



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

(11) PI 0812023-4 B1

(22) Data do Depósito: 27/05/2008

(45) Data de Concessão: 02/10/2018



* B R P I 0 8 1 2 0 2 3 B 1 *

(54) Título: COLETOR DE CORRENTE ELÁSTICO PARA CÉLULAS ELETROQUÍMICAS

(51) Int.Cl.: G01L 23/22

(30) Prioridade Unionista: 30/05/2007 JP 2007-143883

(73) Titular(es): TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA

(72) Inventor(es): RIHITO KANEKO; KENJI KASASHIMA; MASATOMO YOSHIHARA; KENJI SENDA;
NORIHITO HANAI; YASUHIRO YAMASAKO; YUICHI TAKEMURA

(85) Data do Início da Fase Nacional: 30/11/2009

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"DISPOSITIVO PARA DETERMINAR DETONAÇÃO E MÉTODO PARA DETERMINAR DETONAÇÃO PARA MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA"**.

Campo Técnico

5 A presente invenção refere-se a um dispositivo para determinação de detonação e um método para determinação de detonação para um motor de combustão interna, e particularmente à técnica de determinar se ocorreu ou não a detonação com base em uma forma de onda de vibração do motor de combustão interna.

10 Técnica anterior

Vários métodos para detectar a detonação (*knock*) que está ocorrendo em um motor de combustão interna têm sido propostos. Por exemplo, uma técnica determina que a detonação ocorreu quando a magnitude de vibração do motor de combustão interna é maior do que uma válvula limite.

15 Existe um caso, no entanto, onde a magnitude de ruído tal como a vibração que ocorre quando uma válvula de entrada ou uma válvula de escape, por exemplo, fecha é maior do que o valor limite apesar do fato de que a detonação não ocorreu. Nesse caso, embora a detonação não tenha ocorrido, poderia ser erroneamente determinado que a detonação ocorreu. Dessa

20 maneira, uma técnica foi proposta que determina se a detonação ocorreu ou não com base na forma de onda de vibração, de modo a considerar características diferentes da magnitude tal como o ângulo de manivela em que ocorre a vibração e a taxa de amortecimento.

A patente japonesa publicada Nº 2005-330954 descreve um dispositivo de determinação de detonação para um motor de combustão interna

25 que usa a forma de onda de vibração para determinar com precisão se a detonação ocorreu ou não. O dispositivo de determinação de detonação descrito na patente japonesa publicada Nº 2005-330954 inclui uma unidade de detecção de ângulo de manivela para detectar um ângulo de manivela do

30 motor de combustão interna, uma unidade de detecção de vibração para detectar um valor relevante para a magnitude de vibração do motor de combustão interna, uma unidade de detecção de forma de onda para detectar

uma forma de onda de vibração do motor de combustão interna em uma faixa predeterminada do ângulo de manivela, com base em um valor determinado por divisão do valor relevante para a magnitude de vibração por um máximo um dos valores detectados relevantes para a magnitude de vibração, uma unidade de armazenagem para armazenar com antecedência uma forma de onda de vibração do motor de combustão interna, e uma unidade de determinação para determinar se a detonação ocorreu ou não no motor de combustão interna, com base em um resultado de comparação entre a forma de onda detectada e a forma de onda armazenada. A unidade de determinação determina se a detonação ocorreu ou não com base em um valor que representa um desvio da forma de onda detectada da forma de onda armazenada. O valor que representa o desvio é calculado dividindo-se a soma de diferenças que são cada uma diferença entre uma magnitude na forma de onda detectada e uma magnitude na forma de onda armazenada para cada ângulo de manivela, por um valor determinado através da integração da magnitude na forma de onda armazenada pelo ângulo de manivela.

Com respeito ao dispositivo de determinação de detonação descrito na publicação acima referida, a unidade de detecção de ângulo de manivela detecta o ângulo de manivela do motor de combustão interna, a unidade de detecção de vibração detecta um valor relevante para a magnitude de vibração, a unidade de detecção de forma de onda detecta a forma de onda de vibração do motor de combustão interna em uma faixa predeterminada do ângulo de manivela, com base no valor relevante para a magnitude (intensidade) de vibração. A unidade de armazenagem armazena com antecedência a forma de onda de vibração do motor de combustão interna, e a unidade de determinação determina se a detonação ocorreu ou não no motor de combustão interna, com base no resultado de comparação entre a forma de onda detectada e a forma de onda armazenada. Por conseguinte, um modelo de forma de onda de detonação, que é uma forma de onda de vibração quando ocorre a detonação, é preparado através de experimentos ou o similar, por exemplo, e armazenado com antecedência, e o modelo de forma de onda de detonação e a forma de onda detectada são comparados

um com o outro. Dessa maneira, se a detonação ocorreu ou não pode ser determinado. Dessa maneira, se qualquer vibração do motor é ou não vibração devido à detonação, pode ser analisada em mais detalhes. Consequentemente pode ser determinado precisamente se a detonação ocorreu ou não.

