octanos e o avanço decorrente da umidade no presente estado operacional são calculados.

Dessa forma, não é necessário se realizar o aprendizado da temporização de ignição de limite de knock em todas as regiões operacionais para cada velocidade de motor e cada carga de motor. Pela realização do aprendizado em duas regiões operacionais predeterminadas, o avanço decorrente do número de octanos e o avanço decorrente da umidade para todas as regiões operacionais podem ser calculados. Quando as duas regiões operacionais predeterminadas são configuradas como sendo regiões operacionais possuindo uma frequência de utilização comparativamente alta, a temporização de ignição de limite de knock pode ser calculada com maior precisão pelo aumento da frequência de aprendizado.

Os mapas e gráficos ilustrados nas figuras de 5a a 7 podem servir como mapas e gráficos para serem armazenados no controlador 4 para calcular o avanço decorrente do número de octanos e o avanço decorrente da umidade. Portanto, o homem-hora necessário para o desenvolvimento da experiência preliminar e similares pode ser reduzido.

Até que seja determinado que o número de octanos do combustível mudou em decorrência do suprimento de combustível ou similar, o valor de aprendizado anterior da temporização de ignição de limite de knock é mantido mesmo depois que o motor 1 é parado. Se o valor de aprendizado for reconfigurado toda vez que o motor 1 for interrompido, a ignição pode ser realizada em uma temporização retardada a partir da temporização de ignição de limite de knock real até que o aprendizado progrida, de modo que a economia de combustível possa diminuir. Pela manutenção do valor de aprendizado anterior até que seja determinado que o número de octanos mudou, tal como uma redução na economia de combustível possa ser impedida.

É claro que a presente invenção não está limitada à modalidade descrita acima, e pode ser modificada de várias formas dentro do espírito e escopo da presente invenção.

Por exemplo, na modalidade descrita acima, a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade está baixa e um combustível de baixa octanagem é utilizado é definido como a temporização de ignição de limite de knock básica. No entanto, a temporização de ignição de limite de knock quando a umidade está alta e um combustível de alta octanagem é utilizado pode ser definida como a temporização de ignição de limite de knock básica, e a temporização de ignição de limite de knock pode ser calculada pelo cálculo do retardo da temporização de ignição de limite de knock básica decorrente da influência do número de octanos do combustível e o retardo da temporização de ignição de limite de knock básica decorrente da influência da umidade ambiente.

Na modalidade descrita acima, a temporização de ignição de limite de knock é aprendida nas duas regiões de operação predeterminadas. No entanto, o aprendizado pode ser realizado em três ou mais regiões operacionais.

Enquanto a invenção foi descrita com referência a determinadas modalidades preferidas, inúmeras modificações, alterações e mudanças às modalidades descritas são possíveis sem se distanciar da esfera e do escopo da invenção, como definido nas reivindicações em anexo e suas equivalências. De acordo, pretende-se que a invenção não seja limitada às modalidades descritas, mas que tenha o escopo total definido pela linguagem das reivindicações a seguir.

REIVINDICAÇÕES

1. Controlador de temporização de ignição para um motor de combustão interna, o controlador sendo **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender:

uma calculadora de temporização de ignição de limite de knock básica que calcula uma temporização de ignição de limite de knock básica com base em um estado operacional do motor de combustão interna, a temporização de ignição de limite de knock básica sendo uma temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de número de octanos básico predeterminado é utilizado e uma umidade ambiente está em uma umidade ambiente básica predeterminada;

uma calculadora de variação de região de aprendizado que aprende a temporização de ignição de limite de knock do motor de combustão interna em duas regiões operacionais predeterminadas e calcula uma variação de região de aprendizado devido ao número de octanos e uma variação de região de aprendizado devido à umidade com base nos valores de aprendizado da temporização de ignição de limite de knock nas duas regiões operacionais, a variação da região de aprendizado decorrente do número de octanos sendo uma quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica devido a uma influência de um número de octanos de um combustível utilizado em uma das duas regiões operacionais, a variação da região de aprendizado decorrente da umidade sendo uma quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica decorrente de uma influência da umidade ambiente em uma das duas regiões operacionais;

uma calculadora de variação estimada que estima uma variação decorrente do número de octanos e uma variação decorrente da umidade com base na variação de região de aprendizado decorrente do número de octanos e a variação da região de aprendizado decorrente da umidade, a variação decorrente do número de octanos sendo a quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica decorrente de uma influência do número de octanos do combustível utilizado em um presente estado operacional, a variação decorrente da umidade sendo a quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica decorrente de uma influência da umidade ambiente no presente estado operacional; e

uma calculadora de temporização de ignição de limite de knock que calcula a temporização de ignição de limite de knock no presente estado operacional com base na temporização de ignição de limite de knock básica, a variação decorrente do número de octanos, e a variação decorrente da umidade.

