



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

(21) **PI0806083-5 A2**

(22) Data de Depósito: 20/06/2008
(43) Data da Publicação: 30/08/2011
(RPI 2121)



* B R P I 0 8 0 6 0 8 3 A 2 *

(51) *Int.Cl.:*
F02D 41/14

(54) Título: **APARELHO DE CONTROLE DA RAZÃO AR - COMBUSTÍVEL E MÉTODO DE CONTROLE DA RAZÃO AR - COMBUSTÍVEL PARA MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA**

(30) Prioridade Unionista: 22/06/2007 JP 2007-164587

(73) Titular(es): Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha

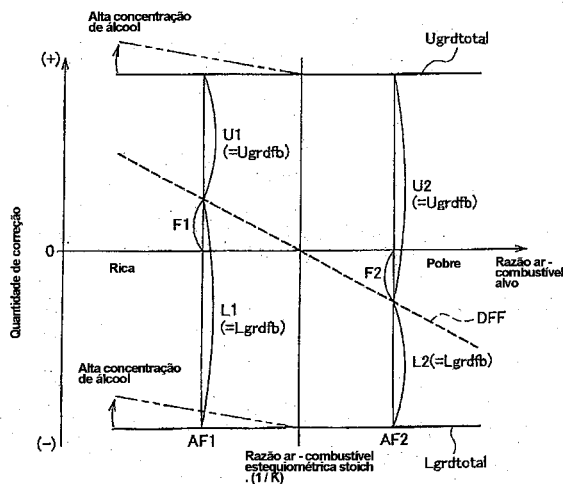
(72) Inventor(es): Naoto Kato, Shuntaro Okazaki

(74) Procurador(es): Nellie Anne Daniel-Shores

(86) Pedido Internacional: PCT IB2008001618 de 20/06/2008

(87) Publicação Internacional: WO 2009/001190 de 31/12/2008

(57) Resumo: APARELHO DE CONTROLE DA RAZÃO AR - COMBUSTÍVEL E MÉTODO DE CONTROLE DA RAZÃO AR - COMBUSTÍVEL PARA MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA. É descrito um aparelho de controle da razão ar - combustível para um motor de combustão interna, em que uma quantidade de correção de alimentação, obtida de acordo com um desvio de uma razão ar - combustível em relação a uma razão ar - combustível estequiométrica, e uma quantidade de correção de realimentação, calculada com base em um valor de saída de um sensor de razão ar - combustível e sujeita a um processamento de segurança, são adicionadas a uma quantidade de injeção de combustível base correspondente à razão ar - combustível estequiométrica para decidir uma quantidade de injeção de combustível. Um limite superior e um limite inferior da quantidade de correção de realimentação são ajustados com base em uma concentração de álcool e na quantidade de correção de alimentação.





PI0806083-5

“APARELHO DE CONTROLE DA RAZÃO AR - COMBUSTÍVEL E MÉTODO DE CONTROLE DA RAZÃO AR - COMBUSTÍVEL PARA MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA”

Antecedentes da Invenção

1. Campo Técnico

5 A invenção diz respeito a um aparelho de controle da razão ar - combustível e a um método de controle da razão ar - combustível que são aplicados em um motor de combustão interna equipado com um sensor de razão ar - combustível disposto em uma passagem de exaustão para controlar a razão ar - combustível de uma mistura suprida a uma câmara de combustão do motor de combustão interna (doravante referida como “a razão ar - combustí-
10 vel”) com base em um valor de saída do sensor de razão ar - combustível.

2. Descrição da Tecnologia Relacionada

Um aparelho de controle da razão ar - combustível para um motor de combustão interna (que pode ser doravante referido como “o motor”) equipado com um catalisador fornecido em uma passagem de exaustão, um sensor de razão ar - combustível no lado à mon-
15 tante, tal como um sensor de concentração de oxigênio tipo limitador de corrente fornecido à montante do catalisador na passagem de exaustão, e um sensor de razão ar - combustível do lado à jusante, tal como um sensor de concentração de oxigênio tipo força eletromotriz fornecido à jusante do catalisador na passagem de exaustão, é descrito, por exemplo, na publicação do pedido de patente japonês 7-197837 (JP-A-7-197837). Neste aparelho de
20 controle da razão ar - combustível, o controle da razão ar - combustível é realizado como segue.

Uma quantidade de ar tomado em uma câmara de combustão do motor de combustão interna em um curso de entrada (uma quantidade de entrada de ar no cilindro) é decidida através da busca em tabela com base em um estado operacional do motor (um valor de
25 saída de um medidor de fluxo de ar, uma velocidade operacional e congêneres), e um valor (uma quantidade de injeção de combustível base) obtido pela divisão desta quantidade de entrada de ar no cilindro por uma razão ar - combustível de referência (= uma razão ar - combustível estequiométrica) é calculado. Então, uma diferença entre um valor de saída do sensor de razão ar - combustível do lado à jusante e um valor alvo deste valor de saída (um
30 valor correspondente a uma razão ar - combustível alvo (= a razão ar - combustível estequiométrica)) é sujeita a um processamento de proporção, integração e diferenciação (um processamento PID) para calcular uma quantidade de correção de realimentação do lado à jusante. Então, uma diferença (uma diferença correspondente a isto) entre um valor obtido pela correção de um valor de saída do sensor de razão ar - combustível do lado à montante
35 com esta quantidade de correção de realimentação do lado à jusante e um valor alvo deste valor de saída (um valor correspondente à razão ar - combustível alvo) é sujeita a um processamento de proporção e integração (um processamento PI) para calcular uma quantida-

de de correção de realimentação do lado à montante. Pela adição da quantidade de correção de realimentação do lado à montante na supramencionada quantidade de injeção de combustível base (isto é, fazendo uma correção de realimentação da quantidade de injeção de combustível base), uma quantidade de injeção de combustível de comando é calculada.

- 5 Então, um comando para injetar combustível na quantidade de injeção de combustível de comando é expedido a um injetor. Assim, a razão ar - combustível é dessa maneira controlada em relação à realimentação para coincidir com a razão ar - combustível alvo (= a razão ar - combustível estequiométrica).

10 No supramencionado controle da razão ar - combustível, uma diferença entre a quantidade de injeção de combustível base decidida usando a supramencionada busca em tabela e o valor verdadeiro do "valor obtido pela divisão da quantidade de entrada de ar no cilindro pela razão ar - combustível de referência" (um erro de uma tabela), uma diferença entre uma vazão de ar de entrada medida por um medidor de fluxo de ar usado para adquirir a quantidade de injeção de combustível base e uma vazão de ar real (dispersão do medidor de fluxo de ar), uma diferença entre a quantidade de injeção de combustível de comando
15 expedida ao injetor como o comando para injeção e uma quantidade de combustível realmente injetado (dispersão do injetor), e congêneres (que serão doravante referidos de forma abrangente como "um erro da quantidade de injeção de combustível base" surgem inevitavelmente.

20 Cada uma da supramencionada quantidade de correção de realimentação no lado à montante e da supramencionada quantidade de correção de realimentação no lado à jusante (que também serão doravante referidas simplesmente como "a quantidade de correção de realimentação") inclui um valor de um termo integral (um termo I), a saber, um valor obtido pela multiplicação de um valor integral da diferença atualizado através de integração sequencial da supramencionada diferença por um ganho de realimentação. Assim, mesmo
25 durante a ocorrência do "erro da quantidade de injeção de combustível base" exposto, "o erro da quantidade de injeção de combustível base" pode ser compensado pelo valor integral da diferença (portanto, o valor do termo integral) através da execução do supramencionado controle de realimentação. Em decorrência disto, a razão ar - combustível pode ser
30 forçada a coincidir com / convergir à razão ar - combustível alvo.

No caso em que ocorre uma anormalidade em um sistema de controle da razão ar - combustível durante a execução do supramencionado controle de realimentação (por exemplo, quando ocorrer uma anormalidade no medidor de fluxo de ar, no injetor, nos sensores de razão ar - combustível ou congêneres), o valor absoluto da supramencionada diferença
35 continua a ser mantido em um alto valor. Em decorrência disto, o valor absoluto do supramencionado valor integral da diferença (portanto, o valor do termo integral) aumenta gradualmente, e o valor absoluto da quantidade de correção de realimentação pode, desse modo,

aumentar gradualmente. Se o valor absoluto da quantidade de correção de realimentação se tornar excessivamente alto, pode ser ocasionado um problema, por exemplo, em que a razão ar - combustível da mistura, que é baseada no comando para injetar combustível na quantidade de injeção de combustível de comando, desvia de uma faixa de combustão.

5 Com os antecedentes expostos, é preferível ajustar um valor em que uma quantidade de correção total para a quantidade de injeção de combustível base não deve exceder (um primeiro valor de segurança de realimentação) e um valor que a quantidade de correção total para a quantidade de injeção de combustível base não deve cair abaixo (um segundo
10 valor de segurança de realimentação) e realizar um processamento de limitação da quantidade de correção de realimentação (ou o valor integral da diferença) no primeiro valor de segurança de realimentação ou no segundo valor de segurança de realimentação (doravante referido como “um processamento de segurança”) quando a quantidade de correção de realimentação (ou o valor integral da diferença) exceder o primeiro valor de segurança de realimentação ou quando a quantidade de correção de realimentação cair abaixo do segun-
15 do valor de segurança de realimentação.

A execução do processamento de segurança em relação à quantidade de correção de realimentação no lado à jusante é descrita, por exemplo, na publicação do pedido de patente japonês 2005-36742 (JP-A-2005-36742). A execução do processamento de segurança em relação ao valor integral da diferença do termo integral incluído na quantidade de corre-
20 ção de realimentação no lado à montante é descrita na publicação do pedido de patente japonês 2004-60613 (JP-A-2004-60613).

A razão ar - combustível alvo pode ser ajustada em uma razão ar - combustível diferente da razão ar - combustível de referência (a razão ar - combustível estequiométrica) de acordo com um estado operacional do motor (por exemplo, no momento de partida a frio ou
25 congêneres). No caso em que a razão ar - combustível alvo for assim mudada de acordo com o estado operacional do motor, uma quantidade de correção de alimentação é adquirida de acordo com um desvio da razão ar - combustível alvo a partir da razão ar - combustível de referência, e a quantidade de injeção de combustível de comando pode ser calculada pela correção da quantidade de injeção de combustível base com a quantidade de correção
30 de realimentação e a quantidade de correção de alimentação. Em outras palavras, “uma correção de alimentação da quantidade de injeção de combustível base com a quantidade de correção de alimentação” (doravante, também referida simplesmente como “a correção de alimentação”) pode ser feita além da “correção de realimentação da quantidade de injeção de combustível base com a quantidade de correção de realimentação” da forma supra-
35 mencionada (doravante, também referida simplesmente como “a correção de realimentação”).

No caso em que “a correção de alimentação” for assim feita além da “correção de

realimentação”, percebe-se o uso de um valor igual ao “valor que a quantidade de correção total para a quantidade de injeção de combustível base não deve exceder” e um valor igual ao “valor que a quantidade de correção total para a quantidade de injeção de combustível base não deve cair abaixo”, como o supramencionado primeiro valor de segurança de realimentação e o supramencionado segundo valor de segurança de realimentação, respectivamente, como no supramencionado caso em que somente “a correção de realimentação” for feita.

Neste caso, a quantidade de correção total para a quantidade de injeção de combustível base com base na quantidade de correção de realimentação e na quantidade de correção de alimentação pode se tornar maior do que “o valor que a quantidade de correção total para a quantidade de injeção de combustível base não deve exceder” na quantidade de correção de alimentação, e menor do que “o valor que a quantidade de correção total para a quantidade de injeção de combustível base não deve cair abaixo” na quantidade de correção de alimentação. Isto é, mesmo quando a quantidade de correção de realimentação for sujeita ao processamento de segurança, o problema, tais como desvio da razão ar - combustível da faixa de combustão ou congêneres, pode ser ocasionado.

Além do mais, combustíveis que contêm componentes de álcool (por exemplo, gasolina + álcool ou somente álcool) foram recentemente usados para motores de combustão interna de veículos. Álcool tem um peso molecular médio menor que o da gasolina. Dessa maneira, o peso molecular médio da gasolina combustível diminui à medida em que a concentração dos componentes de álcool nela contidos (doravante referida simplesmente “a concentração de álcool”) aumenta.

No caso em que a concentração dos componentes redutores (isto é, combustível não queimado) for constante no gás de exaustão com uma razão ar - combustível mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica, o supramencionado sensor de concentração de oxigênio tipo limitador de corrente ou o supramencionado sensor de concentração de oxigênio de força eletromotriz tendem a gerar uma saída que se desloca na direção de um lado rico à medida em que o peso molecular médio dos componentes redutores diminui. Considera-se que esta tendência é baseada no fato de que é mais provável que os componentes redutores entrem em uma parte de reação do sensor (zircônia ou congêneres) e de que é mais provável que uma reação na parte de reação do sensor prossiga à medida em que o peso molecular médio dos componentes redutores diminui.

Em função das circunstâncias expostas, no caso em que um relacionamento entre a saída do sensor de concentração de oxigênio tipo limitador de corrente ou do sensor de concentração de oxigênio tipo força eletromotriz e a razão ar - combustível obtida da saída (uma razão ar - combustível detectada) for prescrito de uma maneira correspondente a um caso em que a concentração de álcool = 0 %, a razão ar - combustível detectada tende a se

deslocar mais na direção do lado rico em relação à razão ar - combustível real à medida em que a concentração de álcool aumenta quando a razão ar - combustível do gás de exaustão for mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica (veja figura 2, que será descrita posteriormente). Além do mais, no caso em que a razão ar - combustível alvo for mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica, é provável que a razão ar - combustível real, que é assim controlada para coincidir com a razão ar - combustível alvo, se torne mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica.

Este fenômeno significa que a razão ar - combustível real é ajustada a um valor deslocado na direção de um lado pobre em relação a um alvo desta em virtude de a razão ar - combustível detectada se deslocar na direção do lado rico em relação à razão ar - combustível real no caso em que a concentração de álcool for maior e a razão ar - combustível alvo for mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica. Dessa maneira, neste caso, mesmo quando, por exemplo, a quantidade de correção total para a quantidade de injeção de combustível base não tiver caído abaixo “do valor que a quantidade de correção total para a quantidade de injeção de combustível base não deve cair abaixo”, pode ser ocasionado um problema, por exemplo, em que a razão ar - combustível desvia da faixa de combustão na direção do lado pobre.

Sumário da Invenção

A invenção fornece um aparelho de controle da razão ar - combustível e um método de controle da razão ar - combustível para um motor de combustão interna que ajusta valores de segurança para uma quantidade de correção de realimentação em valores adequados, em consideração a uma concentração de álcool, no caso em que “uma correção de alimentação” for feita além de “uma correção de alimentação” para uma quantidade de injeção de combustível base.

Um primeiro aspecto da invenção diz respeito a um aparelho de controle da razão ar - combustível para um motor de combustão interna. Este aparelho de controle da razão ar - combustível inclui: um sensor de razão ar - combustível que é fornecido em uma passagem de exaustão do motor de combustão interna e que emite uma razão ar - combustível de gás na passagem de exaustão, um sensor de concentração de álcool que detecta uma concentração de álcool como uma concentração dos componentes de álcool contidos no combustível, um dispositivo de injeção de combustível que injeta combustível de acordo com um comando para injetar combustível em uma quantidade de injeção de combustível de comando, uma unidade de aquisição de quantidade de injeção de combustível base que determina uma quantidade de injeção de combustível base com base em uma quantidade de ar tomado no interior de uma câmara de combustão do motor de combustão interna em um curso de entrada e em uma razão ar - combustível de referência, uma unidade de aquisição de razão ar - combustível alvo que determina uma razão ar - combustível alvo do motor de combustão

interna com base em um estado operacional do motor de combustão interna, uma unidade de aquisição de quantidade de correção de alimentação que determina uma quantidade de correção de alimentação para corrigir a quantidade de injeção de combustível base com base em um desvio da razão ar - combustível alvo a partir da razão ar - combustível de referência, uma unidade de aquisição da quantidade de correção de realimentação que determina uma quantidade de correção de realimentação para corrigir a quantidade de injeção de combustível base com base em um valor de saída do sensor de razão ar - combustível, uma unidade de execução do processamento de segurança que executa um processamento de segurança para limitar a quantidade de correção de realimentação em um primeiro valor de segurança de realimentação quando a quantidade de correção de realimentação exceder o primeiro valor de segurança de realimentação e para limitar a quantidade de correção de realimentação em um segundo valor de segurança de realimentação quando a quantidade de correção de realimentação cair abaixo do segundo valor de segurança de realimentação, uma unidade de calibração da quantidade de injeção de combustível de comando que calcula a quantidade de injeção de combustível de comando pela correção da quantidade de injeção de combustível de base com base na quantidade de correção de alimentação e na quantidade de correção de realimentação sujeitas ao processamento de segurança, e uma unidade de controle da razão ar - combustível que controla uma razão ar - combustível de uma mistura suprida à câmara de combustão de maneira tal que a razão ar - combustível da mistura coincida com a razão ar - combustível alvo pela expedição ao dispositivo de injeção de combustível de um comando para injetar combustível na quantidade de injeção de combustível de comando. A unidade de desempenho do processamento de segurança ajusta o primeiro valor de segurança de realimentação e o segundo valor de segurança de realimentação com base na concentração de álcool e na quantidade de correção de alimentação.

No aparelho de controle da razão ar - combustível de acordo com a invenção, a unidade de aquisição da quantidade de injeção de combustível de base determina um valor (a quantidade de injeção de combustível de base) obtido pela divisão de uma quantidade de entrada de ar no cilindro por uma razão ar - combustível de referência (por exemplo, a razão ar - combustível estequiométrica), com base no estado operacional do motor de combustão interna. Aqui, percebe-se que a razão ar - combustível estequiométrica (isto é, a razão da quantidade de ar pela quantidade de combustível que corresponde a um caso em que o oxigênio no ar e o combustível reagem um com o outro em proporção exata) muda de acordo com a concentração de álcool. Portanto, a razão ar - combustível de referência também muda de acordo com a concentração de álcool.

A unidade de aquisição da razão ar - combustível alvo adquire a razão ar - combustível alvo, que muda de acordo com o estado operacional do motor de combustão interna (uma quantidade de operação de um acelerador, uma velocidade operacional, e congêne-

res), com base no estado operacional. Da forma supradescrita, a razão ar - combustível de referência muda de acordo com a concentração de álcool. Portanto, a razão ar - combustível alvo também muda de acordo com a concentração de álcool.

A unidade de aquisição da quantidade de correção de alimentação determina a quantidade de correção de alimentação para corrigir a quantidade de injeção de combustível base, que corresponde a um desvio da razão ar - combustível alvo a partir da razão ar - combustível de referência. Esta quantidade de correção de alimentação pode ser um valor adicionado (ou subtraído) na quantidade de injeção de combustível base ou um valor pelo qual a quantidade de injeção de combustível base é multiplicada.

A unidade de aquisição da quantidade de correção de realimentação determina a quantidade de correção de realimentação para corrigir a quantidade de injeção de combustível base com base no valor de saída do sensor de razão ar - combustível. Neste caso, a quantidade de correção de realimentação pode ser, por exemplo, o próprio valor integral da diferença que é atualizado através da integração sequencial de um valor correspondente a uma diferença entre um valor, com base no valor de saída do sensor de razão ar - combustível, e um valor correspondente à razão ar - combustível alvo, ou em um valor obtido pela sujeição do supramencionado "valor correspondente à diferença" ao processamento PID ou congêneres. O supramencionado "valor com base no valor de saída do sensor de razão ar - combustível" é, por exemplo, o próprio valor de saída de um sensor de razão ar - combustível no lado à montante, o próprio valor de saída de um sensor de razão ar - combustível no lado à jusante, um valor obtido pela correção do valor de saída do sensor de razão ar - combustível no lado à montante com base no valor de saída do sensor de razão ar - combustível no lado à jusante, ou congêneres. "O valor correspondente à diferença" supramencionado é, por exemplo, uma diferença entre um valor de saída do sensor de razão ar - combustível e um valor correspondente à razão ar - combustível alvo, uma diferença entre uma razão ar - combustível detectada pelo sensor de razão ar - combustível e a razão ar - combustível alvo, ou congêneres. Esta quantidade de correção de realimentação também pode ser um valor adicionado (ou subtraído) na quantidade de injeção de combustível base ou um valor pelo qual a quantidade de injeção de combustível base é multiplicada.

A unidade de execução do processamento de segurança executa o processamento de segurança da limitação da quantidade de correção de alimentação no primeiro valor de segurança de realimentação, que corresponde a uma direção crescente (doravante, também referida como "uma direção de ganho") da quantidade de injeção de combustível de comando, quando a quantidade de correção de realimentação exceder o primeiro valor de segurança de realimentação, e da limitação da quantidade de correção de realimentação no segundo valor de segurança de realimentação, que corresponde a uma direção decrescente (doravante, também referida como "uma direção de perda"), quando a quantidade de corre-

ção de realimentação cair abaixo do segundo valor de segurança de realimentação.

A unidade de cálculo da quantidade de injeção de combustível de comando calcula a quantidade de injeção de combustível de comando pela correção da quantidade de injeção de combustível base com base na quantidade de correção de alimentação e na quantidade de correção de realimentação sujeitas ao processamento de segurança. Então, a unidade de controle da razão ar - combustível expede ao dispositivo de injeção de combustível o comando para injetar combustível na quantidade de injeção de combustível de comando. Desse modo, a razão ar - combustível é assim controlada em relação à realimentação para coincidir com a razão ar - combustível alvo. Da forma supradescrita, no aparelho de controle da razão ar - combustível de acordo com a invenção, "a correção de alimentação" é feita além da "correção de realimentação".

A unidade de execução de processamento de segurança ajusta o primeiro valor de segurança de realimentação e o segundo valor de segurança de realimentação com base na concentração de álcool e na quantidade de correção de alimentação.

De acordo com a configuração exposta, o primeiro valor de segurança de realimentação e o segundo valor de segurança de realimentação podem ser decididos em consideração à quantidade de correção de alimentação (além da consideração à "quantidade de correção total" para a quantidade de injeção de combustível base com base na quantidade de correção de realimentação e na quantidade de correção de alimentação) e em consideração à concentração de álcool (isto é, em consideração à razão ar - combustível real que é ajustada em um valor deslocado na direção do lado pobre em relação ao seu alvo no caso em que a razão ar - combustível alvo for mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica). Dessa maneira, a ocorrência de um problema, tais como o desvio da razão ar - combustível da faixa de combustão, ou congêneres, pode ser impedida, independente das magnitudes da quantidade de correção de alimentação e da concentração de álcool.

No aspecto exposto da invenção, a unidade de execução de processamento de segurança pode ajustar um primeiro valor de segurança total como um valor que "a quantidade de correção total" não deve exceder na "direção de ganho" e um segundo valor de segurança total como um valor que "a quantidade de correção total" não deve cair abaixo na "direção de perda" com base na concentração de álcool em um caso em que a razão ar - combustível alvo for mais rica do que a razão ar - combustível de referência, pode ajustar o primeiro valor de segurança de realimentação em um valor igual a uma quantidade de correção de realimentação correspondente a um caso em que "a quantidade de correção total" coincidir com o primeiro valor de segurança total, e pode ajustar o segundo valor de segurança de realimentação em um valor igual a uma quantidade de correção de realimentação correspondente a um caso em que "a quantidade de correção total" coincidir com o segundo valor de segurança total.

De acordo com a configuração exposta, o primeiro valor de segurança de realimentação e o segundo valor de segurança de realimentação são ajustados nos valores obtidos pela remoção do valor da quantidade de correção de alimentação do primeiro valor de segurança total e do segundo valor de segurança total, respectivamente. Dessa maneira, a ocorrência de um problema, tais como o desvio da razão ar - combustível da faixa de combustão, ou congêneres, pode ser impedida, ainda ajustando o primeiro valor de segurança de realimentação e o segundo valor de segurança de realimentação tão altos quanto possível (isto é, ainda mantendo a diferença entre o primeiro valor de segurança de realimentação e o segundo valor de segurança de realimentação (uma amplitude de segurança) tão alta quanto possível).

Além do mais, o primeiro valor de segurança total e o segundo valor de segurança total são assim ajustados para mudar de acordo com a concentração de álcool quando a razão ar - combustível alvo for mais rica do que a razão ar - combustível de referência. Dessa maneira, o primeiro valor de segurança total e o segundo valor de segurança total podem ser ajustados em consideração à razão ar - combustível real, que é ajustada em um valor deslocado na direção do lado pobre em relação ao seu alvo, em decorrência de um deslocamento da razão ar - combustível detectada na direção do lado rico em relação à razão ar - combustível real (doravante referido simplesmente como "o deslocamento da razão ar - combustível detectada na direção do lado rico"). Em decorrência disto, a ocorrência de um problema, tais como desvio da razão ar - combustível da faixa de combustão, ou congêneres, pode ser adicionalmente impedida quando a razão ar - combustível alvo for mais rica do que a razão ar - combustível de referência.

Mais especificamente, o primeiro valor de segurança total pode ser ajustado constante, a saber, em um primeiro valor pré-determinado, quando a razão ar - combustível alvo for mais pobre do que a razão ar - combustível de referência, e pode ser aumentado do primeiro valor pré-determinado à medida em que a concentração de álcool aumenta ou que a razão ar - combustível alvo se desloca para longe da razão ar - combustível de referência na direção do lado rico quando a razão ar - combustível alvo for mais rica do que a razão ar - combustível de referência. O segundo valor de segurança total pode ser ajustado constante, a saber, em um segundo valor pré-determinado, quando a razão ar - combustível alvo for mais pobre do que a razão ar - combustível de referência, e pode ser aumentado do segundo valor pré-determinado à medida em que a concentração de álcool aumenta ou que a razão ar - combustível alvo se desloca para longe da razão ar - combustível de referência na direção do lado rico quando a razão ar - combustível alvo for mais rica do que a razão ar - combustível de referência.

No caso em que a razão ar - combustível real for ajustada em um valor deslocado na direção do lado pobre em relação ao seu alvo em decorrência do "deslocamento da ra-

ção ar - combustível detectada na direção do lado rico”, mesmo quando “a quantidade de correção total” supramencionada for igual ao supramencionado primeiro valor pré-determinado, a razão ar - combustível real ainda é deslocada na direção do lado pobre em relação a um limite da faixa de combustão no lado rico em um valor correspondente ao “deslocamento da razão ar - combustível detectada na direção do lado rico”. Isto é, não há espaço para ajustar o primeiro valor de segurança total maior do que o primeiro valor pré-determinado pelo valor correspondente ao “deslocamento da razão ar - combustível detectada na direção do lado rico” (não há espaço para aumentar a supramencionada amplitude de segurança na direção do ganho).

Por outro lado, quando a “quantidade de correção total” supramencionada for igual ao supramencionado segundo valor pré-determinado, a razão ar - combustível real é deslocada na direção do lado pobre em relação a um limite da faixa de combustão no lado pobre em um valor correspondente ao “deslocamento da razão ar - combustível detectada na direção do lado rico” (isto é, excedeu o limite no lado pobre). Isto é, há uma necessidade de ajustar o segundo valor de segurança total maior do que o segundo valor pré-determinado no valor correspondente ao “deslocamento da razão ar - combustível detectada na direção do lado rico” (há uma necessidade de reduzir a supramencionada amplitude de segurança na direção da perda).

Além do mais, a magnitude do “deslocamento da razão ar - combustível detectada na direção do lado rico” aumenta à medida em que a concentração de álcool aumenta e a razão ar - combustível alvo (portanto, a razão ar - combustível real) se desloca para longe da razão ar - combustível de referência na direção do lado rico. O ajuste do primeiro valor de segurança total e do segundo valor de segurança total em valores mais altos significa o ajuste do primeiro valor de segurança de realimentação e do segundo valor de segurança de realimentação em valores mais altos.

Um segundo aspecto da invenção diz respeito a um método de controle da razão ar - combustível para um motor de combustão interna que inclui: um sensor de razão ar - combustível que é fornecido em uma passagem de exaustão do motor de combustão interna e que transmite uma razão ar - combustível do gás na passagem de exaustão, um sensor de concentração de álcool que detecta uma concentração de álcool como uma concentração dos componentes de álcool contidos no combustível, e um dispositivo de injeção de combustível que injeta combustível de acordo com um comando para injetar combustível em uma quantidade de injeção de combustível de comando. Este método de controle da razão ar - combustível inclui: determinar uma quantidade de injeção de combustível base com base em uma quantidade de ar tomado no interior de uma câmara de combustão do motor de combustão interna em um curso de entrada e em uma razão ar - combustível de referência, determinar uma razão ar - combustível alvo do motor de combustão interna com base em

um estado operacional do motor de combustão interna, determinar uma quantidade de correção de alimentação para corrigir a quantidade de injeção de combustível base com base em um desvio da razão ar - combustível alvo a partir da razão ar - combustível de referência, determinar uma quantidade de correção de alimentação para corrigir a quantidade de injeção de combustível base com base em um valor de saída do sensor de razão ar - combustível, executar um processamento de segurança para limitar a quantidade de correção de realimentação em um primeiro valor de segurança de realimentação quando a quantidade de correção de realimentação exceder o primeiro valor de segurança de realimentação e limitar a quantidade de correção de realimentação em um segundo valor de segurança de realimentação quando a quantidade de correção de realimentação cair abaixo do segundo valor de segurança de realimentação, calcular a quantidade de injeção de combustível de comando pela correção da quantidade de injeção de combustível base com base na quantidade de correção de alimentação e na quantidade de correção de realimentação sujeitas ao processamento de segurança, e controlar uma razão ar - combustível de uma mistura suprida à câmara de combustão de maneira tal que a razão ar - combustível da mistura coincida com a razão ar - combustível alvo pela expedição ao dispositivo de injeção de combustível de um comando para injetar combustível na quantidade de injeção de combustível de comando. O primeiro valor de segurança de realimentação e o segundo valor de segurança de realimentação são ajustados com base na concentração de álcool e na quantidade de correção de alimentação.

Descrição Resumida dos Desenhos

Os recursos e vantagens da invenção expostos, e ainda outros, ficarão aparentes a partir da seguinte descrição das modalidades de exemplo em relação aos desenhos anexos, em que números iguais são usados para representar elementos iguais, e em que:

a figura 1 é um diagrama esquemático de um aparelho de controle da razão ar - combustível para um motor de combustão interna de acordo com a primeira modalidade da invenção;

a figura 2 é um gráfico que mostra um relacionamento entre a tensão de saída de um sensor de razão ar - combustível no lado à montante mostrado na figura 1 e a razão ar - combustível;

a figura 3 é um gráfico que mostra um relacionamento entre a tensão de saída de um sensor de razão ar - combustível no lado à jusante mostrado na figura 1 e a razão ar - combustível;

a figura 4 é um gráfico que mostra um relacionamento entre a concentração de álcool e um coeficiente K;

a figura 5 é um diagrama de blocos funcional durante o desempenho do controle da razão ar - combustível pelo aparelho de controle da razão ar - combustível mostrado na figu-

ra 1;

a figura 6 é um diagrama para explicar um método para ajustar um valor de segurança limite superior e um valor de segurança limite inferior de uma quantidade de correção de realimentação pelo aparelho de controle da razão ar - combustível mostrado na figura 1;

5 a figura 7 é um fluxograma que mostra uma rotina executada pelo aparelho de controle da razão ar - combustível mostrado na figura 1 para calcular uma quantidade de correção de alimentação e uma quantidade de injeção de combustível e para expedir um comando para injeção;

10 a figura 8 é um fluxograma que mostra uma rotina executada pelo aparelho de controle da razão ar - combustível mostrado na figura 1 para calcular uma quantidade de correção de realimentação;

a figura 9 é um fluxograma que mostra uma rotina executada pelo aparelho de controle da razão ar - combustível mostrado na figura 1 para calcular uma quantidade de correção de subrealimentação;

15 a figura 10 é um diagrama de blocos funcional durante a execução do controle da razão ar - combustível por um aparelho de controle da razão ar - combustível para um motor de combustão interna de acordo com a segunda modalidade da invenção;

20 a figura 11 é um fluxograma que mostra uma rotina executada pelo aparelho de controle da razão ar - combustível para o motor de combustão interna de acordo com a segunda modalidade da invenção para calcular uma taxa de correção de alimentação e uma quantidade de injeção de combustível e para expedir um comando para injeção; e

a figura 12 é um fluxograma que mostra uma rotina executada pelo aparelho de controle da razão ar - combustível para o motor de combustão interna de acordo com a segunda modalidade da invenção para calcular uma taxa de correção de realimentação.

25 Descrição Detalhada das Modalidades

Um aparelho de controle da razão ar - combustível para um motor de combustão interna de acordo com a primeira modalidade da invenção e um aparelho de controle da razão ar - combustível para um motor de combustão interna de acordo com a segunda modalidade da invenção serão descritos a seguir em relação aos desenhos.

30 A figura 1 mostra uma configuração esquemática de um sistema obtido pela aplicação do aparelho de controle da razão ar - combustível de acordo com a primeira modalidade da invenção em um motor de combustão interna multicilindros (quatro cilindros) tipo ignição por fagulha 10. Este motor de combustão interna 10 inclui uma parte de bloco do cilindro 20 que inclui um bloco do cilindro, um estojo inferior do bloco do cilindro e um compartimento de óleo, uma parte de cabeça do cilindro 30 fixa na parte de bloco do cilindro 20, um sistema de entrada 40 para suprir uma mistura de gasolina na parte de bloco do cilindro 20, e um sistema de exaustão 50 para descarregar gás de exaustão da parte de bloco do cilindro 20

para o exterior. O motor de combustão interna 10 pode usar, como combustível, somente gasolina (concentração de álcool = 0 %), gasolina contendo componentes de álcool, ou somente álcool (concentração de álcool = 100 %).

A parte de bloco do cilindro 20 inclui um cilindro 21, um pistão 22, uma haste de conexão 23 e um virabrequim 24. O pistão 22 se move no cilindro 21 de uma maneira alternada, e movimentos alternados do pistão 22 são transmitidos ao virabrequim 24 por meio da haste de conexão 23. Desse modo, o virabrequim 24 rotaciona. Juntamente com a parte de cabeça do cilindro 30, o cilindro 21 e uma cabeça do pistão 22 formam uma câmara de combustão 25.

A parte de cabeça do cilindro 30 é equipada com um orifício de entrada 31, uma válvula de entrada 32, um dispositivo de sincronismo de entrada variável 33, um atuador 33a para o dispositivo de sincronismo de entrada variável 33, um orifício de exaustão 34, uma válvula de exaustão 35, um eixo de cames de exaustão 36, uma vela de ignição 37, um ignitor 38 e um injetor (um dispositivo de injeção de combustível) 39. O orifício de entrada 31 comunica com a câmara de combustão 25. A válvula de entrada 32 abre / fecha o orifício de entrada 31. O dispositivo de sincronismo de entrada variável 33 inclui um eixo de cames de entrada para acionar a válvula de entrada 32 e mudar continuamente o ângulo de fase do eixo de cames de entrada. O orifício de exaustão 34 comunica com a câmara de combustão 25. A válvula de exaustão 35 abre / fecha o orifício de exaustão 34. O eixo de cames de exaustão 36 aciona a válvula de exaustão 35. O ignitor 38 inclui uma bobina de ignição para gerar uma alta tensão aplicada na vela de ignição 37. O injetor (o dispositivo de injeção de combustível) 39 injeta combustível no orifício de entrada 31.

O sistema de entrada 40 é equipado com um tubo de entrada 41 que inclui um coletor de entrada que comunica com o orifício de entrada 31 para formar uma passagem de entrada juntamente com o orifício de entrada 31, um filtro de ar 42 fornecido em uma extremidade do tubo de entrada 41, uma válvula afogadora 43 fornecida no tubo de entrada 41 para tornar variável a área seccional transversal de abertura da passagem de entrada, e um atuador da válvula afogadora 43a construído como um motor de CC que constitui o dispositivo de acionamento da válvula afogadora.

O sistema de exaustão 50 é equipado com um coletor de exaustão 51 que comunica com o orifício de exaustão 34, um tubo de exaustão 52 conectado em um coletor de exaustão 51 (na realidade, uma parte agregada em que respectivos coletores de exaustão 51 comunicam com respectivos agregados de orifícios de exaustão 34), um catalisador de três vias no lado à montante 53 (um conversor catalítico no lado à montante que será doravante referido como “o primeiro catalisador 53”) disposto (interposto) no tubo de exaustão 52, e um catalisador de três vias no lado à jusante 54 (doravante referido como “o segundo catalisador 54”) disposto (interposto) à jusante do primeiro catalisador 53 no tubo de exaustão 52. O

orifício de exaustão 34, o coletor de exaustão 51 e o tubo de exaustão 52 constituem uma passagem de exaustão.

Por outro lado, este sistema é equipado com um medidor de fluxo de ar tipo condutor energizado 61, um sensor de posição do afogador 62, um sensor de posição do came 63, um sensor de posição da manivela 64, um sensor de temperatura do agente refrigerante 65, um sensor da razão ar - combustível 66 (doravante referido como "o sensor da razão ar - combustível no lado à montante 66") disposto à montante do primeiro catalisador 53 na passagem de exaustão (nesta modalidade da invenção, uma parte agregada em que os supra-mencionados respectivos coletores de exaustão 51 agregam), um sensor de razão ar - combustível 67 (doravante referido como "o sensor de razão ar - combustível no lado à jusante 67") disposto à jusante do primeiro catalisador 53 e à montante do segundo catalisador 54 na passagem de exaustão, um sensor de grau de abertura do acelerador 68, e um sensor de concentração de álcool 69.

O medidor de fluxo de ar tipo condutor energizado 61 detecta uma vazão de massa do ar de entrada que flui no tubo de entrada 41 por unidade de tempo, e transmite um sinal que indica uma vazão de massa G_a . O sensor de posição do afogador 62 detecta um grau de abertura da válvula afogadora 43, e transmite um sinal que indica um grau de abertura da válvula afogadora T_A . O sensor de posição do came 63 transmite um sinal (um sinal G_2) com um pulso a cada vez que o eixo de cames de entrada rotaciona em 90° (isto é, cada vez que o virabrequim rotaciona em 180°). O sensor de posição da manivela 64 transmite um sinal com um pulso estreito a cada vez que o virabrequim 24 rotacionar em 10° e com um pulso largo a cada vez que o virabrequim 24 rotacionar em 360° . Este sinal indica uma velocidade operacional NE do motor de combustão interna 10. O sensor de temperatura do agente refrigerante 65 detecta uma temperatura do agente refrigerante no motor de combustão interna 10 e transmite um sinal que indica uma temperatura do agente refrigerante THW .

O sensor de razão ar - combustível no lado à montante 66 é um sensor de concentração de oxigênio tipo limitador de corrente, e transmite um valor de saída V_{abyfs} como uma tensão correspondente a uma saída de corrente de acordo com uma razão ar - combustível A/F indicada por uma linha cheia na figura 2. O valor de saída V_{abyfs} do sensor de razão ar - combustível no lado à montante 66 é igual a um valor alvo no lado à montante V_{stoich} quando a razão ar - combustível for igual à razão ar - combustível estequiométrica (uma razão ar - combustível de referência).