2. Controlador de temporização de ignição para um motor de combustão interna, de

acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de uma diferença Δ_{oct} e uma diferença Δ_{hum} serem armazenadas antecipadamente para cada velocidade de rotação do motor de combustão interna, a diferença Δ_{oct} sendo a diferença entre a temporização de ignição de limite de knock básica e uma temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de número de octano de referência é utilizado e a umidade ambiente está na umidade ambiente básica, o combustível de número de octanos de referência possuindo um número de octanos que é diferente do número de octanos do combustível de número de octanos básico, e a diferença Δ_{hum} sendo a diferença entre a temporização de ignição de limite de knock básica e uma temporização de ignição de limite de knock quando a umidade ambiente está em uma umidade ambiente de referência e o combustível de octano básico é utilizado, a umidade de ambiente de referência sendo diferente da umidade ambiente básica; e

onde a calculadora de variação de região de aprendizado calcula a variação da região de aprendizado decorrente do número de octanos e a variação de região de aprendizado decorrente da umidade com base nos valores de aprendizado da temporização de ignição de limite de knock nas duas regiões operacionais, a diferença Δ_{oct} nas duas regiões operacionais e a diferença Δ_{hum} nas duas regiões operacionais.

3. Controlador de temporização de ignição para um motor de combustão interna, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de a calculadora de variação estimada calcular a variação decorrente do número de octanos pela multiplicação da diferença Δ_{oct} em uma primeira velocidade de rotação do motor de combustão interna pela razão da diferença Δ_{oct} em uma das duas regiões operacionais para a variação de região de aprendizado decorrente do número de octanos.

4. Controlador de temporização de ignição para um motor de combustão interna, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de a calculadora de variação estimada calcular a variação decorrente da umidade pela multiplicação da diferença Δ_{hum} na presente rotação do motor de combustão interna pela razão da diferença Δ_{hum} em uma das duas regiões operacionais para a variação de região de aprendizado devido à umidade.

5. Controlador de temporização de ignição para um motor de combustão interna, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de as duas regiões operacionais serem regiões operacionais do motor de combustão interna possuindo alta frequência de utilização.

6. Controlador de temporização de ignição para um motor de combustão interna, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender adicionalmente:

um detector de suprimento de combustível que detecta se novo combustível foi suprido, onde a calculadora de variação de região de aprendizado reconfigura os valores de

aprendizado da temporização de ignição de limite de knock nas duas regiões operacionais para valores iniciais quando novo combustível é suprido.

7. Controlador de temporização de ignição para um motor de combustão interna, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender:

5 um meio de cálculo de temporização de ignição de limite de knock básica para calcular uma temporização de ignição de limite de knock básica com base em um estado operacional do motor de combustão interna, a temporização de ignição de limite de knock básica sendo uma temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de número de octanos básico predeterminado é utilizado e uma umidade ambiente está em uma umidade ambiente básica predeterminada;

10 um meio de cálculo de variação de região de aprendizado para aprender a temporização de ignição de limite de knock do motor de combustão interna em duas regiões operacionais predeterminadas e calcula uma variação de região de aprendizado decorrente do número de octanos e uma variação de região de aprendizado decorrente da umidade com base nos valores de aprendizado da temporização de ignição de limite de knock nas duas regiões operacionais, a variação da região de aprendizado decorrente do número de octanos sendo uma quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica devido a uma influência de um número de octanos de um combustível utilizado em uma das duas regiões operacionais, a

15 variação de região de aprendizado decorrente da umidade sendo uma quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica decorrente de uma influência da umidade ambiente em uma das duas regiões operacionais;

20 um meio de cálculo de variação estimada para estimar uma variação decorrente do número de octanos e uma variação decorrente da umidade com base na variação da região de aprendizado devido ao número de octanos e a variação de região de aprendizado decorrente da umidade, a variação decorrente do número de octanos sendo a quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica decorrente de uma influência do número de octanos do combustível

25 utilizado em um presente estado operacional, a variação decorrente da umidade sendo a quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica decorrente de uma influência da umidade ambiente no presente estado operacional; e

30 um meio de cálculo de temporização de ignição de limite de knock para calcular a temporização de ignição de limite de knock no presente estado operacional com base na temporização de ignição de limite de knock básica, a variação decorrente do número de octanos, e a variação decorrente da umidade.

35

8. Método de controle de temporização de ignição para um motor de combustão interna, o método sendo **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender:

o cálculo de uma temporização de ignição de limite de knock básica com base em um estado operacional do motor de combustão interna, a temporização de ignição de limite de knock básica sendo uma temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de número de octanos básico predeterminado é utilizado e uma umidade ambiente está em uma umidade ambiente básica predeterminada;

o aprendizado da temporização de ignição de limite de knock do motor de combustão interna em duas regiões operacionais predeterminadas e o cálculo de uma variação de região de aprendizado devido ao número de octanos e uma variação de região de aprendizado decorrente da umidade com base nos valores de aprendizado da temporização de ignição de limite de knock nas duas regiões operacionais, a variação de região de aprendizado decorrente do número de octanos sendo uma quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica decorrente de uma influência de um número de octanos de um combustível utilizado em uma das duas regiões operacionais, a variação da região de aprendizado decorrente da umidade sendo uma quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica decorrente de uma influência da umidade ambiente em uma das duas regiões operacionais;

a estimativa de uma variação decorrente do número de octanos e uma variação decorrente da umidade com base na variação da região de aprendizado decorrente do número de octanos e a variação da região de aprendizado decorrente da umidade, a variação decorrente do número de octanos sendo a quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica devido a uma influência do número de octanos do combustível utilizado em um presente estado operacional, a variação decorrente da umidade sendo a quantidade de mudança na temporização de ignição de limite de knock a partir da temporização de ignição de limite de knock básica decorrente de uma influência da umidade ambiente no presente estado operacional; e

o cálculo da temporização de ignição de limite de knock no presente estado operacional com base na temporização de ignição de limite de knock básica, a variação decorrente do número de octanos, e a variação decorrente da umidade.