O sensor de razão ar - combustível no lado à jusante 67 é um sensor de concentração de oxigênio tipo força eletromotriz (tipo célula de concentração), e transmite um valor de saída V_{oxs} como uma tensão que muda repentinamente nas vizinhanças da razão ar - combustível estequiométrica, da forma mostrada na figura 3. Para ser mais específico, o sensor de razão ar - combustível no lado à jusante 67 transmite uma tensão de cerca de 0,1 V

quando a razão ar - combustível for mais pobre do que a razão ar - combustível estequiométrica, uma tensão de cerca de 0,9 V quando a razão ar - combustível for mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica, e uma tensão de 0,5 V quando a razão ar - combustível for igual à razão ar - combustível estequiométrica. O sensor do grau de abertura do acelerador 68 detecta uma quantidade de operação de um pedal do acelerador 81 operado por um motorista, e transmite um sinal que indica uma quantidade de operação Accp do pedal do acelerador 81.

O sensor de concentração de álcool 69 detecta uma concentração dos componentes de álcool (etanol e congêneres) contidos no combustível acumulado em um tanque de combustível (não mostrado) (isto é, a supramencionada concentração de álcool, uma concentração de massa nesta modalidade da invenção), e transmite um sinal que indica uma concentração de álcool R ($0 \leq R \leq 100 \%$).

Nesta modalidade da invenção, é usado um coeficiente K ($1 \leq K$) ajustado da forma mostrada na figura 4. Este coeficiente K é ajustado em "1" quando a concentração de álcool R for igual a 0 %, e é assim ajustado para aumentar de "1" à medida em que a concentração de álcool R aumenta. Dado que a razão ar - combustível estequiométrica, no momento em que a concentração de álcool R = 0 %, é denotada por stoich (por exemplo, 14,6), a razão ar - combustível estequiométrica no momento em que a concentração de álcool R $\geq 0 \%$ pode ser expressa como "stoich $\cdot (1 / K)$ ".

Uma unidade de controle eletrônico 70 é um microcomputador composto por uma CPU 71, uma ROM 72, uma RAM 73, uma RAM de cópia de segurança 74 e uma interface 75 que inclui conversores AD. Rotinas (programas) executadas pela CPU 71, tabelas (tabelas e mapas de busca), constantes, e congêneres são armazenadas em antecipação na ROM 72. A interface 75 é conectada nos supramencionados sensores 61 a 69, supre sinais dos sensores 61 a 69 à CPU 71, e distribui sinais de acionamento ao atuador 33a para o dispositivo de sincronismo de entrada variável 33, o ignitor 38, o injetor 39 e o atuador da válvula afogadora 43a. A CPU 71, a ROM 72, a RAM 73, a RAM de cópia de segurança 74 e a interface 75 são conectadas em um barramento que é comum a elas.

A seguir, o resumo do controle da razão ar - combustível executado pelo aparelho de controle da razão ar - combustível configurado da forma supradescrita (doravante referido como "este aparelho") será descrito.

O aparelho de controle da razão ar - combustível de acordo com esta modalidade da invenção controla a razão ar - combustível de acordo com o valor de saída Vabyfs do sensor de razão ar - combustível no lado à montante 66 (isto é, a razão ar - combustível à montante do primeiro catalisador 53) e com o valor de saída Voxs do sensor de razão ar - combustível no lado à jusante 67 (isto é, a razão ar - combustível à jusante do primeiro catalisador 53) de maneira tal que o valor de saída do sensor de razão ar - combustível no lado

à jusante 67 fique igual a um valor alvo no lado à jusante Voxsref (por exemplo, 0,5 V, veja figura 3) correspondente à razão ar - combustível estequiométrica (a razão ar - combustível de referência).

Para ser mais específico, o aparelho de controle da razão ar - combustível de acordo com esta modalidade da invenção é configurado com respectivos blocos funcionais A1 até A16, como fica aparente a partir de um diagrama de blocos funcional mostrado na figura 5. Os respectivos blocos funcionais serão descritos a seguir em relação à figura 5. Na seguinte descrição, “realimentação” e “alimentação” podem ser referidas como “FB” e “FF”, respectivamente.

Uma unidade de cálculo de quantidade de entrada de ar no cilindro A1 calcula uma quantidade de entrada de ar no cilindro $Mc(k)$ como uma quantidade de entrada de ar em corrente de um cilindro que passa por um curso de entrada com base na vazão de ar de entrada G_a detectada pelo medidor de fluxo de ar 61, a velocidade operacional NE obtida com base na saída do sensor de posição da manivela 64, e uma tabela $MapMc$ armazenada na ROM 72. Aqui, percebe-se que um valor acompanhado por um sufixo (k) diz respeito a um curso de entrada de corrente (o mesmo será verdade a seguir para as outras quantidades físicas). A quantidade de ar de entrada no cilindro $Mc(k)$ é armazenada na RAM 73, ainda ficando associada com um curso de entrada de cada cilindro. Por exemplo, uma quantidade de ar de entrada no cilindro $Mc(k - 1)$ representa uma quantidade de ar de entrada no último curso de entrada.

Uma unidade de ajuste da razão ar - combustível alvo no lado à montante A2 decide uma razão ar - combustível alvo no lado à montante $abyfr(k)$ (“a razão ar - combustível alvo” supramencionada) com base na velocidade operacional NE conforme o estado operacional do motor de combustão interna 10, na quantidade de operação do pedal do acelerador Accp, e no coeficiente K. Em princípio, esta razão ar - combustível alvo no lado à montante $abyfr(k)$ é ajustada na razão ar - combustível estequiométrica ($=stoich \cdot (1 / K)$). Por outro lado, a razão ar - combustível alvo no lado à montante $abyfr(k)$ também é ajustada em uma razão ar - combustível diferente da razão ar - combustível estequiométrica quando a velocidade operacional NE, a quantidade de operação do pedal do acelerador Accp, ou congêneres, assumirem um certo valor. A razão ar - combustível alvo no lado à montante $abyfr(k)$ é armazenada na RAM 73, ainda ficando associada com um curso de entrada de cada cilindro. Esta unidade de ajuste da razão ar - combustível alvo no lado à montante A2 corresponde à “unidade de aquisição da razão ar - combustível alvo”.

Uma unidade de decisão da quantidade de injeção de combustível base A3 calcula uma quantidade de injeção de combustível base F_{base} pela divisão da quantidade de ar de entrada no cilindro $Mc(k)$ pela razão ar - combustível estequiométrica $stoich \cdot (1 / K)$. Esta unidade de decisão da quantidade de injeção de combustível base A3 corresponde à “uni-

dade de aquisição da quantidade de injeção de combustível base”.

Uma unidade de cálculo da quantidade de correção FF A4 calcula uma quantidade de correção de alimentação DFF (uma quantidade de correção FF DFF) para corrigir a quantidade de injeção de combustível base F_{base} , que corresponde a um desvio da razão ar - combustível alvo no lado à montante $abyfr(k)$ da razão ar - combustível estequiométrica $stoich \cdot (1 / K)$, de acordo com uma expressão (1) mostrada a seguir.

$$DFF = (Mc(k) \cdot (stoich - abyfr(k) \cdot K)) / (stoich \cdot abyfr(k)) \dots (1)$$

Esta quantidade de correção FF DFF é igual a um valor obtido pela subtração de uma quantidade de combustível ($= Mc(k) \cdot K / stoich$) que torna a razão ar - combustível igual à razão ar - combustível estequiométrica $stoich \cdot (1 / K)$ de uma quantidade de combustível ($= Mc(k) / abyfr(k)$) que torna a razão ar - combustível igual à razão ar - combustível alvo no lado à montante $abyfr(k)$. A quantidade de correção FF DFF é positiva quando a razão ar - combustível alvo no lado à montante $abyfr(k)$ for mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica (a quantidade de correção FF DFF aumenta à medida em que a razão ar - combustível alvo no lado à montante $abyfr(k)$ fica mais rica), e é negativa quando a razão ar - combustível alvo no lado à montante $abyfr(k)$ for mais pobre do que a razão ar - combustível estequiométrica (o valor absoluto da quantidade de correção FF DFF aumenta à medida em que a razão ar - combustível alvo no lado à montante $abyfr(k)$ fica mais pobre). Esta unidade de cálculo da quantidade de correção FF A4 corresponde à “unidade de aquisição da quantidade de correção de alimentação”.

Uma unidade de cálculo da quantidade de injeção de combustível de comando A5 calcula uma quantidade de injeção de combustível de comando F_i pela adição da quantidade de correção FF DFF e uma quantidade de correção de realimentação DFB (a quantidade de correção FB DFB) sujeita a um processamento de segurança posteriormente descrito na quantidade de injeção de combustível base F_{base} . Em outras palavras, a unidade de cálculo da quantidade de injeção de combustível de comando A5 calcula a quantidade de injeção de combustível de comando F_i com base em uma expressão (2) mostrada a seguir. Esta unidade de cálculo da quantidade de injeção de combustível de comando A5 corresponde à “unidade de cálculo da quantidade de injeção de combustível de comando”.

$$F_i = F_{base} + DFF + DFB \dots (2)$$

Desta maneira, o aparelho de controle da razão ar - combustível de acordo com esta modalidade da invenção expede, ao injetor 39 de um cilindro que passa por um curso de entrada de corrente, um comando para injetar combustível na quantidade de injeção de combustível de comando F_i obtida pela correção da quantidade de injeção de combustível base F_{base} com base na quantidade de correção FF DFF e na quantidade de correção FB DFB. Um dispositivo de controle que, assim, emite o comando para injetar combustível corresponde à “unidade de controle da razão ar - combustível”.

Como é o caso com a supramencionada unidade de ajuste da razão ar - combustível alvo no lado à montante A2, uma unidade de ajuste do valor alvo no lado à jusante A6 decide um valor alvo no lado à jusante Voxsref com base na velocidade operacional NE conforme o estado operacional do motor de combustão interna 10 e a quantidade de operação do pedal do acelerador Accp. Nesta modalidade da invenção, este valor alvo no lado à jusante Voxsref é ajustado de maneira tal que a razão ar - combustível correspondente ao valor alvo no lado à jusante Voxsref coincida com a supramencionada razão ar - combustível alvo no lado à montante abyfr(k).

Uma unidade de cálculo da quantidade de diferença de saída A7 calcula uma quantidade de diferença de saída DVoxs pela subtração do valor de saída Voxs do sensor de razão ar - combustível no lado à jusante 67 neste momento (mais especificamente, no momento em que a expedição do comando atual para injetar combustível em Fi for iniciada) do valor alvo no lado à jusante Voxsref neste momento com base em uma expressão (3) mostrada a seguir.

$$DVoxs = Voxsref - Voxs \dots (3)$$

Um controlador PID A8 calcula uma quantidade de correção de subrealimentação Vafsfb com base em uma expressão (4) mostrada a seguir pela sujeição da quantidade da diferença da saída DVoxs em um processamento de proporção, integração e diferenciação (o processamento PID). Na expressão (4) mostrada a seguir, Kp denota um ganho proporcional pré-ajustado (um valor constante), Ki denota um ganho integral pré-ajustado (um valor constante), e Kd denota um ganho de diferencial pré-ajustado (um valor constante).

$$Vafsfb = Kp \cdot DVoxs + Ki \cdot SDVoxs + Kd \cdot DDVoxs \dots (4)$$

Na expressão (4), SDVoxs denota um valor integral temporal da quantidade da diferença da saída DVoxs, e DDVoxs denota um valor diferencial temporal da quantidade da diferença da saída DVoxs. Aqui, percebe-se que o controlador PID A8 inclui um termo integral $Ki \cdot SDVoxs$. Portanto, a quantidade da diferença da saída DVoxs é zero em um estado estacionário. Em outras palavras, a diferença estacionária entre o valor alvo no lado à jusante Voxsref e o valor da saída Voxs do sensor da razão ar - combustível no lado à jusante 67 é zero.

Desta maneira, o aparelho de controle da razão ar - combustível de acordo com esta modalidade da invenção calcula a quantidade de correção de subalimentação Vafsfb com base no valor alvo no lado à jusante Voxsref e o valor de saída Voxs do sensor de razão ar - combustível no lado à jusante 67 para controlar a razão ar - combustível de maneira tal que a diferença estacionária entre o valor alvo no lado à jusante Voxsref e o valor de saída Voxs fique igual a zero. Como será descrito posteriormente, esta quantidade de correção de subalimentação Vafsfb é usada para adquirir uma razão ar - combustível de controle abyfs.

Uma unidade de cálculo do valor de saída correspondente à razão ar - combustível

de controle A9 calcula um valor de saída correspondente à razão ar - combustível de controle ($V_{abyfs} + v_{afsf}$) pela adição da quantidade de correção de realimentação no lado à jusante V_{afsf} no valor de saída V_{abyfs} do sensor de razão ar - combustível no lado à montante 66 neste momento.

5 Uma unidade de conversão de tabela A10 calcula uma razão ar - combustível de controle (atual) $abyfs1(k)$ neste momento, no caso em que a concentração de álcool $R = 0\%$, com base no valor de saída correspondente à razão ar - combustível de controle ($V_{abyfs} + V_{afsf}$) e uma tabela Map_{abyfs} que define o relacionamento entre o valor de saída V_{abyfs} do sensor de razão ar - combustível no lado à montante e a razão ar - combustível A/F , que
10 é indicada pela linha cheia no gráfico da figura 2 supradescrita.

Então, uma unidade de conversão da razão ar - combustível A11 calcula a razão ar - combustível de controle $abyfs(k)$ correspondente à concentração de álcool R neste momento pela multiplicação da razão ar - combustível de controle $abyfs1(k)$ por um valor $(1/K)$. Assim, a razão ar - combustível de controle $abyfs(k)$ fica diferente da razão ar - combustível
15 (a razão ar - combustível detectada) obtida do valor de saída V_{abyfs} do sensor de razão ar - combustível no lado à montante 66 em um valor correspondente à quantidade de correção de subrealimentação V_{afsf} .

Uma unidade de atraso da razão ar - combustível alvo A12 lê da RAM 73 uma razão ar - combustível alvo no lado à montante $abyfr(k-N)$ antes deste momento em N cursos
20 entre as razões ar - combustível alvos no lado à montante $abyfr$ calculadas pela unidade de ajuste da razão ar - combustível alvo no lado à montante A2 para respectivos cursos de entrada e armazenadas na RAM 73. Aqui, percebe-se que N denota o número de cursos correspondente à soma de “um tempo considerando o atraso do curso”, “um tempo considerando o atraso do transporte” e “um tempo considerando o atraso da resposta” (doravante
25 referido como “tempo morto L ”).

“O tempo considerando o atraso do curso” é um tempo de um momento em que um comando para injetar combustível é expedido até um momento em que o gás de exaustão, com base na combustão do combustível injetado de acordo com este comando, é descarregado da câmara de combustão 25 na passagem de exaustão por meio da válvula de exaustão 35. “O tempo considerando o atraso do transporte” é um tempo de um momento em que
30 o gás de exaustão é descarregado na passagem de exaustão por meio da válvula de exaustão 35 até um momento em que o gás de exaustão alcança (uma parte de detecção de) o sensor de razão ar - combustível no lado à montante 66. “O tempo considerando o atraso da resposta” é um tempo até um momento em que a razão ar - combustível do gás de exaustão
35 que alcançou (a parte de detecção de) o sensor de razão ar - combustível no lado à montante 66 se manifesta como o valor de saída V_{abyfs} do sensor de razão ar - combustível no lado à montante 66.

Uma unidade de cálculo da diferença da razão ar - combustível A13 calcula uma diferença da razão ar - combustível DAF pela subtração da razão ar - combustível alvo no lado à montante abyfr(k-N) antes deste momento em N cursos da razão ar - combustível de controle atual abyfs(k) com base em uma expressão (5) mostrada a seguir. Neste caso, considerando que o valor de saída Vabyfs do sensor de razão ar - combustível no lado à montante 66 representa uma razão ar - combustível do gás de exaustão com base na combustão do combustível injetado de acordo com um comando para injeção antes deste momento em relação ao tempo morto L, esta diferença da razão ar - combustível DAF é uma quantidade que representa um excesso ou deficiência no combustível suprido no interior do cilindro em um momento antes deste momento em N cursos.

$$DAF = abyfs(k) - abyfr(k - N) \dots (5)$$

Um controlador PI A14 calcula uma quantidade de correção FB DFB (um valor que não foi sujeito ao processamento de segurança) para compensar o excesso ou deficiência na quantidade do suprimento de combustível antes deste momento em N cursos com base em uma expressão (6) mostrada a seguir, pela sujeição da diferença na razão ar - combustível DAF em um processamento de proporção e integração (um processamento PI).

$$DFB = (G_p \cdot DAF + G_i + SDAF) \cdot KFB \dots (6)$$

Na expressão (6), G_p denota um ganho proporcional (um valor constante), G_i denota um ganho integral (um valor constante), e $SDAF$ denota um valor integral temporal da diferença da razão ar - combustível DAF. Embora um coeficiente KFB seja "1" nesta modalidade da invenção, a invenção não é limitada a esta configuração. Por exemplo, o coeficiente KFB pode ser mudado com base na velocidade operacional NE, na quantidade de entrada de ar no cilindro Mc, e congêneres. Este controlador PI A14 corresponde à "unidade de aquisição da quantidade de correção de realimentação".

Uma unidade de desempenho de processamento de segurança A15 executa um processamento (doravante referido como "um processamento de segurança") de limitação da quantidade de correção FB DFB calculada de acordo com a expressão (6) em um valor de segurança limite inferior FB Lgrdfb (< 0 , correspondente ao "segundo valor de segurança de realimentação"), que é ajustado como será descrito posteriormente, quando a quantidade de correção FB DFB cair abaixo do valor de segurança limite inferior FB Lgrdfb, e de limitação da quantidade de correção FB DFB calculada de acordo com a expressão (6) em um valor de segurança limite superior FB Ugrdfb (> 0 , correspondente ao "primeiro valor de segurança de realimentação"), que é ajustado como será descrito posteriormente, quando a quantidade de correção FB DFB exceder o valor de segurança limite superior FB Ugrdfb. Um método para ajustar o valor de segurança limite superior FB Ugrdfb e o valor de segurança limite inferior FB Lgrdfb pela unidade de desempenho do processamento de segurança A15 será descrito a seguir em relação à figura 6.

Nesta modalidade da invenção, um valor de segurança limite superior total Ugrdtotal (correspondente ao “primeiro valor de segurança total”) e um valor de segurança limite inferior total Lgrdtotal (correspondente ao “segundo valor de segurança total”), que são respectivamente indicados por linhas cheias espessas na figura 6, são ajustados a fim de ajustar o valor de segurança limite superior FB Ugrdfb e o valor de segurança limite inferior FB Lgrdfb. Entretanto, percebe-se que as linhas cheias espessas da figura 6 indicam o caso em que a concentração de álcool $R = 0 \%$.

O valor de segurança limite superior total Ugrdtotal corresponde a um valor limite da faixa de combustão do lado rico (ou uma razão ar - combustível mais pobre do que o valor limite em um valor pré-determinado), e o valor de segurança limite inferior total Lgrdtotal corresponde a um valor limite da faixa de combustão no lado pobre (ou uma razão ar - combustível mais rica do que o valor limite em um valor pré-determinado). Isto é, o valor de segurança limite superior total Ugrdtotal e o valor de segurança limite inferior total Lgrdtotal correspondem a “um valor que “a quantidade de correção total (a quantidade de correção FF DFF + a quantidade de correção FB DFB = DFF + DFB nesta modalidade da invenção)” para a quantidade de injeção de combustível base não deve exceder” e “um valor que “a quantidade de correção total” para a quantidade de injeção de combustível base não deve cair abaixo”, respectivamente. Em outras palavras, há um relacionamento “ $Lgrdtotal \leq (DFF + DFB) \leq Ugrdtotal$ ”.

O valor de segurança limite superior total Ugrdtotal e o valor de segurança limite inferior total Lgrdtotal são decididos com base na quantidade da entrada de ar no cilindro $Mc(k)$, na razão ar - combustível alvo no lado à montante $abyfr(k)$, e na concentração de álcool R , usando uma tabela $MapUgrdtotal$ e uma tabela $MapLgrdtotal$, respectivamente, cujos argumentos são $Mc(k)$, $abyfr(k)$ e R .