9. Método de controle de temporização de ignição, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender adicionalmente:

o armazenamento antecipado de uma diferença Δ_{oct} e uma diferença Δ_{hum} para cada velocidade de rotação do motor de combustão interna, a diferença Δ_{oct} sendo a diferença entre a temporização de ignição de limite de knock básica e uma temporização de ignição de limite de knock quando um combustível de octanagem de referência é utilizado e

a umidade ambiente está no nível de umidade ambiente básica, o combustível de octanagem de referência possuindo um número de octanos que é diferente do número de octanos do combustível de octanagem de básica, a diferença Δhum sendo a diferença entre a temporização de ignição de limite de knock básica e uma temporização de ignição de limite de knock quando a umidade ambiente está em um nível de umidade ambiente de referência e o combustível de octanagem básica é utilizado, a umidade ambiente de referência sendo diferente da umidade ambiente básica, e

o cálculo da variação de região de aprendizado decorrente ao número de octanos e a variação de região de aprendizado decorrente da umidade com base nos valores de aprendizado da temporização de ignição de limite de knock em duas regiões operacionais, a diferença Δoct nas duas regiões operacionais, e a diferença Δhum nas duas regiões operacionais.

10. Método de controle de temporização de ignição, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender adicionalmente:

o cálculo da variação decorrente do número de octanos pela multiplicação da diferença Δoct em uma velocidade de rotação atual do motor de combustão interna pela razão da diferença Δoct em uma das duas regiões operacionais para a variação de região de aprendizado decorrente do número de octanos.

11. Método de controle de temporização de ignição, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender adicionalmente:

o cálculo da variação decorrente da umidade pela multiplicação da diferença Δhum na presente rotação do motor de combustão interna pela razão da diferença Δhum em uma das duas regiões operacionais para a variação de região de aprendizado decorrente da umidade.

12. Método de controle de temporização de ignição, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de as duas regiões operacionais serem regiões operacionais do motor de combustão interna possuindo alta frequência de utilização.

13. Método de controle de temporização de ignição, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender adicionalmente:

a detecção de se um novo combustível foi suprido; e

a reconfiguração dos valores de aprendizado da temporização de ignição de limite de knock nas duas regiões operacionais para valores iniciais quando o novo combustível foi suprido.