Os valores absolutos do valor de segurança limite superior total Ugrdtotal e o valor de segurança limite inferior total Lgrdtotal são assim decididos para ficar proporcionais à quantidade de entrada de ar no cilindro $Mc(k)$. Esta decisão é baseada no fato de que a quantidade de correção FB DFB é um valor adicionado na quantidade de injeção de combustível base $Fbase$ (isto é, não um valor pelo qual a quantidade de injeção de combustível base $Fbase$ é multiplicado). A seguinte descrição será continuada na consideração de que a quantidade de entrada de ar no cilindro $Mc(k)$ é constante.

No caso em que a concentração de álcool $R = 0 \%$, o valor de segurança limite superior total Ugrdtotal e o valor de segurança limite inferior total Lgrdtotal são ajustados em diferentes valores constantes (“o primeiro valor pré-determinado” e “o segundo valor pré-determinado”), respectivamente, da forma indicada pelas linhas cheias da figura 6.

Por outro lado, no caso em que a concentração de álcool $R > 0 \%$, o valor de segurança limite superior total Ugrdtotal e o valor de segurança limite inferior total Lgrdtotal são

assim ajustados respectivamente para aumentar em relação aos supramencionados valores constantes correspondentes à medida em que a concentração de álcool R aumenta e a razão ar - combustível alvo $\lambda_{byfr}(k)$ se desloca para longe da razão ar - combustível estequiométrica na direção do lado rico, somente quando a razão ar - combustível alvo $\lambda_{byfr}(k)$ for mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica $\text{stoich} \cdot (1/K)$ (veja linha cheia longa e duas linhas cheias curtas alternadas da figura 6). Este ajuste será descrito a seguir.

Um sensor de concentração de oxigênio tipo limitador de corrente, tal como o sensor de razão ar - combustível no lado à montante 66, (bem como um sensor de concentração de oxigênio tipo força eletromotriz, tal como o sensor de razão ar - combustível no lado à jusante 67) tende a gerar uma saída que se desloca na direção do lado rico à medida em que o peso molecular médio dos componentes redutores (isto é, combustível não queimado) diminui quando a concentração dos componentes redutores for constante no gás de exaustão, cuja razão ar - combustível é mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica. Considera-se que esta tendência é baseada nos fatos de que é mais provável que os componentes redutores entrem em uma parte de reação do sensor (feita de zircônia ou congêneres) e de que é mais provável que uma reação na parte de reação do sensor prossiga à medida em que o peso molecular médio dos componentes redutores diminui.

Por outro lado, álcool tem um peso molecular médio menor do que gasolina. Dessa maneira, o peso molecular médio do combustível diminui à medida em que a concentração do álcool aumenta. Em função do fato exposto, da forma mostrada na figura 2, o valor de saída V_{abyfs} do sensor de razão ar - combustível no lado à montante tende a desviar na direção do lado rico (o menor lado) à medida em que a concentração de álcool R aumenta quando a razão ar - combustível do gás de exaustão for mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica no relacionamento entre o valor de saída V_{abyfs} do sensor de razão ar - combustível no lado à montante e a razão ar - combustível A/F (veja linha cheia longa e duas linhas cheias curtas alternadas da figura 2).

Além do mais, de acordo com esta modalidade da invenção, a razão ar - combustível (doravante referida como “a razão ar - combustível detectada”) é adquirida com base no relacionamento entre o valor de saída V_{abyfs} do sensor da razão ar - combustível no lado à montante 66 e a razão ar - combustível A/F no caso em que a concentração de álcool R = 0 % (veja a linha cheia da figura 2) e o valor de saída V_{abyfs} (veja a unidade de conversão da tabela A10). Neste caso, a razão ar - combustível detectada tende a se deslocar na direção do lado rico em relação à razão ar - combustível real (“o deslocamento da razão ar - combustível detectada na direção do lado rico” supramencionado) à medida em que a concentração de álcool R aumenta quando a razão ar - combustível do gás de exaustão for mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica.

Além do mais, a razão ar - combustível real é assim controlada para coincidir com a

razão ar - combustível alvo $\text{abyfr}(k)$. Portanto, é improvável que a razão ar - combustível real se torne mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica quando a razão ar - combustível alvo $\text{abyfr}(k)$ for mais pobre do que a razão ar - combustível estequiométrica. Isto é, é improvável que “o deslocamento da razão ar - combustível detectada na direção do lado rico” ocorra. Por outro lado, é provável que a razão ar - combustível real fique mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica quando a razão ar - combustível alvo $\text{abyfr}(k)$ for mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica. Isto é, é provável que o supramencionado “deslocamento da razão ar - combustível detectada na direção do lado rico” ocorra. Este fato significa que é provável que o supramencionado “deslocamento da razão ar - combustível detectada na direção do lado rico” ocorra quando a concentração de álcool R for alta e a razão ar - combustível alvo $\text{abyfr}(k)$ for mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica.

Quando “o deslocamento da razão ar - combustível detectada na direção do lado rico” supramencionado ocorrer, a razão ar - combustível real é ajustada em um valor deslocado na direção do lado pobre em relação a um alvo desta. Neste caso, a razão ar - combustível real ainda é deslocada na direção do lado pobre em relação ao limite da faixa de combustão no lado rico em um valor correspondente ao “deslocamento da razão ar - combustível detectada na direção do lado rico” quando “a quantidade de correção total” ($= \text{DFF} + \text{DFB}$) para a quantidade de injeção de combustível base for igual ao supramencionado valor constante correspondente ao valor de segurança limite superior total Ugrdtotal . Este fenômeno significa que há um espaço para ajuste (correção) do valor de segurança limite superior total Ugrdtotal maior do que o supramencionado valor constante em um valor correspondente ao “deslocamento da razão ar - combustível detectada na direção do lado rico” (isto é, há um espaço para aumentar a amplitude de segurança na direção de ganho).

Por outro lado, no caso em que a razão ar - combustível real for ajustada em um valor deslocado na direção do lado pobre em relação ao seu alvo, a razão ar - combustível real é deslocada na direção do lado pobre em relação ao limite da faixa de combustão no lado pobre em um valor correspondente ao “deslocamento da razão ar - combustível detectada na direção do lado rico” quando “a quantidade de correção total” ($= \text{DFF} + \text{DFB}$) para a quantidade de injeção de combustível base for igual ao supramencionado valor constante correspondente ao valor de segurança limite inferior total Lgrdtotal . Isto é, mesmo quando “a quantidade de correção total” ($= \text{DFF} + \text{DFB}$) não tiver caído abaixo do valor de segurança limite inferior total Lgrdtotal , um problema, tais como o desvio da razão ar - combustível da faixa de combustão na direção do lado pobre ou congêneres, pode ser ocasionado. Neste caso, há uma necessidade de ajustar (corrigir) o valor de segurança limite inferior total Lgrdtotal maior do que o supramencionado valor constante em um valor correspondente ao “deslocamento da razão ar - combustível detectada na direção do lado rico” (há uma necessida-

de de reduzir a amplitude de segurança na direção da perda).

Além do mais, a magnitude do “deslocamento da razão ar - combustível detectada na direção do lado rico” aumenta à medida em que a concentração de álcool R aumenta. A magnitude do “deslocamento da razão ar - combustível detectada na direção do lado rico” aumenta os deslocamentos da razão ar - combustível real para longe da razão ar - combustível estequiométrica na direção do lado rico (veja a magnitude da discrepância entre a linha cheia e a linha cheia longa e duas linhas cheias curtas alternadas na figura 2). Aqui, percebe-se que a razão ar - combustível real também tende a se deslocar para longe da razão ar - combustível estequiométrica na direção do lado rico à medida em que a razão ar - combustível alvo $abyfr(k)$ se desloca para longe da razão ar - combustível estequiométrica na direção do lado rico. Isto é, a magnitude do “deslocamento da razão ar - combustível detectada na direção do lado rico” aumenta à medida em que a razão ar - combustível alvo $abyfr(k)$ se desloca para longe da razão ar - combustível estequiométrica na direção do lado rico.

Em vista do exposto, no aparelho de controle da razão ar - combustível de acordo com esta modalidade da invenção, o valor de segurança limite superior total $Ugrdtotal$ e o valor de segurança limite inferior total $Lgrdtotal$ são assim ajustados respectivamente para aumentar em relação aos supramencionados valores constantes correspondentes à medida em que a concentração de álcool R aumenta e a razão ar - combustível alvo $abyfr(l)$ se desloca para longe da razão ar - combustível estequiométrica na direção do lado rico somente quando a razão ar - combustível alvo $abyfr(l)$ for mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica.

O valor de segurança limite superior FB $Ugrdfb$ e o valor de segurança limite inferior FB $Lgrdfb$ são ajustados de acordo com as expressões (7) e (8) mostradas a seguir, respectivamente, usando o valor de segurança limite superior total $Ugrdtotal$ ajustado da forma supradescrita, o valor de segurança limite inferior total $Lgrdtotal$ ajustado da forma supradescrita e a quantidade de correção FF DFF.

$$Ugrdfb = Ugrdtotal - DFF \dots (7)$$

$$Lgrdfb = Lgrdtotal - DFF \dots (8)$$

Isto é, o valor de segurança limite superior FB $Ugrdfb$ é decidido como um valor igual à quantidade de correção FB DFB correspondente a um caso em que a soma da quantidade de correção FB DFB e a quantidade de correção FF DFF coincide com o valor de segurança limite superior total $Ugrdtotal$, e o valor de segurança limite inferior FB $Lgrdfb$ é decidido como um valor igual à quantidade de correção FB DFB correspondente a um caso em que a soma da quantidade de correção FB DFB e da quantidade de correção FF DFF coincide com o valor de segurança limite inferior total $Lgrdtotal$.

Por exemplo, da forma mostrada na figura 6, quando a razão ar - combustível alvo $abyfr(k)$ assumir um valor AF1 (uma razão ar - combustível rica) (quando a quantidade de

correção FF DFF assumir um valor $F1$ (um valor positivo)), o valor de segurança limite superior $FB\ Ugrdfb$ é igual a um valor $U1$ (um valor positivo), e o valor de segurança limite inferior $FB\ Lgrdfb$ é igual a um valor $(-L1)$ (um valor negativo). Da mesma maneira, quando a razão ar - combustível alvo $abyfr(k)$ assumir um valor $AF2$ (uma razão ar - combustível pobre)

5 (quando a quantidade de correção FF DFF assumir um valor $(-F2)$ (um valor negativo)), o valor de segurança limite superior $FB\ Ugrdfb$ é igual a um valor $U2$ (um valor positivo), e o valor de segurança limite inferior $FB\ Lgrdfb$ é igual a um valor $(-L2)$ (um valor negativo).

A quantidade de correção $FB\ DFB$ calculada de acordo com a expressão (6) é sujeita ao processamento de segurança usando o valor de segurança limite superior $FB\ Ugrdfb$ assim ajustado e o valor de segurança limite inferior $Lgrdfb$ assim ajustado. Então, a quantidade de correção $FB\ DFB$ sujeita ao processamento de segurança é usada no cálculo da quantidade de injeção de combustível de comando Fi por meio da unidade de cálculo da quantidade de injeção de combustível de comando $A5$ da forma supradescrita.

Assim, a ocorrência de um problema, tais como o desvio da razão ar - combustível da faixa de combustão, independente dos valores da concentração de álcool R e da quantidade de correção FF DFF, ou congêneres, pode ser impedida de forma confiável, ainda mantendo a diferença entre o valor de segurança limite superior $FB\ Ugrdfb$ e o valor de segurança limite inferior $FB\ Lgrdfb$ (isto é, a amplitude de segurança) tão alta quanto possível. Esta unidade de desempenho do processamento de segurança $A15$ corresponde à supramencionada “unidade de desempenho do processamento de segurança”.

Da forma supradescrita, o sensor de concentração de álcool 69 , como uma unidade de aquisição de concentração de álcool $A16$, adquire / atualiza a concentração de álcool R ($0 \leq R \leq 100\%$) do combustível acumulado no tanque de combustível (não mostrado) em cada sincronismo pré-determinado, e adquire / atualiza o coeficiente K com base na tabela mostrada na figura 4. O coeficiente K assim adquirido / atualizado é usado pela unidade de ajuste da razão ar - combustível alvo no lado à montante $A2$, pela unidade de cálculo da quantidade de correção FF $A4$ e pela unidade de desempenho do processamento de segurança $A15$.

Como fica aparente a partir da descrição exposta, no aparelho de controle da razão ar - combustível de acordo com esta modalidade da invenção, a razão ar - combustível é controlada em relação à realimentação de maneira tal que a razão ar - combustível de controle $abyfs(k)$ neste momento coincida com a razão ar - combustível alvo no lado à montante $abyfr(k - N)$ antes deste momento em N cursos, com uma vista para a compensação de um excesso ou deficiência na quantidade do combustível suprido no interior do cilindro em um momento antes deste momento em N cursos.

Além do mais, da forma supradescrita, a razão ar - combustível de controle $abyfs$ é obtida pela correção da razão ar - combustível detectada obtida a partir do valor de saída

Vabyfs do sensor de razão ar - combustível no lado à montante 66 em um valor correspondente à quantidade de correção de subrealimentação VAfsfb. Dessa maneira, a razão ar - combustível de controle abyfs também muda de acordo com a quantidade da diferença da saída DVoxs. Em decorrência disto, a razão ar - combustível é também controlada em relação à realimentação de maneira tal que o valor de saída Voxs do sensor da razão ar - combustível no lado à jusante 67 coincida com o valor alvo no lado à jusante Voxsref.

Além do mais, o controlador PI A13 inclui o termo integral $G_i \cdot SDAF$. Portanto, garante-se que a diferença da razão ar - combustível DAF seja zero em um estado estacionário. Em outras palavras, a diferença estacionária entre a razão ar - combustível alvo no lado à montante abyfr(k - N) e a razão ar - combustível de controle abyfs(k) é zero. Isto significa que garante-se que a razão ar - combustível de controle abyfs coincida com a razão ar - combustível alvo no lado à montante abyfr no estado estacionário e, portanto, garante-se que as razões ar - combustível à montante e à jusante do primeiro catalisador 53 coincidam com a razão ar - combustível alvo no lado à montante abyfr no estado estacionário.

No estado estacionário, o termo proporcional $G_p \cdot DAF$ é zero em virtude de a diferença da razão ar - combustível DAF ser zero. Portanto, o valor de correção FB DFB é igual ao valor do termo integral $G_i \cdot SDAF$. O valor deste termo integral $G_i \cdot SDAF$ corresponde a "um erro da quantidade de injeção de combustível base". Assim, "o erro da quantidade de injeção de combustível base" pode ser compensado. A descrição exposta é o resumo do controle da razão ar - combustível realizado pelo aparelho de controle da razão ar - combustível de acordo com esta modalidade da invenção.

A seguir, o desempenho real do aparelho de controle da razão ar - combustível de acordo com esta modalidade da invenção será descrito. Na seguinte descrição, por conveniência de explicação, considera-se que "MapX(a1, a2, ...) denota uma tabela para calcular um valor X cujo argumento é a1, a2, ... No caso em que o valor do argumento é igual a um valor de detecção do sensor, um valor de detecção atual do sensor é usado.

A CPU 71 executa repetidamente uma rotina para calcular a quantidade de correção FF DFF e a quantidade de injeção de combustível de comando Fi e para expedir um comando para injetar combustível, que é mostrada como um fluxograma na figura 7, toda vez que o ângulo da manivela de cada cilindro se tornar igual a um ângulo da manivela pré-determinado antes de cada centro morto de topo de entrada (por exemplo, BTDC90°CA). Dessa maneira, quando o ângulo da manivela de qualquer cilindro se tornar igual ao supramencionado ângulo da manivela supramencionado, a CPU 71 começa os processamentos da etapa 700, e prossegue até a etapa 705 para adquirir a concentração de álcool R obtida do sensor da concentração de álcool 69 e adquirir o coeficiente K com base na tabela mostrada na figura 4.

Então, a CPU 71 prossegue até a etapa 710 para estimar / decidir a quantidade de

entrada de ar no cilindro atual $Mc(k)$, a saber, uma quantidade de ar tomada no interior de um cilindro que passa por um curso de entrada neste momento (que também pode ser doravante referido como “um cilindro de injeção de combustível”) com base em uma tabela $MapMc(NE, Ga)$.

5 Então, a CPU 71 prossegue até a etapa 715 para decidir a quantidade de injeção de combustível base F_{base} pela divisão da quantidade de entrada de ar no cilindro $mc(k)$ pela razão ar - combustível estequiométrica $stoich \cdot (1 / K)$. Então, a CPU 71 prossegue até a etapa 720 para calcular a razão ar - combustível alvo no momento em que a concentração de álcool $R = 0 \%$, com base em uma tabela $Mapabyfr(NE, Accp)$, e decide a razão ar -
10 combustível alvo no lado à montante atual $abyfr(k)$ pela multiplicação da razão ar - combustível alvo calculada pelo valor $(1 / K)$.

Então, a CPU 71 prossegue até a etapa 725 para calcular a quantidade de correção FF DFF com base na quantidade de entrada de ar no cilindro $Mc(k)$, na razão ar - combustível alvo no lado à montante $abyfr(k)$, e na expressão (1). Então, a CPU 71 prossegue até a
15 etapa 730 para decidir a quantidade de injeção de combustível de comando F_i pela adição da quantidade de correção FF DFF e da quantidade de correção FB DFB mais recente (sujeita ao processamento de segurança) calculada em uma rotina descrita posteriormente (no momento da última injeção de combustível) na quantidade de injeção de combustível base F_{base} de acordo com a expressão (2).

20 Então, a CPU 71 prossegue até a etapa 735 para expedir um comando para injetar combustível na quantidade de injeção de combustível de comando F_i e, posteriormente, prossegue até a etapa 795 para terminar temporariamente a presente rotina. Devido ao procedimento exposto, o comando para injetar combustível na quantidade de injeção de combustível de comando F_i , que é obtida depois que a quantidade de injeção de combustível
25 base F_{base} for sujeita à correção FF e à correção FB, é expedido ao cilindro de injeção de combustível.

A seguir, o cálculo da quantidade de correção FB DFB (sujeito ao processamento de segurança) será descrito. A CPU 71 executa repetidamente uma rotina mostrada como um fluxograma na figura 8, com cada advento de um sincronismo de início de injeção de
30 combustível (um momento para iniciar a injeção do combustível) para o cilindro de injeção de combustível. Dessa maneira, Com o advento do sincronismo do início da injeção de combustível para o cilindro de injeção de combustível, a CPU 71 começa os processamentos a partir da etapa 800 e prossegue até a etapa 805 para determinar se uma condição de realimentação está satisfeita ou não. A condição de realimentação é satisfeita quando, por
35 exemplo, a temperatura do agente refrigerante THW do motor for igual ou maior do que uma primeira temperatura pré-determinada, o sensor da razão ar - combustível no lado à montante 66 estiver normal (incluindo um estado ativado deste), e a quantidade de entrada de ar no

cilindro $Mc(k)$ (ou uma carga de entrada) for igual ou menor do que um valor pré-determinado.

Agora, a descrição será continuada na consideração de que a condição de realimentação está satisfeita. A CPU 71 faz uma determinação de “Sim” na etapa 805 e prossegue até a etapa 810 para decidir o número do curso N com base em uma tabela $MapN(Mc(k), NE)$. O número do curso N diminui à medida em que a quantidade de entrada de ar no cilindro $Mc(k)$ aumenta ou que a velocidade operacional NE aumenta.

Então, a CPU 71 prossegue até a etapa 815 para calcular a razão ar - combustível de controle $abyfs1(k)$ no momento em que a concentração de álcool $R = 0\%$ (veja a linha cheia da figura 2) pela conversão de um valor de saída correspondente à razão ar - combustível resultante ($Vabyfs + Vafsfb$) como a soma do valor de saída $Vabyfs$ do sensor de razão ar - combustível no lado à montante 66 neste momento e do valor mais recente da quantidade de correção de subrealimentação $Vafsfb$ calculado em uma rotina descrita posteriormente com base em uma tabela $Mapabyfs(Vabyfs + Vafsfb)$, e calcula a razão ar - combustível de controle (atual) $abyfs(k)$ pela multiplicação da razão ar - combustível de controle calculada $abyfs1(k)$ pelo valor $(1 / K)$.