FIG. 1

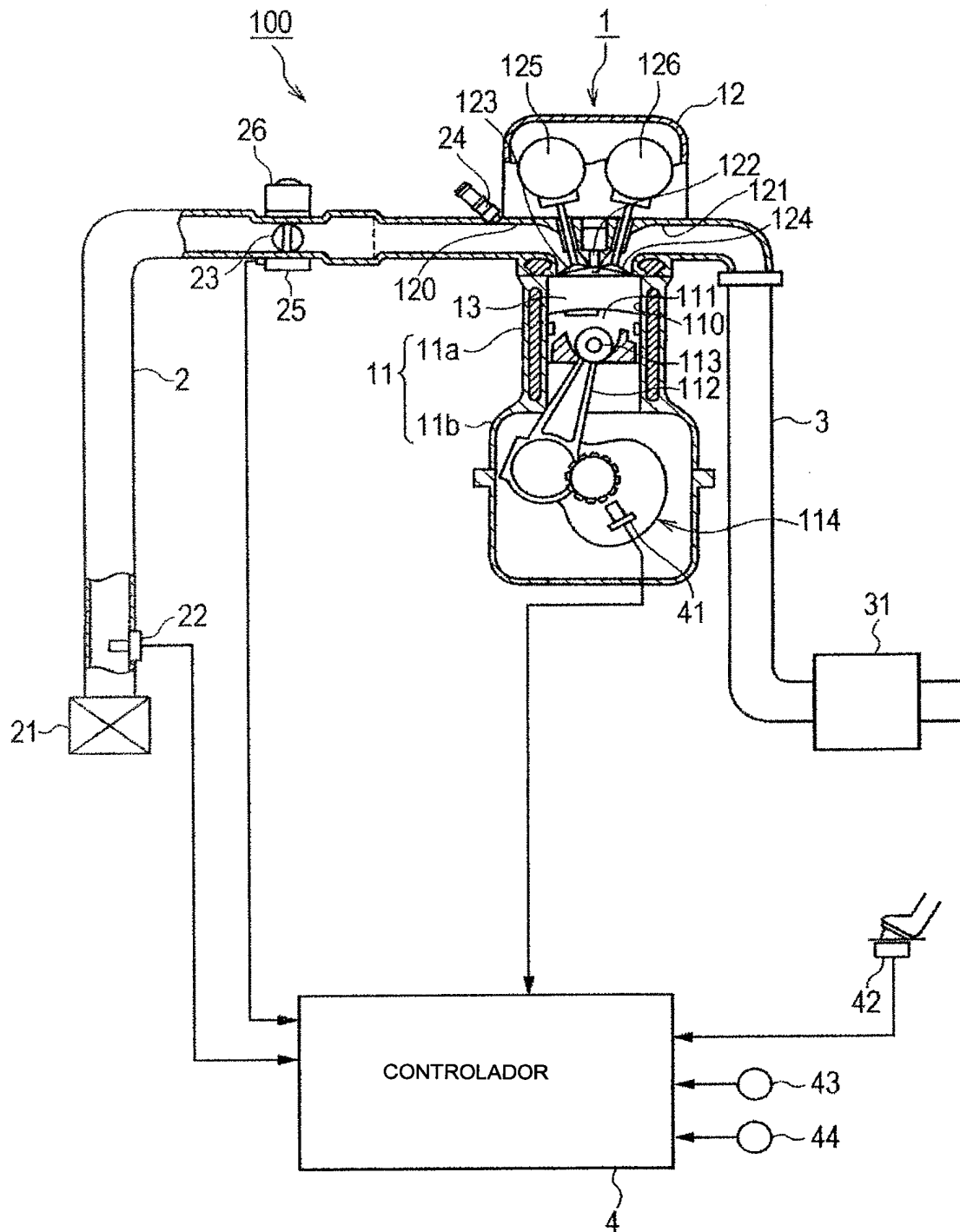


FIG. 2

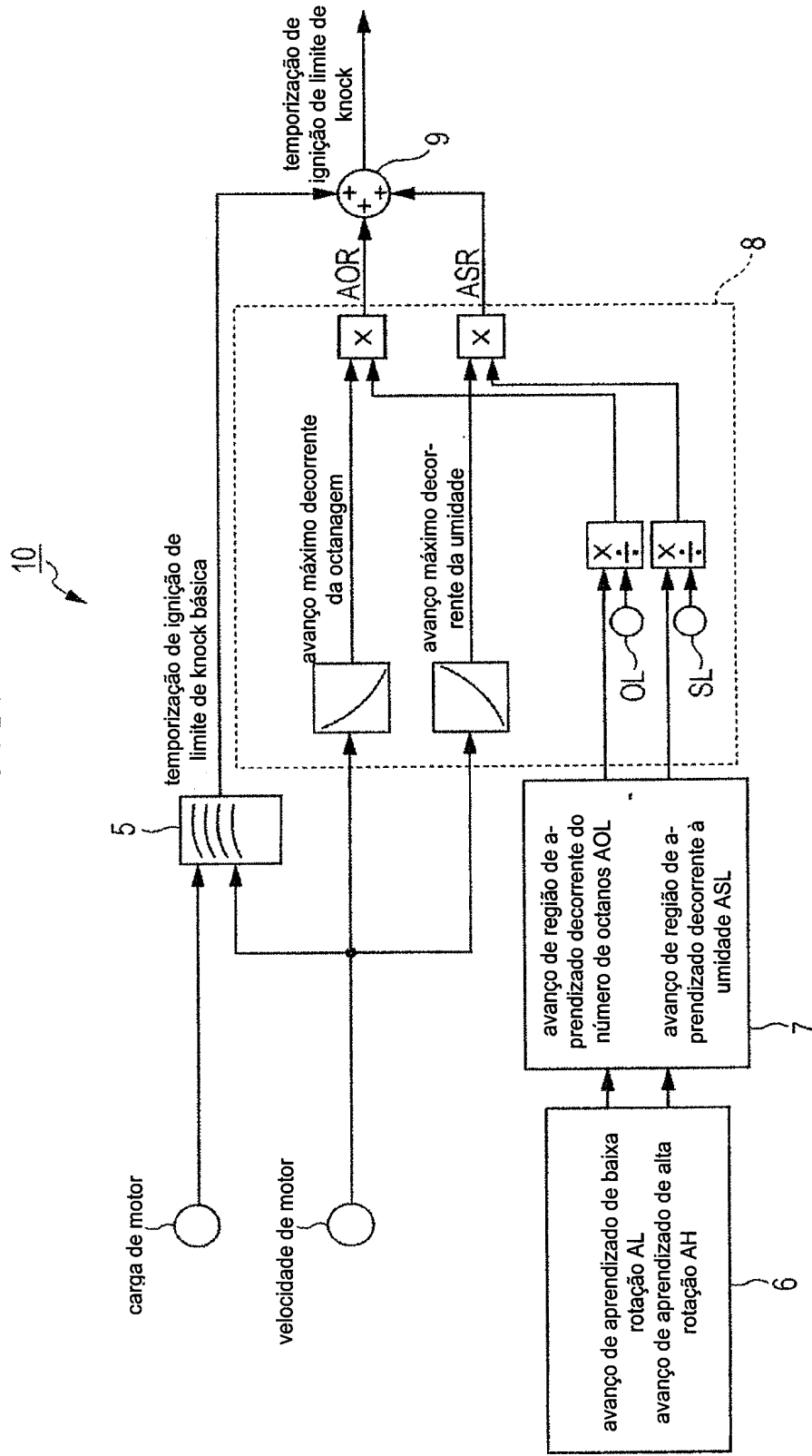


FIG. 3

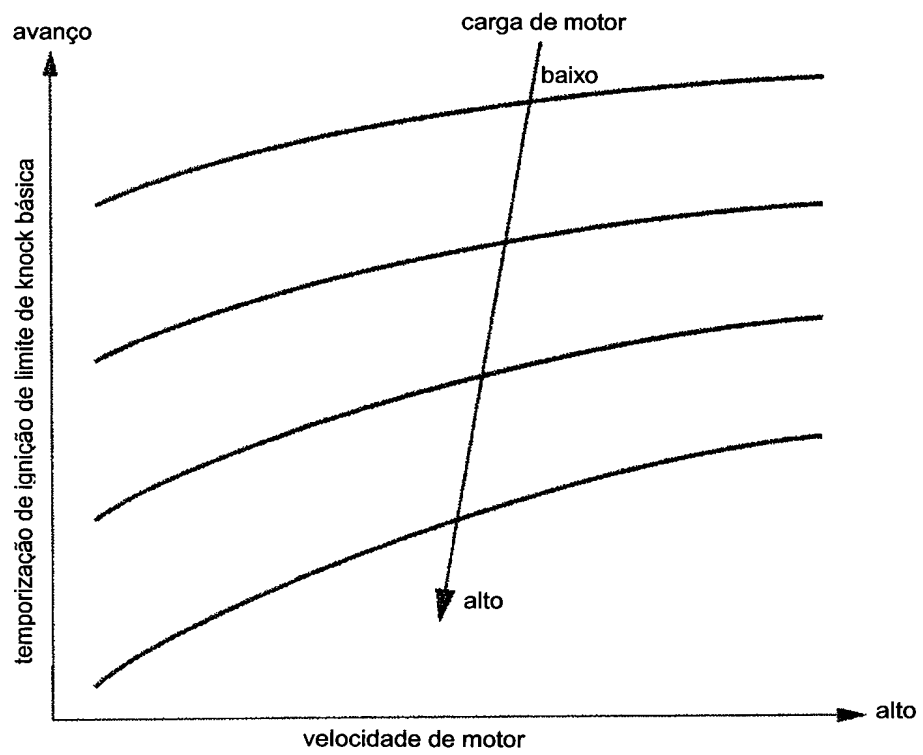


FIG. 4

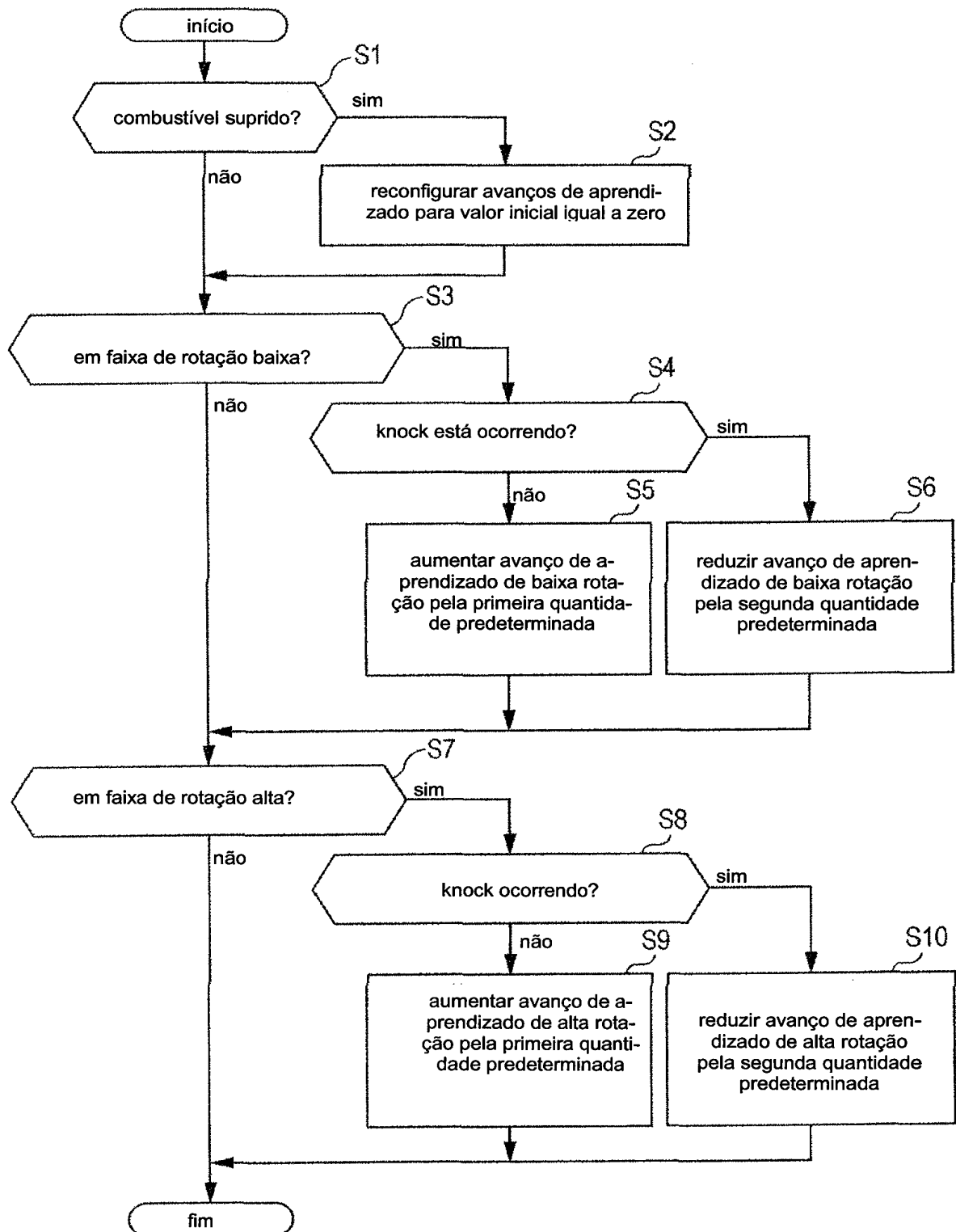


FIG. 5A

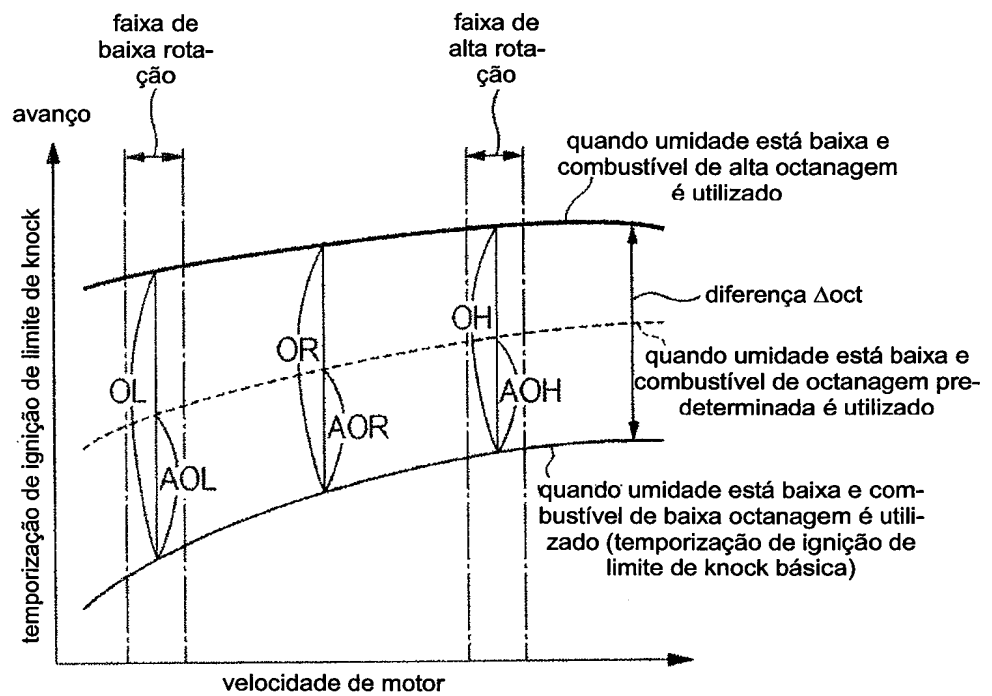


FIG. 5B

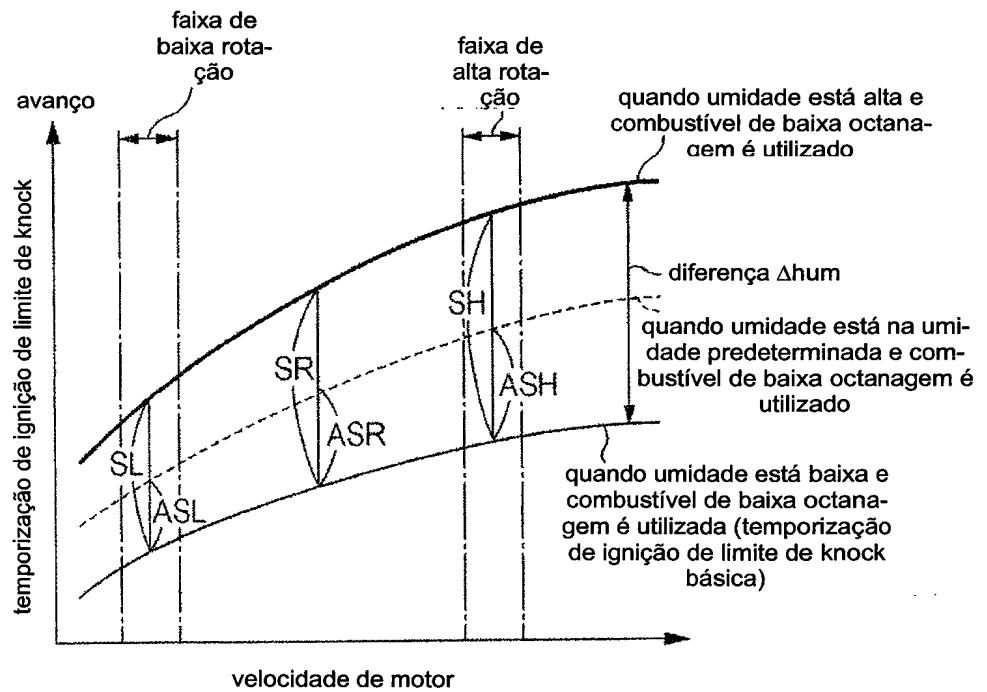


FIG. 6