Então, a CPU 71 prossegue até a etapa 820 para calcular a diferença da razão ar - combustível DAF pela subtração da razão ar - combustível alvo no lado à montante $abyfr(k - N)$ da razão ar - combustível de controle $abyfs(k)$ de acordo com a expressão (5) e, então, calcula a quantidade de correção FB DFB com base na expressão (6) na etapa 825.

Então, a CPU 71 prossegue até a etapa 830 para decidir o valor de segurança limite superior total $Ugrdtotal$ com base em uma tabela $MapUgrdtotal(Mc(k), abyfr(k), K)$ e decide o valor de segurança limite inferior total $Lgrdtotal$ com base em uma tabela $MapLgrdtotal(Mc(k), abyfr(k), K)$.

Então, a CPU 71 prossegue até a etapa 835 para calcular o valor de segurança limite superior FB $Ugrdfb$ com base no valor de segurança limite superior total $Ugrdtotal$, na quantidade de correção FF DFF calculada anteriormente na etapa 725, e na expressão (7), e calcula o valor de segurança limite inferior FB $Lgrdfb$ com base no valor de segurança limite inferior total $Lgrdtotal$, na quantidade de correção FF DFF e na expressão (8).

Então, a CPU 71 prossegue até a etapa 840 para sujeitar a quantidade de correção FB DFB calculada na etapa 825 ao “processamento de segurança” da forma supramencionada (o corpo de suporte limite inferior FB $Lgrdfb \leq DFB \leq$ o valor de segurança limite superior $Ugrdfb$), então, calcula um valor integral $SDAF$ de uma nova diferença da razão ar - combustível pela adição da diferença da razão ar - combustível DAF calculada na etapa 820 no valor integral $SDAF$ da diferença da razão ar - combustível DAF , naquele momento, na etapa 845 e, posteriormente, prossegue até a etapa 895 para terminar temporariamente a presente rotina.

Devido ao procedimento exposto, a quantidade de correção FB DFB sujeita ao processamento de segurança é calculada. Esta quantidade de correção FB DFB sujeita ao processamento de segurança é refletida na quantidade de injeção de combustível de comando Fi na etapa 730 da figura 7, da forma supramencionada, e, desse modo, o controle da realimentação da razão ar - combustível é realizado.

Por outro lado, quando a condição de realimentação não for satisfeita no momento da determinação, na etapa 805, a CPU 71 faz uma determinação de "Não" na etapa 805, prossegue até a etapa 850 para ajustar o valor da quantidade de correção FB DFB em "0" e, posteriormente, prossegue até a etapa 895 para terminar temporariamente a presente rotina. Desta maneira, quando a condição de realimentação não for satisfeita, a quantidade de correção FB DFB é ajustada em "0" para privar-se de fazer a correção FB da quantidade de injeção de combustível base Fbase.

A seguir, o cálculo da quantidade de correção de subrealimentação Vafsfb será descrito. A CPU 71 executa repetidamente uma rotina mostrada como um fluxograma da figura 9, com cada advento do sincronismo de início da injeção de combustível (o momento para o início da injeção de combustível) para o cilindro de injeção de combustível.

Dessa maneira, com o advento do sincronismo de início da injeção de combustível para o cilindro de injeção de combustível, a CPU 71 inicia processamentos da etapa 900 e prossegue até a etapa 905 para determinar se uma condição de subrealimentação está satisfeita ou não. A condição de subrealimentação é satisfeita quando, por exemplo, a temperatura do agente refrigerante THW do motor for igual ou maior do que uma segunda temperatura pré-determinada maior do que a primeira temperatura pré-determinada além da condição de realimentação principal da etapa 805, da forma supramencionada.

Agora, a descrição será continuada na consideração de que a condição de subrealimentação está satisfeita. A CPU 71 faz uma determinação de "Sim" na etapa 905 e prossegue até a etapa 910 para calcular a quantidade da diferença da saída DVoxs pela subtração do valor de saída Voxs do sensor de razão ar - combustível no lado à jusante 67 neste momento do valor alvo no lado à jusante Voxsref de acordo com a expressão (3). Então, a CPU 71 prossegue até a etapa 915 para calcular um valor diferencial DDVoxs da quantidade da diferença da saída DVoxs com base em uma expressão (9) mostrada a seguir.

$$DDVoxs = (DVoxs - Dvox1) / \Delta t \dots (9)$$

Na expressão (9), DVoxs1 denota um último valor da quantidade da diferença da saída DVoxs atualizada na etapa 830, que será descrita posteriormente, durante a última execução da presente rotina. Nesta expressão, Δt denota um tempo a partir de um momento da última execução da presente rotina até um momento da presente execução da presente rotina.

Então, a CPU 71 prossegue até a etapa 920 para calcular a quantidade de correção

de subrealimentação Vafsfb com base na expressão (4).

Então, a CPU 71 prossegue até a etapa 925 para calcular o valor integral SDVoxs de uma nova quantidade da diferença da saída pela adição da quantidade de diferença da saída DVoxs calculada na etapa 910 da forma supramencionada no valor integral SDVoxs da quantidade da diferença da saída naquele momento, então, ajusta o último valor DVoxs1 da quantidade da diferença da saída DVoxs igual à quantidade da diferença da saída DVoxs calculada na etapa 910 supramencionada na etapa 930 e, posteriormente, prossegue até a etapa 995 para terminar temporariamente a presente rotina.

Devido ao procedimento exposto, a quantidade de correção de subrealimentação Vafsfb é calculada. Esta quantidade de correção de subrealimentação Vafsfb é usada para calcular a razão ar - combustível de controle abyfs na etapa 815 durante a subsequente execução da supramencionada rotina da figura 8.

Por outro lado, quando a condição de subrealimentação não for satisfeita no momento da determinação da etapa 905, a CPU 71 faz uma determinação de "Não" nesta etapa 905, prossegue até a etapa 935 para ajustar o valor da quantidade de correção de subrealimentação Vafsfb em "0", e prossegue até a etapa 995 para terminar temporariamente a presente rotina. Desta maneira, quando a condição de subrealimentação não estiver satisfeita, a quantidade de correção de subrealimentação Vafsfb é ajustada em "0" para se privar de realizar o controle de realimentação da razão ar - combustível com base no controle de subrealimentação.

Da forma supradescrita, de acordo com o aparelho de controle da razão ar - combustível para o motor de combustão interna de acordo com esta modalidade da invenção, a quantidade de correção FF DFF (em unidades de g), obtida de acordo com o desvio da razão ar - combustível alvo abyfr da razão ar - combustível estequiométrica, e a quantidade de correção FB DFB (em unidades de g), sujeita ao processamento de segurança, que é obtida com base no valor de saída Vabyfs do sensor de razão ar - combustível no lado à montante 66, são adicionadas na quantidade de injeção de combustível base Fbase (em unidades de g) correspondente à razão ar - combustível estequiométrica $\text{stoich} \cdot (1 / K)$ para decidir a quantidade de injeção de combustível de comando Fi. O processamento de segurança da quantidade de correção FB DFB é realizado com o valor de segurança limite superior FB Ugrdfb (um valor positivo em unidades de g) e com o valor de segurança limite inferior FB (um valor negativo em unidades de g) servindo como um limite superior e um limite inferior, respectivamente. O valor de segurança limite superior Ugrdfb é ajustado em um valor (Ugrdtotal - DFF) obtido pela subtração da quantidade de correção FF DFF do limite superior que a quantidade de correção total (DFF + DFB) para a quantidade de injeção de combustível base não deve exceder (o valor de segurança limite superior total Ugrdtotal (um valor constante positivo em unidades de g)), e o valor de segurança limite inferior FB Lgrdfb é ajustado

em um valor ($Lgrdtotal - DFF$) obtido pela subtração da quantidade de correção FF DFF do limite inferior que a quantidade de correção total ($DFF + DFB$) para a supramencionada quantidade de injeção de combustível base não deve cair abaixo (o valor de segurança limite inferior total $Lgrdtotal$ (um valor constante negativo em unidades de g)).

5 Além do mais, considerando que é provável que o supramencionado “deslocamento da razão ar - combustível detectada na direção do lado rico” ocorra quando a razão ar - combustível alvo $abyfr(k)$ for mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica em função da influência dos componentes de álcool no combustível, o valor de segurança limite superior total $Ugrdtotal$ e o valor de segurança limite inferior total $Lgrdtotal$ são assim res-
10 pectivamente ajustados (corrigidos) para aumentar em relação aos supramencionados valores constantes correspondentes à medida em que a concentração de álcool R aumenta e a razão ar - combustível alvo $abyfr(k)$ se desloca para longe da razão ar - combustível estequiométrica na direção do lado rico somente quando a razão ar - combustível alvo $abyfr(k)$ for mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica.

15 Assim, a ocorrência de um problema, tais como o desvio da razão ar - combustível da faixa de combustão ou congêneres, pode ser impedida, independente dos valores da concentração de álcool R e da quantidade de correção FF DFF, ainda mantendo a diferença entre o valor de segurança limite superior FB $Ugrdfb$ e o valor de segurança limite inferior FB $Lgrdfb$ (isto é, a amplitude de segurança) tão alta quanto possível.

20 A seguir, o aparelho de controle da razão ar - combustível de acordo com a segunda modalidade da invenção será descrito. A figura 10 é um diagrama de blocos funcional do aparelho de controle da razão ar - combustível de acordo com a segunda modalidade da invenção. Da forma mostrada na figura 10, a segunda modalidade da invenção é diferente da primeira modalidade da invenção, cujo diagrama de blocos funcional é mostrado na figu-
25 ra 5, em que a quantidade de injeção de combustível de comando F_i é decidida pela multiplicação da quantidade de injeção de combustível base F_{base} (em unidades de g) por um valor ($KFF + 1$) obtido pela adição de “1” em uma taxa de correção FF KFF (em unidades de %), obtida de acordo com um desvio da razão ar - combustível alvo $abyfr$ em relação à razão ar - combustível estequiométrica stoich, e por uma taxa de correção FB KFB (em unidades de %) sujeita ao processamento de segurança, que é obtida com base no valor de saída $Vabyfs$ do sensor de razão ar - combustível no lado à montante 66. O desempenho real do
30 aparelho de controle da razão ar - combustível de acordo com a segunda modalidade da invenção será descrito a seguir em relação a esta diferença.

A CPU 71 da segunda modalidade da invenção executa a rotina da figura 9, que é
35 uma das rotinas das figuras 7 a 9 executadas pela CPU 71 da primeira modalidade exposta da invenção, sem nenhuma modificação, e executa rotinas mostradas como fluxogramas nas figuras 11 e 12 em vez das rotinas das figuras 7 e 8, respectivamente. Na seguinte des-

crição, aquelas etapas nas rotinas das figuras 11 e 12, que são as mesmas das supramencionadas rotinas, serão acompanhadas pelos mesmos números de etapa das supramencionadas rotinas e não serão adicionalmente descritas.

A figura 11 é uma rotina que corresponde à figura 7. A rotina da figura 11 é diferente da rotina da figura 7 somente em que etapas 1105 e 1110 substituem as etapas 725 e 730 da figura 7, respectivamente.

Na etapa 1105, a taxa de correção FF KFF (correspondente à supramencionada “quantidade de correção de alimentação”) para corrigir a quantidade de injeção de combustível base F_{base} , que corresponde ao desvio da razão ar - combustível alvo no lado à montante $abyfr(k)$ em relação à razão ar - combustível estequiométrica $stoich \cdot (1 / K)$, é calculada de acordo com uma expressão (10) mostrada a seguir.

$$KFF = (stoich - abyfr(k) \cdot K) / stoich \dots (10)$$

Esta taxa de correção FF KFF é igual à razão da quantidade de desvio da razão ar - combustível alvo no lado à montante $abyfr(k)$ em relação à razão ar - combustível estequiométrica $stoich \cdot (1 / K)$ pela razão ar - combustível estequiométrica $stoich \cdot (1 / K)$. Como é o caso com a quantidade de correção FF DFF na primeira modalidade exposta da invenção, a taxa de correção FF KFF assume um valor positivo quando a razão ar - combustível alvo no lado à montante $abyfr(k)$ for mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica (a taxa de correção FF KFF aumenta à medida em que a razão ar - combustível alvo no lado à montante $abyfr(k)$ se torna mais rica), e assume um valor negativo quando a razão ar - combustível alvo no lado à montante $abyfr(k)$ for mais pobre do que a razão ar - combustível estequiométrica (o valor absoluto da taxa de correção FF KFF aumenta à medida em que a razão ar - combustível alvo no lado à montante $abyfr(k)$ fica mais pobre).

Na etapa 1110, a quantidade de injeção de combustível de comando $F1$ é calculada de acordo com uma expressão (11) mostrada a seguir. Na expressão (11) mostrada a seguir, F_{base} denota um valor obtido na etapa 715 da figura 11, e KFF denota um valor obtido na etapa 1105 da figura 11. Na expressão (11) mostrada a seguir, a taxa de correção FB KFB é um valor (um valor mais recente) calculado na rotina da figura 12 descrita posteriormente.

$$F1 = F_{base} (KFF + 1) \cdot (KFB + 1) \dots (11)$$

A figura 12 é uma rotina correspondente à figura 8. A rotina da figura 12 é diferente da rotina da figura 8 somente em que as etapas 1205 a 1220 e 1225 substituem as etapas 825 a 840 e 850 da figura 8, respectivamente.

Na etapa 1205, a taxa de correção FB KFB (em unidades de %) correspondente à quantidade de correção FB DFB (em unidades de g) na primeira modalidade exposta da invenção é calculada pela sujeição da diferença da razão ar - combustível DAF obtida na etapa 820 ao processamento PI usando um ganho proporcional $Gp1$ e um ganho integral

Gi1.

Na etapa 1210, um valor de segurança limite superior total Ugrdtotal1 (um valor positivo em unidades de %) correspondente ao valor de segurança limite superior total Ugrdtotal (em unidades de g) na primeira modalidade exposta da invenção é decidido com base em uma tabela MapUgrdtotal1(abyfr(k), K), e um valor de segurança limite inferior total (um valor negativo em unidades de %) correspondente ao valor de segurança limite inferior total Lgrdtotal (em unidades de g) na primeira modalidade exposta da invenção é decidido com base em uma tabela MapLgrdtotal1(abyfr(k), K). Neste caso, há um relacionamento “(Lgrdtotal1 + 1) ≤ ((KFF + 1) · (KFB + 1)) ≤ (Ugrdtotal + 1)”. Este relacionamento corresponde ao relacionamento “Lgrdtotal ≤ (DFF + DFB) ≤ Ugrdtotal” da primeira modalidade exposta da invenção.

A quantidade de entrada de ar no cilindro Mc(k) é usada como o argumento das tabelas MapUgrdtotal e MapLgrdtotal na primeira modalidade exposta da invenção, mas não é incluída como um argumento das tabelas MapUgrdtotal1 e MapLgrdtotal1 nesta modalidade da invenção. Esta configuração é baseada no fato de que a taxa de correção FB KFB não é influenciada pelo próprio valor da quantidade de entrada de ar no cilindro Mc em virtude de a quantidade de injeção de combustível base Fbase ser multiplicada pelo valor (KFB + 1) obtido pela adição de “1” na taxa de correção FB KFB.

Assim, como é o caso com o valor de segurança limite superior total Ugrdtotal e o valor de segurança limite inferior total Lgrdtotal na primeira modalidade exposta da invenção, o valor de segurança limite superior total Ugrdtotal1 e o valor de segurança limite inferior total Lgrdtotal1 são ajustados em valores constantes diferentes (“o primeiro valor pré-determinado” supramencionado e “o segundo valor pré-determinado” supramencionado), respectivamente, quando a razão ar - combustível alvo abyfr(k) for mais pobre do que a razão ar - combustível estequiométrica, e são assim ajustados (corrigidos) respectivamente para aumentar em relação aos supramencionados valores constantes correspondentes à medida em que a concentração de álcool R aumenta e a razão ar - combustível alvo abyfr(k) se desloca para longe da razão ar - combustível estequiométrica na direção do lado rico quando a razão ar - combustível alvo abyfr(k) for mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica.

Na etapa 1215, um valor de segurança limite superior FB Ugrdfb1 (em unidades de %) correspondente ao valor de segurança limite superior FB Ugrdfb (em unidades de g) na primeira modalidade exposta da invenção é calculado de acordo com uma expressão (12) mostrada a seguir, e um valor de segurança limite inferior FB Lgrdfb1 (em unidades de %) correspondente ao valor de segurança limite inferior Lgrdfb (em unidades de g) na primeira modalidade exposta da invenção é calculado de acordo com uma expressão (13) mostrada a seguir.

$$Ugrdfb1 = (Ugrdtotal + 1) / (KFF + 1) - 1 \dots (12)$$

$$Lgrdfb1 = (Lgrdtotal1 + 1) / (KFF + 1) - 1 \dots (13)$$

A expressão (12) é obtida resolvendo por Ugrdfb1 uma expressão em que KFB é substituída por Ugrdfb1 e o sinal de desigualdade é substituído por um sinal de igualdade em “((KFF + 1) · (KFB + 1)) ≤ (Ugrdtotal + 1)” como parte do supramencionado relacionamento “(Lgrdtotal1 + 1) ≤ ((KFF + 1) · (KFB + 1)) ≤ (Ugrdtotal + 1)”. Da mesma maneira, a expressão (13) é obtida resolvendo por Lgrdfb1 uma expressão em que KFB é substituída por Lgrdfb1 e um sinal de desigualdade é substituído por um sinal de igualdade em “(Lgrdtotal1 + 1) ≤ ((KFF + 1) · (KFB + 1))”.

Na etapa 1220, a taxa de correção FB KFB calculada na etapa 1205 é sujeita ao processamento de segurança (o valor de segurança limite inferior $FB \leq KFB \leq$ o valor de segurança limite superior $FB \leq Ugrdfb1$). Na etapa 1225, a taxa de correção FB KFB é ajustada em “0” em vez de na quantidade de correção FB DFB.

Como exposto, de acordo com esta modalidade da invenção, a quantidade de injeção de combustível de comando F_i é decidida pela multiplicação da quantidade de injeção de combustível base F_{base} (em unidades de g) correspondente à razão ar - combustível estequiométrica $stoich \cdot (1 / K)$ pelo valor $(KFF + 1)$ obtido pela adição de “1” na taxa de correção FF KFF (em unidades de %) obtida de acordo com o desvio da razão ar - combustível alvo $abyfr$ em relação à razão ar - combustível estequiométrica e pelo valor $(KFB + 1)$ obtido pela adição de “1” na taxa de correção FB KFB (em unidades de %) sujeita ao processamento de segurança, que é obtida com base no valor de saída $Vabyfs$ do sensor de razão ar - combustível no lado à montante 66. O processamento de segurança da taxa de correção FB KFB é realizado com o valor de segurança limite superior $FB \leq Ugrdfb1$ (em unidades de %) e com o valor de segurança limite inferior $FB \leq Lgrdfb1$ (em unidades de %) servindo como um limite superior e um limite inferior, respectivamente. O valor de segurança limite superior $FB \leq Ugrdfb1$ é ajustado de acordo com a expressão (12) usando um limite superior $(Ugrdtotal1 + 1$: um valor constante) que a quantidade de correção total $((KFF + 1) \cdot (KFB + 1))$ para a quantidade de injeção de combustível base não deve exceder e a taxa de correção FF KFF, e o valor de segurança limite inferior $FB \leq Lgrdfb1$ é ajustado de acordo com a expressão (13) usando um limite inferior $(Lgrdtotal + 1$: um valor constante) que a quantidade de correção total $((KFF + 1) \cdot (KFB + 1))$ para a supramencionada quantidade de injeção de combustível base não deve cair abaixo e a taxa de correção FF KFF.

Além do mais, considerando que é provável que o supramencionado “deslocamento da razão ar - combustível detectada na direção do lado rico” ocorra quando a razão ar - combustível alvo $abyfr(k)$ for mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica em função da influência dos componentes de álcool no combustível, o valor de segurança limite superior total $Ugrdtotal1$ (isto é, o limite superior $(Ugrdtotal1 + 1)$) e o valor de segurança

limite inferior total $L_{grdtotal1}$ (isto é, limite inferior ($L_{grdtotal1} + 1$)) são assim ajustados (corrigidos), respectivamente, para aumentar em relação aos supramencionados valores constantes correspondentes à medida em que a concentração de álcool R aumenta e a razão ar - combustível alvo $abyfr(k)$ se desloca para longe da razão ar - combustível estequiométrica na direção do lado rico somente quando a razão ar - combustível alvo $abyfr(k)$ for mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica.

Assim, esta modalidade da invenção alcança um efeito similar àquele da primeira modalidade exposta da invenção. Isto é, a ocorrência de um problema, tais como o desvio da razão ar - combustível da faixa de combustão ou congêneres, pode ser impedida, independente dos valores da concentração de álcool R e da taxa de correção FF KFF, ainda mantendo a diferença entre o valor de segurança limite superior FB U_{grdfb1} e o valor de segurança limite inferior FB L_{grdfb1} (isto é, a amplitude de segurança) tão alta quanto possível.

A invenção não é limitada à sua primeira modalidade exposta ou à sua segunda modalidade exposta, e vários exemplos de modificação podem ser adotados no escopo da invenção. Por exemplo, em cada uma das primeira modalidade exposta da invenção e da segunda modalidade exposta da invenção, o valor de segurança limite superior total e o valor de segurança limite inferior total são assim corrigidos para aumentar à medida em que a concentração de álcool R aumenta e a razão ar - combustível alvo $abyfr(k)$ se desloca para longe da razão ar - combustível estequiométrica na direção do lado rico, e o corpo de suporte limite superior FB e o valor de segurança limite inferior FB são, desse modo, indiretamente corrigidos em valores mais altos. Entretanto, também é apropriado adotar uma configuração na qual o valor de segurança limite superior FB e o valor de segurança limite inferior FB são diretamente corrigidos em valores mais altos sem corrigir o valor de segurança limite superior total e o valor de segurança limite inferior total, respectivamente.

Em cada uma da primeira modalidade exposta da invenção e da segunda modalidade exposta da invenção, o valor de segurança limite superior total e o valor de segurança limite inferior total são assim corrigidos para aumentar de acordo com a concentração de álcool R à medida em que a razão ar - combustível alvo $abyfr(k)$ se desloca para longe da razão ar - combustível estequiométrica na direção do lado rico. Entretanto, também é apropriado adotar uma configuração na qual o valor de segurança limite superior total e o valor de segurança limite inferior total são assim corrigidos para aumentar de acordo com a concentração de álcool R à medida em que a razão ar - combustível alvo $abyfr(k - N)$ se desloca para longe da razão ar - combustível estequiométrica na direção do lado rico.

Em cada uma da primeira modalidade exposta da invenção e da segunda modalidade exposta da invenção, o valor de segurança limite superior total e o valor de segurança limite inferior total são assim corrigidos para aumentar à medida em que a concentração de

álcool R aumenta e a razão ar - combustível alvo $abyfr(k)$ se desloca para longe da razão ar - combustível estequiométrica na direção do lado rico somente quando a razão ar - combustível alvo $abyfr(k)$ for mais rica do que a razão ar - combustível estequiométrica. Entretanto, também é apropriado adotar uma configuração na qual o valor de segurança limite superior total e o valor de segurança limite inferior total são assim corrigidos para aumentar à medida em que a concentração de álcool R aumenta, independente da razão ar - combustível alvo $abyfr(k)$.

Em cada uma da primeira modalidade exposta da invenção e da segunda modalidade exposta da invenção, o controle de subrealimentação com base no valor de saída Voxs do sensor de razão ar - combustível no lado à jusante 67 é realizado. Entretanto, também é apropriado adotar uma configuração na qual o controle de subrealimentação não é realizado.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho de controle da razão ar - combustível para um motor de combustão interna, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

um sensor de razão ar - combustível que é fornecido em uma passagem de exaustão do motor de combustão interna e que emite uma razão ar - combustível do gás na passagem de exaustão;

um sensor de concentração de álcool que detecta uma concentração de álcool como uma concentração dos componentes de álcool contidos no combustível;

um dispositivo de injeção de combustível que injeta combustível com base em um comando para injetar combustível em uma quantidade de injeção de combustível de comando;

uma unidade de aquisição da quantidade de injeção de combustível base que determina uma quantidade de injeção de combustível base com base em uma quantidade de ar tomado no interior de uma câmara de combustão do motor de combustão interna em um curso de entrada e em uma razão ar - combustível de referência;

uma unidade de aquisição de razão ar - combustível alvo que determina uma razão ar - combustível alvo do motor de combustão interna com base em um estado operacional do motor de combustão interna;

uma unidade de aquisição da quantidade de correção de alimentação que determina uma quantidade de correção de alimentação para corrigir a quantidade de injeção de combustível base com base em um desvio da razão ar - combustível alvo em relação à razão ar - combustível de referência;

uma unidade de aquisição da quantidade de correção de realimentação que determina uma quantidade de correção de realimentação para corrigir a quantidade de injeção de combustível base com base em um valor de saída do sensor de razão ar - combustível;

uma unidade de execução de processamento de segurança que executa um processamento de segurança para limitar a quantidade de correção de realimentação em um primeiro valor de segurança de realimentação, se a quantidade de correção de realimentação exceder o primeiro valor de segurança de realimentação, e para limitar a quantidade de correção de realimentação em um segundo valor de segurança de realimentação, se a quantidade de correção de realimentação cair abaixo do segundo valor de segurança de realimentação;

uma unidade de cálculo da quantidade de injeção de combustível de comando que calcula a quantidade de injeção de combustível de comando pela correção da quantidade de injeção de combustível base com base na quantidade de correção de alimentação e na quantidade de correção de alimentação sujeitas ao processamento de segurança; e

uma unidade de controle da razão ar - combustível que controla uma razão ar -

combustível de uma mistura suprida à câmara de combustão de maneira tal que a razão ar - combustível da mistura coincida com a razão ar - combustível alvo pela emissão de um comando ao dispositivo de injeção de combustível para injetar combustível na quantidade de injeção de combustível de comando, em que

5 a unidade de execução do processamento de segurança ajusta o primeiro valor de segurança de realimentação e o segundo valor de segurança de realimentação com base na concentração de álcool e na quantidade de correção de alimentação.

2. Aparelho de controle da razão ar - combustível, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de aquisição da quantidade de injeção de
10 combustível base calcula a quantidade de injeção de combustível base pela divisão da quantidade de ar tomado no interior da câmara de combustão do motor de combustão interna pela razão ar - combustível de referência.

3. Aparelho de controle da razão ar - combustível, de acordo com as reivindicações 1 ou 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de execução do processamento de
15 segurança:

ajusta um primeiro valor de segurança total, que é um limite superior de uma quantidade de correção total para a quantidade de injeção de combustível base, e um segundo valor de segurança total, que é um limite inferior da quantidade de correção total com base na concentração de álcool, quando a razão ar - combustível alvo for mais rica do que a razão ar - combustível de referência, em que a quantidade de correção total é calculada com
20 base na quantidade de correção de realimentação e na quantidade de correção de alimentação;

ajusta o primeiro valor de segurança de realimentação em um valor igual a uma quantidade de correção de realimentação correspondente a um caso em que a quantidade de correção total coincidir com o segundo valor de segurança total.
25

4. Aparelho de controle da razão ar - combustível, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de execução do processamento de segurança:

ajusta o primeiro valor de segurança total em um primeiro valor pré-determinado
30 quando a razão ar - combustível alvo for mais pobre do que a razão ar - combustível de referência e aumenta o primeiro valor de segurança total em relação ao primeiro valor pré-determinado à medida em que a concentração de álcool aumenta ou que a razão ar - combustível alvo se desloca para longe da razão ar - combustível de referência na direção de um lado rico quando a razão ar - combustível alvo for mais rica do que a razão ar - combustível de referência; e
35

ajusta o segundo valor de segurança total em um segundo valor pré-determinado quando a razão ar - combustível alvo for mais pobre do que a razão ar - combustível de refe-

rência e aumenta o segundo valor pré-determinado em relação ao segundo valor pré-determinado à medida em que a concentração de álcool aumenta ou que a razão ar - combustível alvo se desloca para longe da razão ar - combustível de referência na direção do lado rico quando a razão ar - combustível alvo for mais rica do que a razão ar - combustível de referência.

5. Aparelho de controle da razão ar - combustível, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a razão ar - combustível de referência é assim ajustada para diminuir em relação a uma razão ar - combustível estequiométrica do motor de combustão interna à medida em que a concentração de álcool aumenta.

6. Aparelho de controle da razão ar - combustível, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de aquisição da quantidade de correção de alimentação ajusta a quantidade de correção de alimentação em um valor obtido pela subtração de uma quantidade de combustível que torna a razão ar - combustível do motor de combustão interna igual à razão ar - combustível de referência de uma quantidade de combustível que torna a razão ar - combustível do motor de combustão interna igual à razão ar - combustível alvo.

7. Aparelho de controle da razão ar - combustível, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de execução do processamento de segurança:

ajusta o primeiro valor de segurança de realimentação em um valor obtido pela subtração da quantidade de correção de alimentação de um primeiro valor de segurança total, que é um limite superior de uma quantidade de correção total para a quantidade de injeção de combustível base calculada com base na quantidade de correção de realimentação e na quantidade de correção de alimentação; e

ajusta o segundo valor de segurança de realimentação em um valor obtido pela subtração da quantidade de correção de alimentação de um segundo valor de segurança total, que é um limite inferior da quantidade de correção total.

8. Método de controle da razão ar - combustível para um motor de combustão interna, incluindo um sensor de razão ar - combustível que é fornecido em uma passagem de exaustão do motor de combustão interna e que emite uma razão ar - combustível do gás na passagem de exaustão, um sensor de concentração de álcool que detecta uma concentração de álcool como uma concentração dos componentes de álcool contidos no combustível, e um dispositivo de injeção de combustível que injeta combustível de acordo com um comando para injetar combustível em uma quantidade de injeção de combustível de comando, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

determinar uma quantidade de injeção de combustível base com base em uma quantidade de ar tomado no interior de uma câmara de combustão do motor de combustão

interna em um curso de entrada e em uma razão ar - combustível de referência;

determinar uma razão ar - combustível alvo do motor de combustão interna com base em um estado operacional do motor de combustão interna;

5 determinar uma quantidade de correção de alimentação para corrigir a quantidade de injeção de combustível base com base em um desvio da razão ar - combustível alvo em relação à razão ar - combustível de referência;

determinar uma quantidade de correção de realimentação para corrigir a quantidade de injeção de combustível base com base em um valor de saída do sensor de razão ar - combustível;

10 executar um processamento de segurança para limitar a quantidade de correção de realimentação em um primeiro valor de segurança de realimentação, se a quantidade de correção de realimentação exceder o primeiro valor de segurança de realimentação, e limitar a quantidade de correção de realimentação em um segundo valor de segurança de realimentação, se a quantidade de correção de realimentação cair abaixo do segundo valor de
15 segurança de realimentação;

calcular a quantidade de injeção de combustível de comando pela correção da quantidade de injeção de combustível base com base na quantidade de correção de alimentação e na quantidade de correção de realimentação sujeitas ao processamento de segurança; e

20 controlar uma razão ar - combustível de uma mistura suprida à câmara de combustão de maneira tal que a razão ar - combustível da mistura coincida com a razão ar - combustível alvo pela emissão ao dispositivo de injeção de combustível de um comando para injetar combustível na quantidade de injeção de combustível de comando, em que

o primeiro valor de segurança de realimentação e o segundo valor de segurança de
25 realimentação são ajustados com base na concentração de álcool e na quantidade de correção de alimentação.

FIG. 1

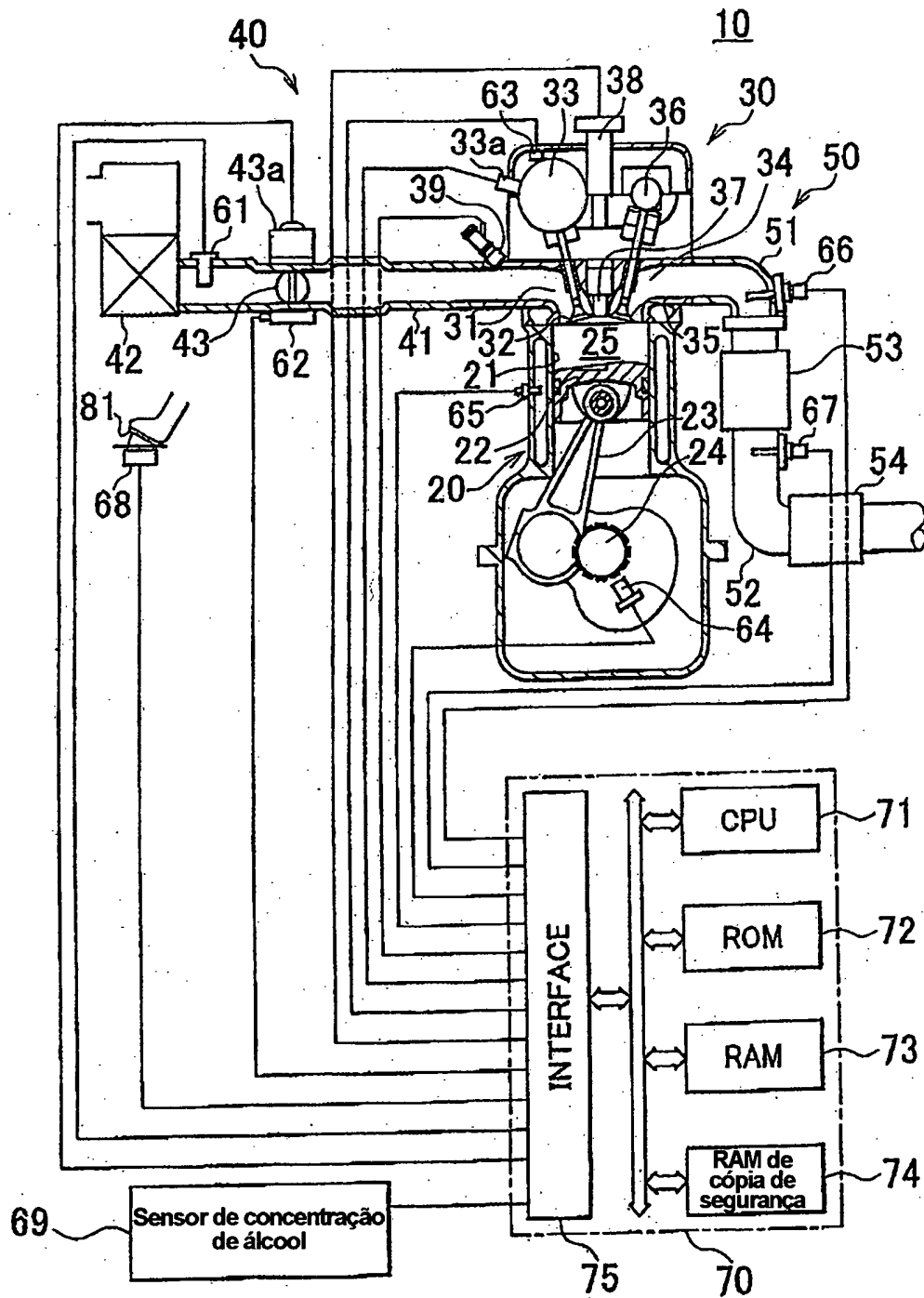


FIG. 2

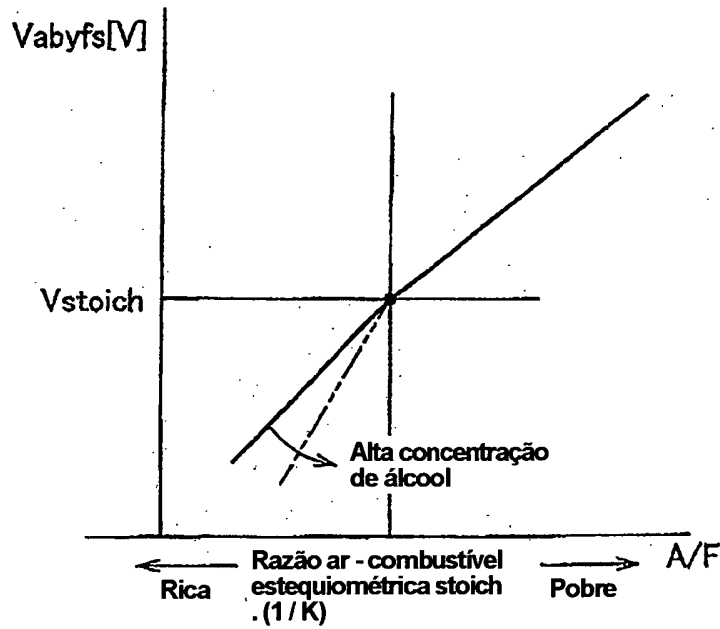


FIG. 3

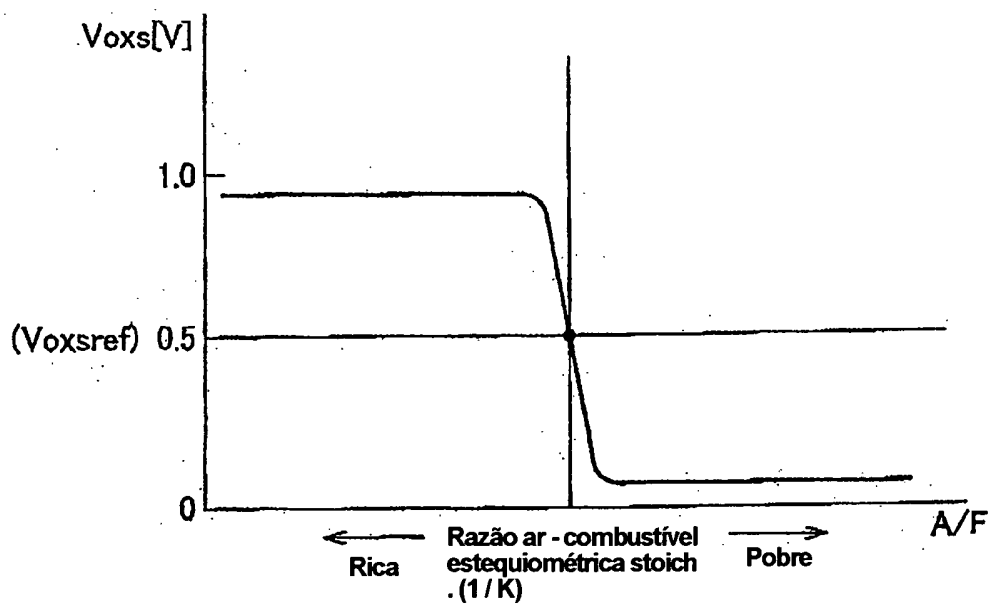
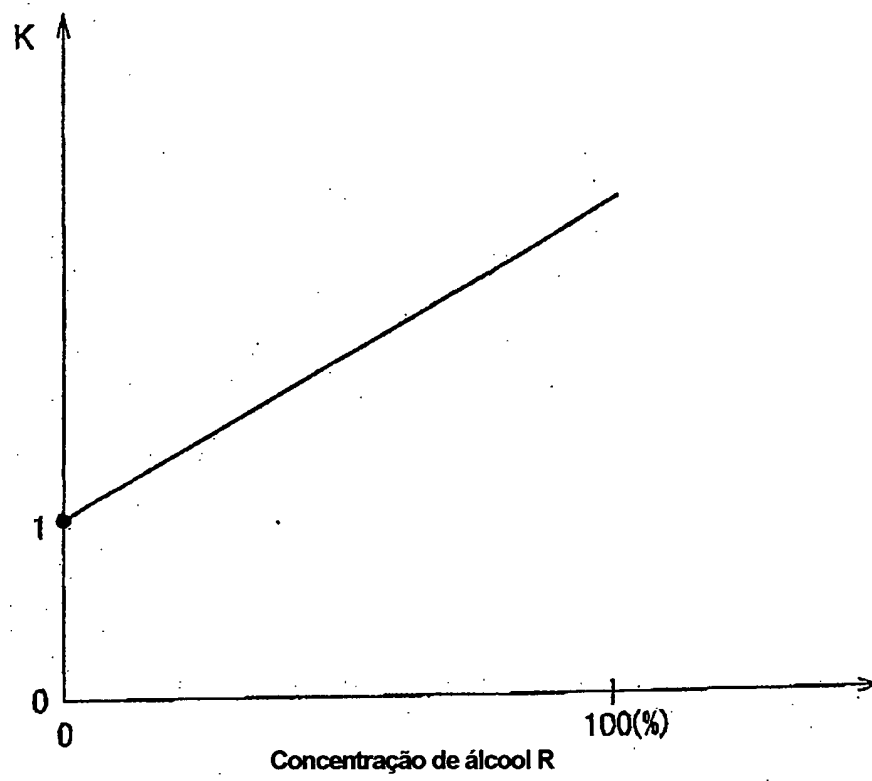