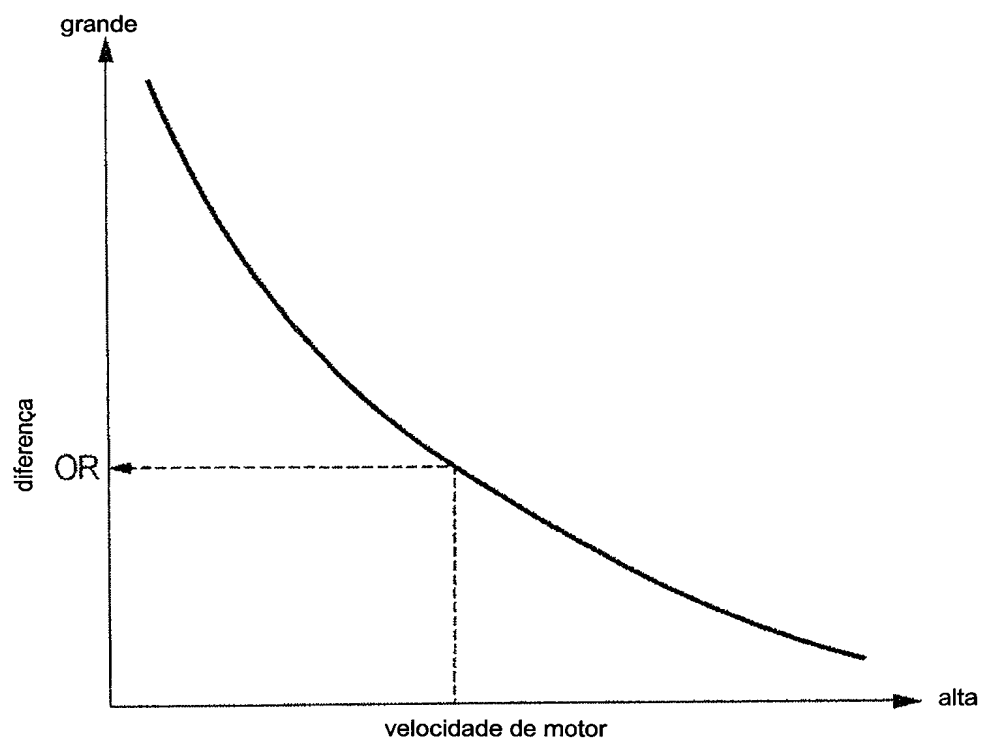


FIG. 7

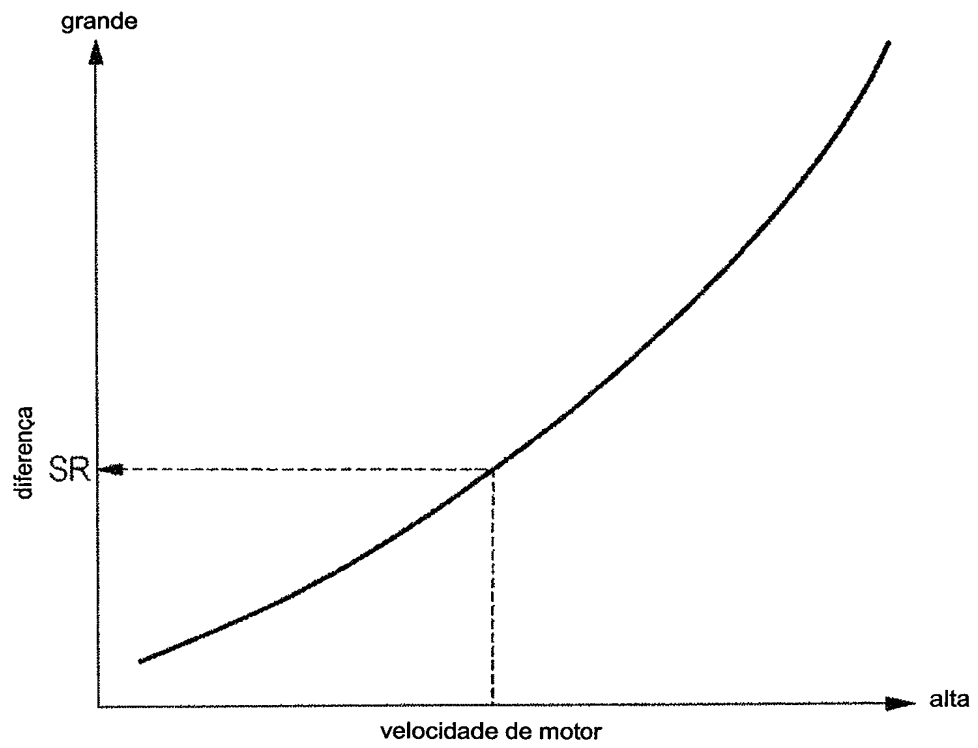
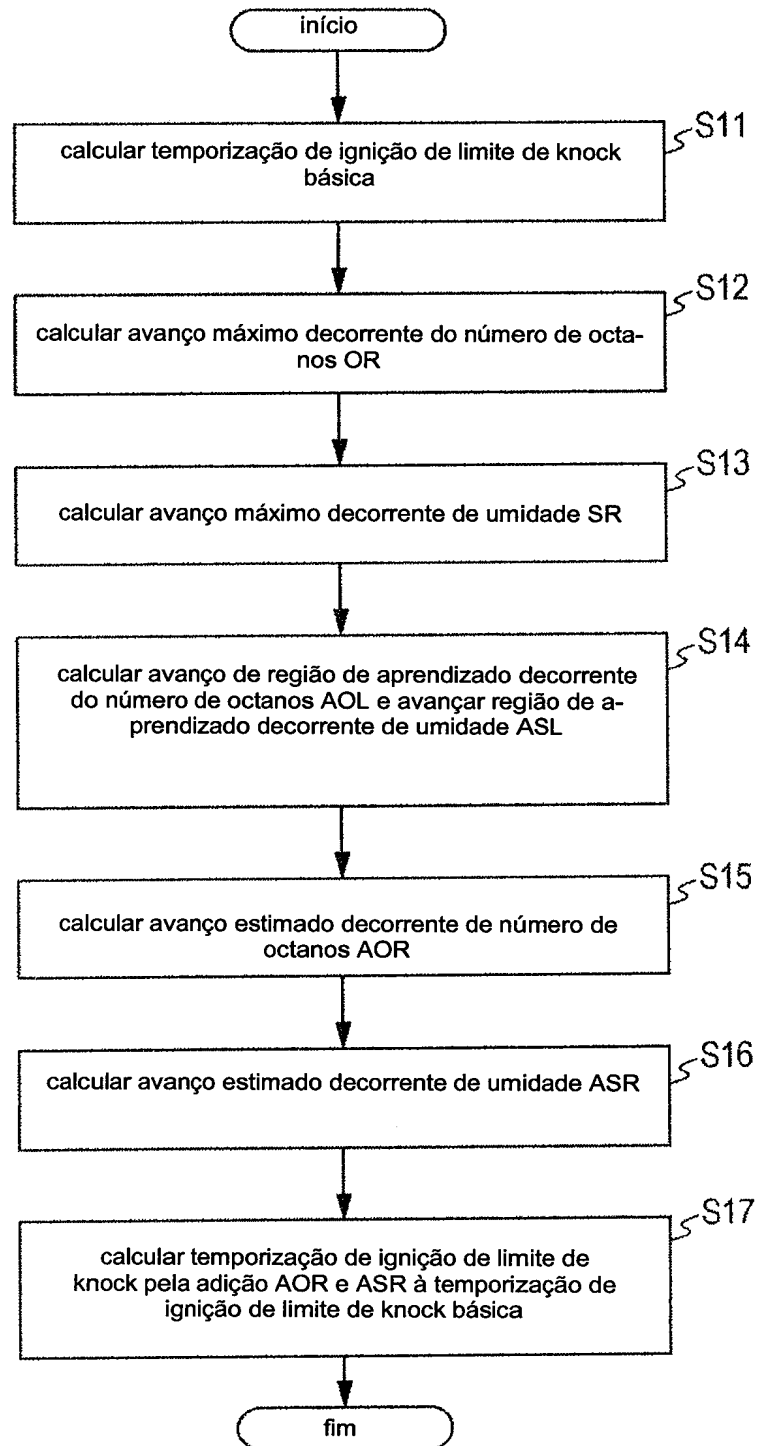


FIG. 8



RESUMO

"CONTROLADOR DE TEMPORIZAÇÃO DE IGNIÇÃO PARA MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA"

Um controlador de temporização de ignição para um motor inclui meios de cálculo

5 de temporização de ignição de limite de knock básica que calcula uma temporização de ignição de limite de knock básica com base em um estado operacional do motor; meios de cálculo de variação de região de aprendizado que aprende a temporização de ignição de limite de knock do motor em duas regiões operacionais e calcula, dessa forma, uma variação de região de aprendizado decorrente do número de octanos e uma variação de região

10 de aprendizado decorrente da umidade em uma das regiões operacionais; meios de cálculo de variação estimada que estima uma variação decorrente do número de octanos e uma variação decorrente do número de octanos e a variação de região de aprendizado decorrente da umidade; e meios de cálculo de temporização de ignição de limite de knock que calcula a temporização de ignição de limite de knock no presente estado operacional com base

15 na temporização de ignição de limite de knock básica, a variação decorrente do número de octanos, e a variação decorrente da umidade.