FIG. 4



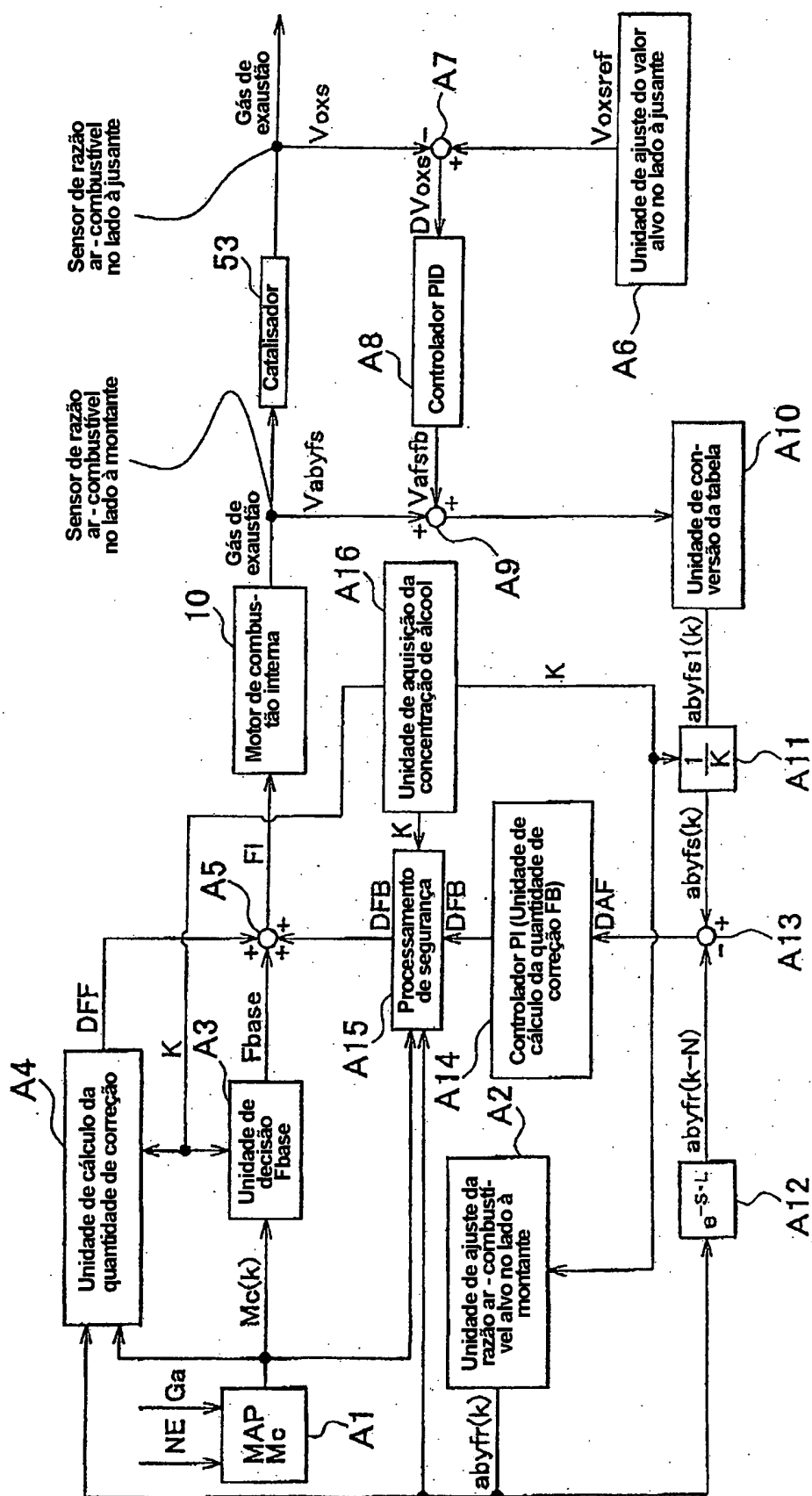


FIG. 6

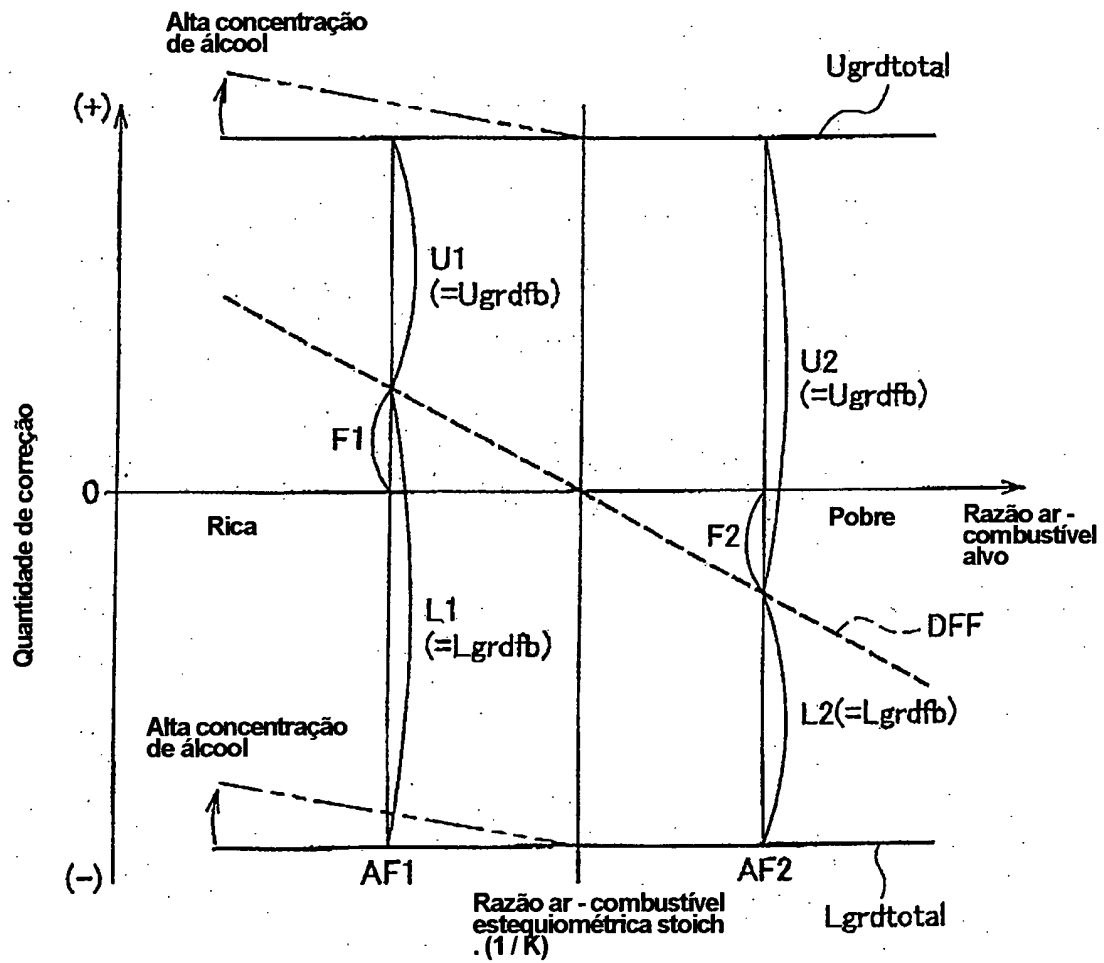


FIG. 7

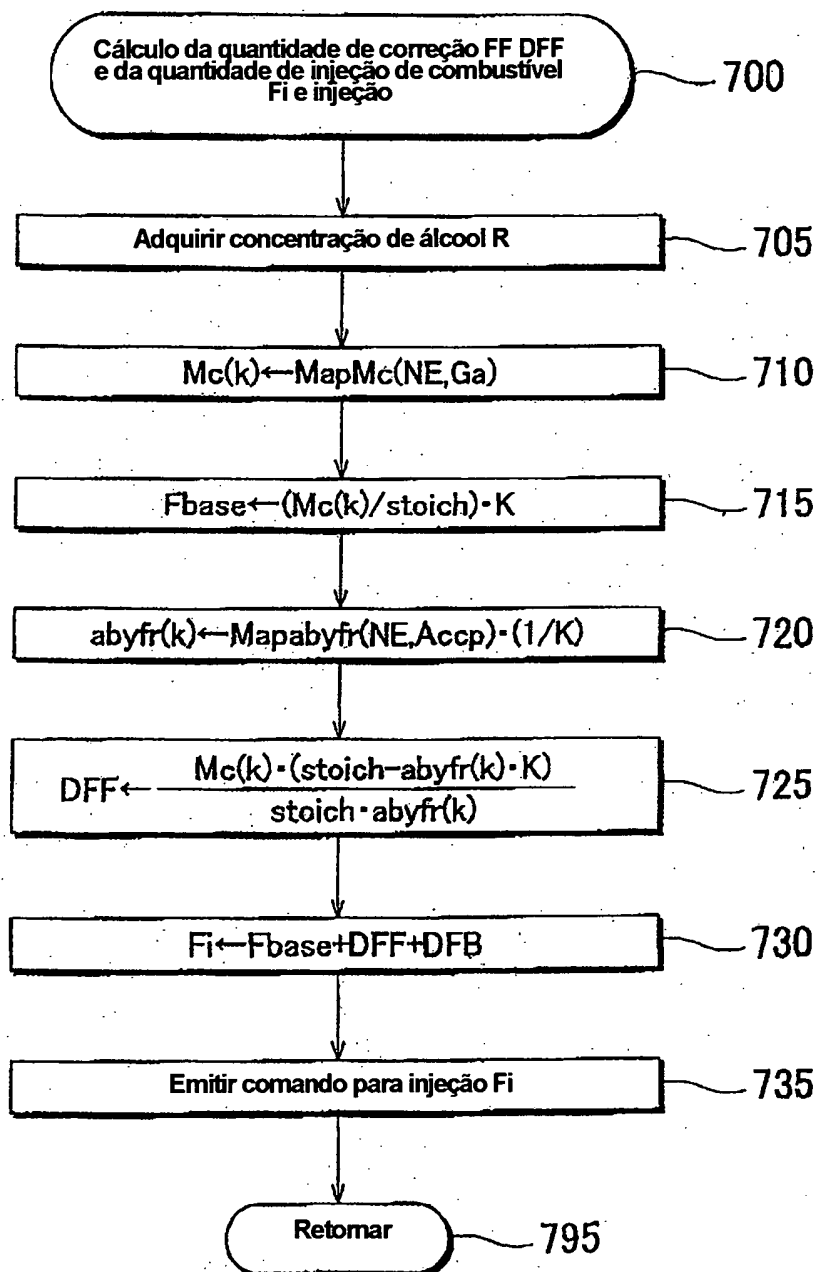


FIG. 8

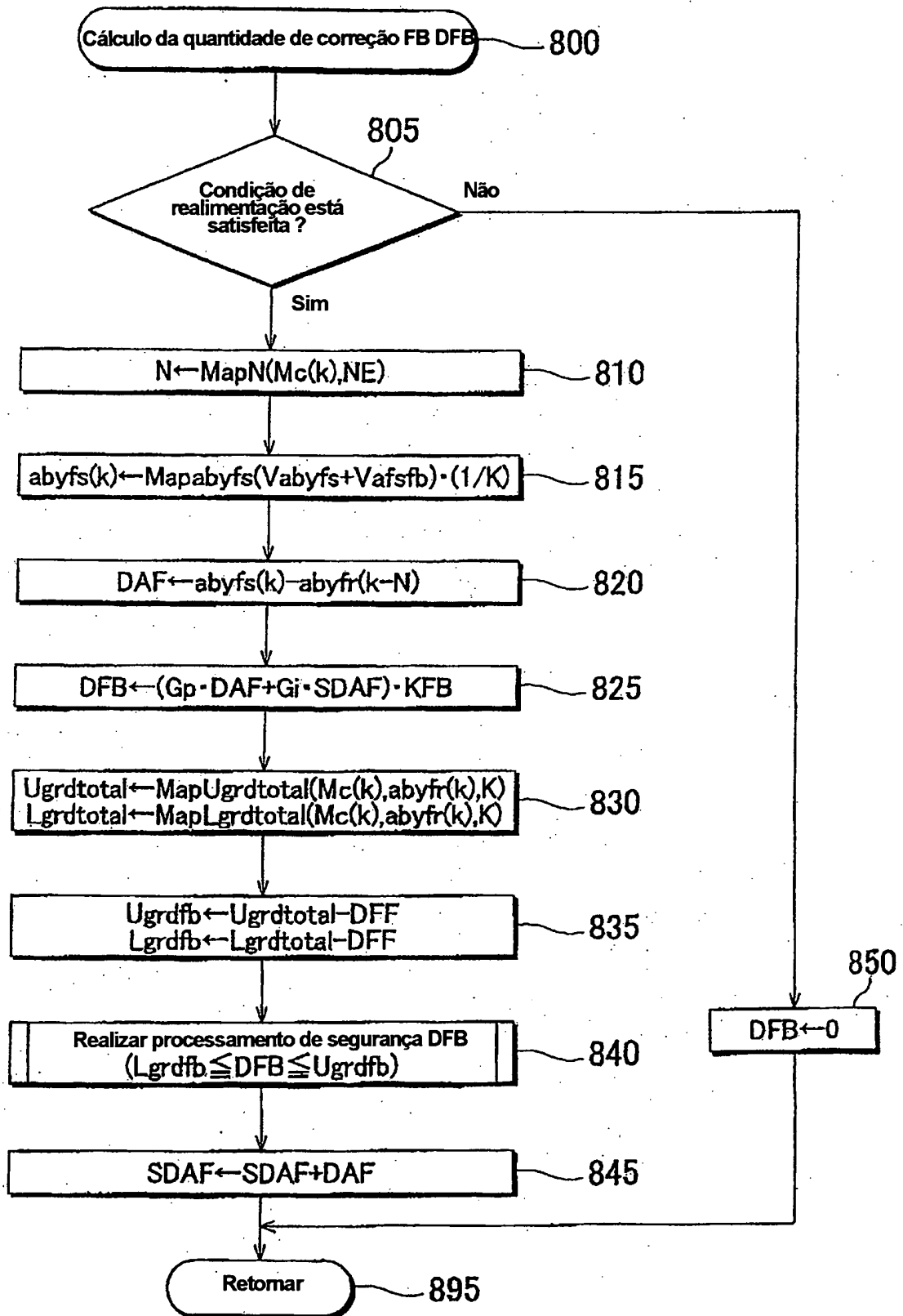


FIG. 9

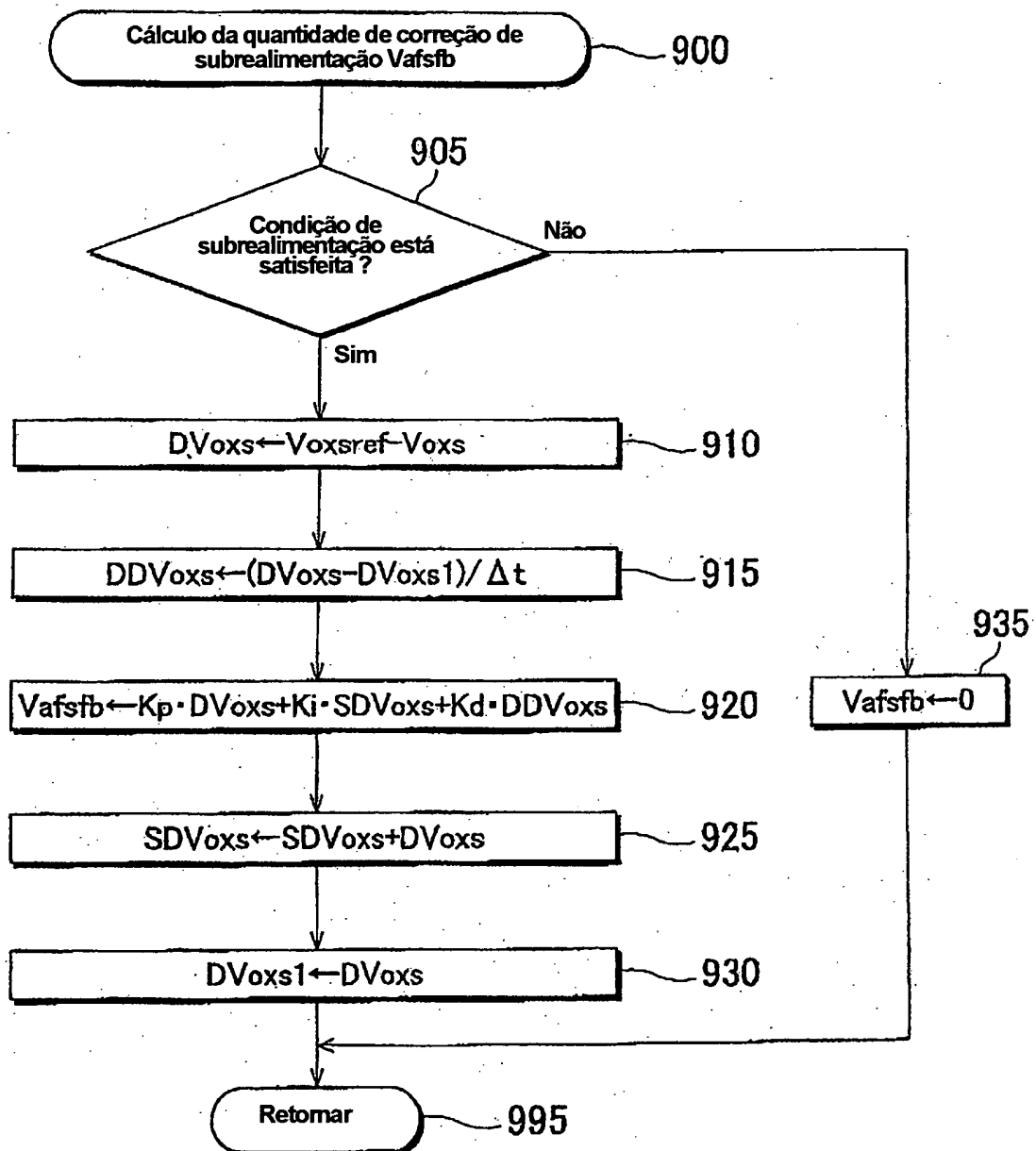


FIG. 10

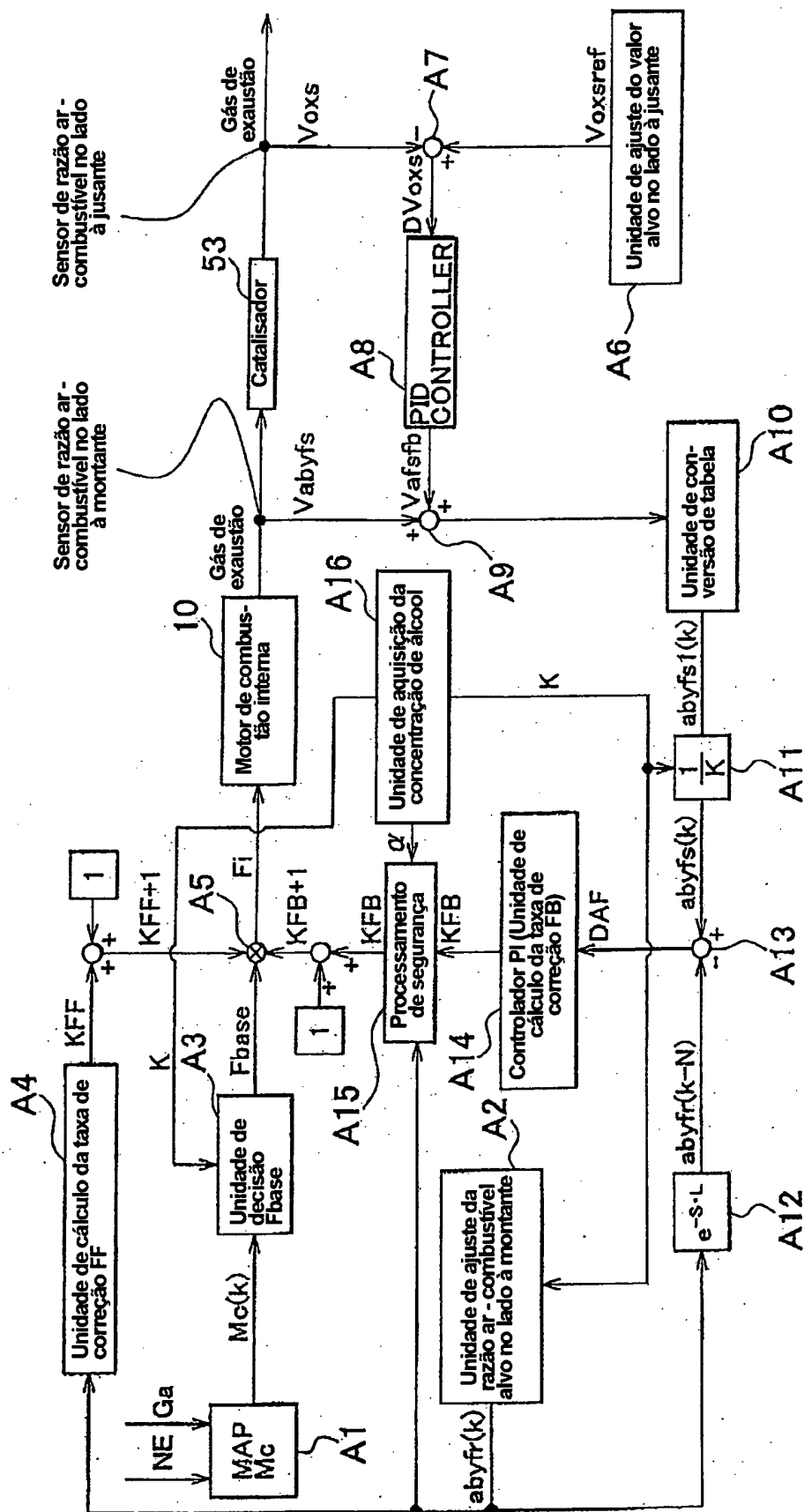


FIG. 11

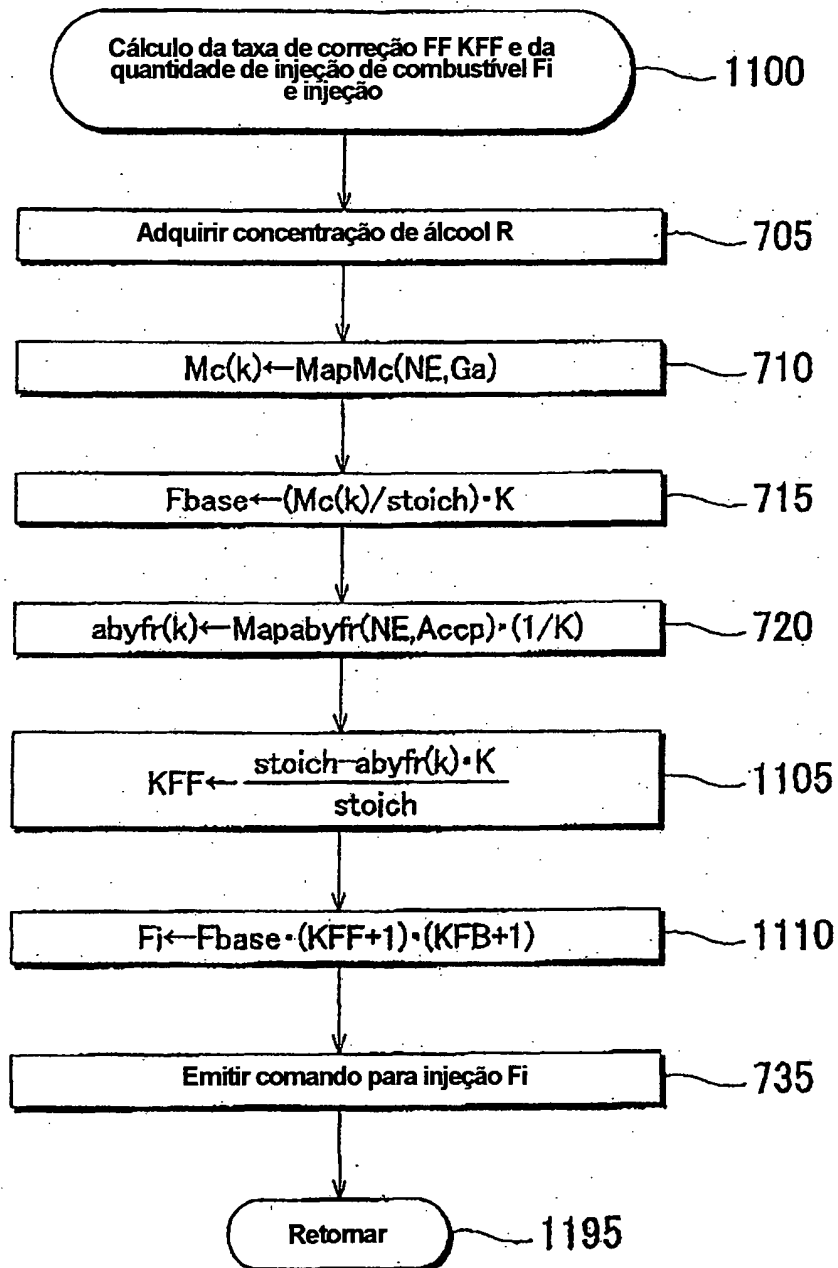
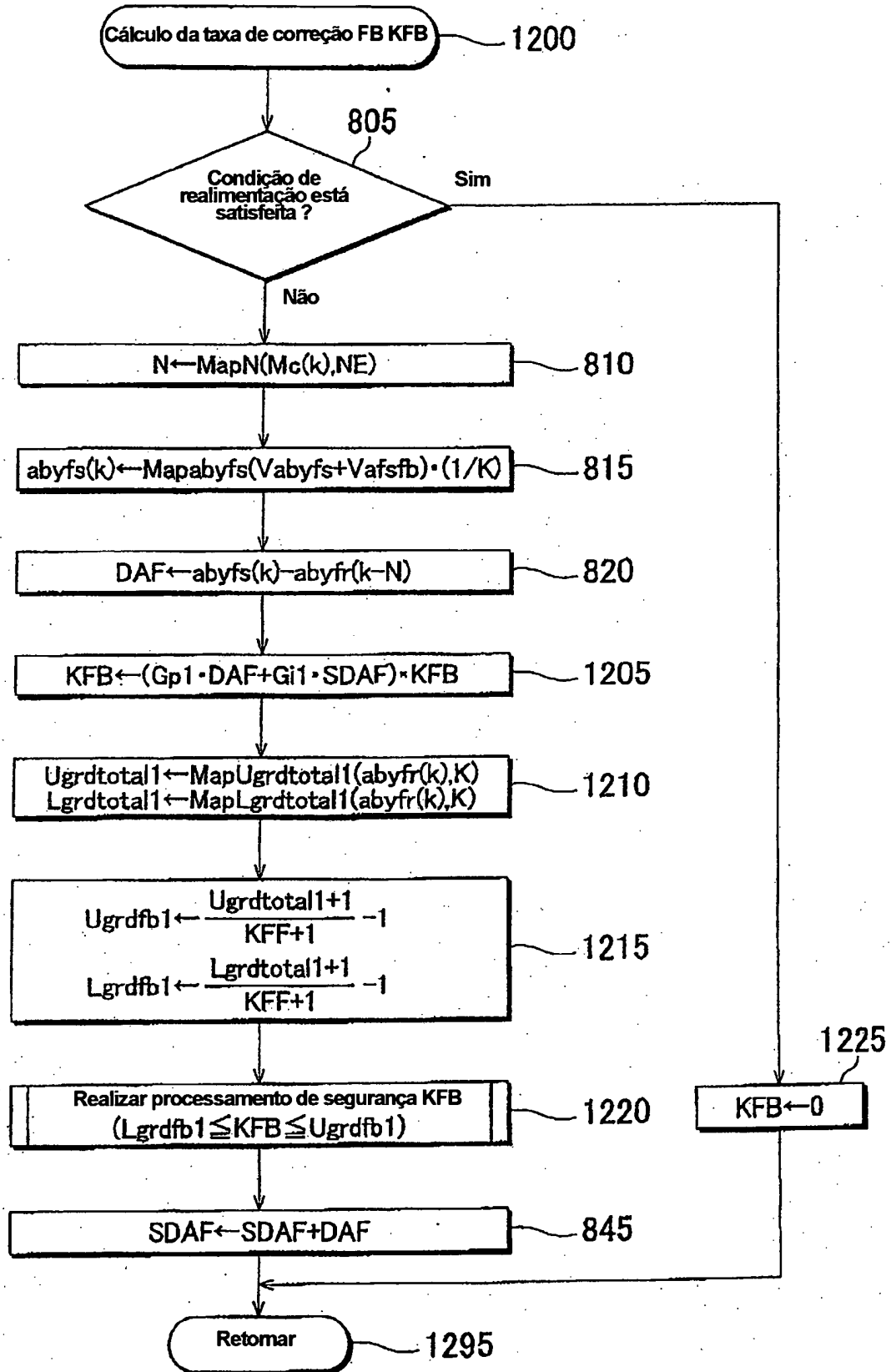


FIG. 12



RESUMO

"APARELHO DE CONTROLE DA RAZÃO AR - COMBUSTÍVEL E MÉTODO DE CONTROLE DA RAZÃO AR - COMBUSTÍVEL PARA MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA"

É descrito um aparelho de controle da razão ar - combustível para um motor de combustão interna, em que uma quantidade de correção de alimentação, obtida de acordo com um desvio de uma razão ar - combustível em relação a uma razão ar - combustível estequiométrica, e uma quantidade de correção de realimentação, calculada com base em um valor de saída de um sensor de razão ar - combustível e sujeita a um processamento de segurança, são adicionadas a uma quantidade de injeção de combustível base correspondente à razão ar - combustível estequiométrica para decidir uma quantidade de injeção de combustível. Um limite superior e um limite inferior da quantidade de correção de realimentação são ajustados com base em uma concentração de álcool e na quantidade de correção de alimentação.

REIVINDICAÇÕES MODIFICADAS
(SUGERIDAS PELA REQUERENTE)

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho de controle da razão ar - combustível para um motor de combustão interna, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

um sensor de razão ar – combustível (66) que é fornecido em uma passagem de exaustão (50) do motor de combustão interna (10) e que emite uma razão ar - combustível do gás na passagem de exaustão (50);

um sensor de concentração de álcool (69) que detecta uma concentração de álcool como uma concentração dos componentes de álcool contidos no combustível;

um dispositivo de injeção de combustível (39) que injeta combustível com base em um comando para injetar combustível em uma quantidade de injeção de combustível de comando;

uma unidade de aquisição da quantidade de injeção de combustível base que determina uma quantidade de injeção de combustível base com base em uma quantidade de ar tomado no interior de uma câmara de combustão (25) do motor de combustão interna (10) em um curso de entrada e em uma razão ar - combustível de referência;

uma unidade de aquisição de razão ar - combustível alvo que determina uma razão ar - combustível alvo do motor de combustão interna (10) com base em um estado operacional do motor de combustão interna (10);

uma unidade de aquisição da quantidade de correção de alimentação que determina uma quantidade de correção de alimentação para corrigir a quantidade de injeção de combustível base com base em um desvio da razão ar - combustível alvo em relação à razão ar - combustível de referência;

uma unidade de aquisição da quantidade de correção de realimentação que determina uma quantidade de correção de realimentação para corrigir a quantidade de injeção de combustível base com base em um valor de saída do sensor de razão ar – combustível (66);

uma unidade de execução de processamento de segurança que executa um processamento de segurança para limitar a quantidade de correção de realimentação em um primeiro valor de segurança de realimentação, se a quantidade de correção de realimentação exceder o primeiro valor de segurança de realimentação, e para limitar a quantidade de correção de realimentação em um segundo valor de segurança de realimentação, se a quantidade de correção de realimentação cair abaixo do segundo valor de segurança de realimentação;

uma unidade de cálculo da quantidade de injeção de combustível de comando que calcula a quantidade de injeção de combustível de comando pela correção da quantidade de injeção de combustível base com base na quantidade de correção de alimentação e na quantidade de correção de alimentação sujeitas ao processamento de segurança; e

uma unidade de controle da razão ar - combustível que controla uma razão ar -

combustível de uma mistura suprida à câmara de combustão (25) de maneira tal que a razão ar - combustível da mistura coincida com a razão ar - combustível alvo pela emissão de um comando ao dispositivo de injeção de combustível (39) para injetar combustível na quantidade de injeção de combustível de comando, em que

5 a unidade de execução do processamento de segurança ajusta o primeiro valor de segurança de realimentação e o segundo valor de segurança de realimentação com base na concentração de álcool e na quantidade de correção de alimentação.

2. Aparelho de controle da razão ar - combustível, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de aquisição da quantidade de injeção de
10 combustível base calcula a quantidade de injeção de combustível base pela divisão da quantidade de ar tomado no interior da câmara de combustão (25) do motor de combustão interna (10) pela razão ar - combustível de referência.

3. Aparelho de controle da razão ar - combustível, de acordo com as reivindicações 1 ou 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de execução do processamento de
15 segurança:

ajusta um primeiro valor de segurança total, que é um limite superior de uma quantidade de correção total para a quantidade de injeção de combustível base, e um segundo valor de segurança total, que é um limite inferior da quantidade de correção total com base na concentração de álcool, quando a razão ar - combustível alvo for mais rica do que a razão ar - combustível de referência, em que a quantidade de correção total é calculada com
20 base na quantidade de correção de realimentação e na quantidade de correção de alimentação;

ajusta o primeiro valor de segurança de realimentação em um valor igual a uma quantidade de correção de realimentação correspondente a um caso em que a quantidade de correção total coincidir com o segundo valor de segurança total.
25

4. Aparelho de controle da razão ar - combustível, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de execução do processamento de segurança:

ajusta o primeiro valor de segurança total em um primeiro valor pré-determinado quando a razão ar - combustível alvo for mais pobre do que a razão ar - combustível de referência e aumenta o primeiro valor de segurança total em relação ao primeiro valor pré-determinado à medida em que a concentração de álcool aumenta ou que a razão ar - combustível alvo se desloca para longe da razão ar - combustível de referência na direção de um lado rico quando a razão ar - combustível alvo for mais rica do que a razão ar - combustível de referência; e
30

ajusta o segundo valor de segurança total em um segundo valor pré-determinado quando a razão ar - combustível alvo for mais pobre do que a razão ar - combustível de refe-

rência e aumenta o segundo valor pré-determinado em relação ao segundo valor pré-determinado à medida em que a concentração de álcool aumenta ou que a razão ar - combustível alvo se desloca para longe da razão ar - combustível de referência na direção do lado rico quando a razão ar - combustível alvo for mais rica do que a razão ar - combustível de referência.

5. Aparelho de controle da razão ar - combustível, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a razão ar - combustível de referência é assim ajustada para diminuir em relação a uma razão ar - combustível estequiométrica do motor de combustão interna (10) à medida em que a concentração de álcool aumenta.

6. Aparelho de controle da razão ar - combustível, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de aquisição da quantidade de correção de alimentação ajusta a quantidade de correção de alimentação em um valor obtido pela subtração de uma quantidade de combustível que torna a razão ar - combustível do motor de combustão interna (10) igual à razão ar - combustível de referência de uma quantidade de combustível que torna a razão ar - combustível do motor de combustão interna (10) igual à razão ar - combustível alvo.

7. Aparelho de controle da razão ar - combustível, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de execução do processamento de segurança:

ajusta o primeiro valor de segurança de realimentação em um valor obtido pela subtração da quantidade de correção de alimentação de um primeiro valor de segurança total, que é um limite superior de uma quantidade de correção total para a quantidade de injeção de combustível base calculada com base na quantidade de correção de realimentação e na quantidade de correção de alimentação; e

ajusta o segundo valor de segurança de realimentação em um valor obtido pela subtração da quantidade de correção de alimentação de um segundo valor de segurança total, que é um limite inferior da quantidade de correção total.

8. Método de controle da razão ar - combustível para um motor de combustão interna, incluindo um sensor de razão ar - combustível (66) que é fornecido em uma passagem de exaustão (50) do motor de combustão interna (10) e que emite uma razão ar - combustível do gás na passagem de exaustão (50), um sensor de concentração de álcool (69) que detecta uma concentração de álcool como uma concentração dos componentes de álcool contidos no combustível, e um dispositivo de injeção de combustível (39) que injeta combustível de acordo com um comando para injetar combustível em uma quantidade de injeção de combustível de comando, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

determinar uma quantidade de injeção de combustível base com base em uma

quantidade de ar tomado no interior de uma câmara de combustão (25) do motor de combustão interna (10) em um curso de entrada e em uma razão ar - combustível de referência;

determinar uma razão ar - combustível alvo do motor de combustão interna (10) com base em um estado operacional do motor de combustão interna (10);

- 5 determinar uma quantidade de correção de alimentação para corrigir a quantidade de injeção de combustível base com base em um desvio da razão ar - combustível alvo em relação à razão ar - combustível de referência;

- 10 determinar uma quantidade de correção de realimentação para corrigir a quantidade de injeção de combustível base com base em um valor de saída do sensor de razão ar - combustível (66);

- 15 executar um processamento de segurança para limitar a quantidade de correção de realimentação em um primeiro valor de segurança de realimentação, se a quantidade de correção de realimentação exceder o primeiro valor de segurança de realimentação, e limitar a quantidade de correção de realimentação em um segundo valor de segurança de realimentação, se a quantidade de correção de realimentação cair abaixo do segundo valor de segurança de realimentação;

- 20 calcular a quantidade de injeção de combustível de comando pela correção da quantidade de injeção de combustível base com base na quantidade de correção de alimentação e na quantidade de correção de realimentação sujeitas ao processamento de segurança; e

- 25 controlar uma razão ar - combustível de uma mistura suprida à câmara de combustão (25) de maneira tal que a razão ar - combustível da mistura coincida com a razão ar - combustível alvo pela emissão ao dispositivo de injeção de combustível (39) de um comando para injetar combustível na quantidade de injeção de combustível de comando, em que o primeiro valor de segurança de realimentação e o segundo valor de segurança de realimentação são ajustados com base na concentração de álcool e na quantidade de correção de alimentação.