O dispositivo de determinação de detonação descrito na patente japonesa publicada Nº 2005-330954, no entanto, detecta uma forma de onda que é normalizada dividindo-se o valor relevante da magnitude de vibração por seu valor máximo. Por isso, independente de se a magnitude detectada é grande ou pequena, a magnitude máxima na forma de onda detectada é "g" todo tempo. Por conseguinte, mesmo se a magnitude original, antes de ser dividida pelo valor máximo, for pequena, o valor que representa o desvio da forma de onda é provavelmente para ser um valor que pareça representar detonação, se a conformação da forma de onda detectada for similar à conformação da forma de onda armazenada. Isto é pela seguinte razão. O valor determinado pela integração da magnitude na forma de onda armazenada pelo ângulo de manivela, isto é, a área da forma de onda armazenada é relativamente maior do que a diferença entre a magnitude na forma de onda detectada e a magnitude na forma de onda armazenada, e, por conseguinte, a influência da diferença em magnitude é relativamente pequena. Então, poderia ser erroneamente determinado que a detonação tenha ocorrido, a despeito do fato que a detonação não ocorreu.

Descrição da Invenção

Um objetivo da presente invenção é fornecer um dispositivo para determinação de detonação e um método de determinação de detonação para um motor de combustão interna com os quais se a detonação ocorreu ou não pode ser precisamente determinado.

De acordo com um aspecto da presente invenção, um dispositivo para determinação de detonação para um motor de combustão interna inclui: um sensor de posição da manivela detectando um ângulo de manivela do motor de combustão interna; um sensor de detonação detectando uma magnitude de vibração do motor de combustão interna, a magnitude sendo

associada com um ângulo de manivela, e uma unidade de operação. A unidade de operação detecta uma forma de onda de vibração em um primeiro intervalo de ângulo de manivela, com base na magnitude de vibração do motor de combustão interna, calcula um primeiro valor com base em uma diferença entre uma magnitude na forma de onda detectada e uma magnitude em um modelo de forma de onda determinada com antecedência como uma forma de onda de referência de vibração do motor de combustão interna, em um segundo intervalo do ângulo de manivela, calcula um segundo valor de modo que o segundo valor é menor à medida que o número de revoluções de um eixo de saída do motor de combustão interna é menor, calcula um terceiro valor com base no primeiro valor e no segundo valor, e determina se a detonação ocorreu ou não no motor de combustão interna, com base no terceiro valor.

Com a configuração acima descrita, é detectado o ângulo de manivela do motor de combustão interna. A magnitude de vibração do motor de combustão interna é detectada em associação com o ângulo de manivela. Com base na magnitude, é detectada a forma de onda de vibração no primeiro intervalo de ângulo de manivela. O primeiro valor é calculado com base em uma diferença entre uma magnitude na forma de onda detectada e uma magnitude em um modelo de forma de onda determinada com antecedência como uma forma de onda de referência de vibração do motor de combustão interna, no segundo intervalo de ângulo de manivela. Dessa maneira, o primeiro valor pode ser obtido que varia dependendo da diferença entre magnitudes respectivas na forma de onda detectada e no modelo da forma de onda. Adicionalmente, o segundo valor é calculado de modo que o segundo valor é menor à medida que o número de revoluções do eixo de saída do motor de combustão interna é menor. Com base no primeiro valor e no segundo valor, o terceiro valor é calculado. Dessa maneira, no caso onde o número de revoluções do eixo de saída do motor de combustão interna é relativamente pequeno, a influência do segundo valor pode se tornar pequena em comparação com o caso onde o número de revoluções dele é relativamente grande. Por isso, no caso onde o número de revoluções do eixo de

saída do motor de combustão interna é relativamente pequeno, a influência do primeiro valor pode se tornar relativamente grande em comparação com o caso onde o número de revoluções dele é relativamente grande. Como um resultado, mesmo se a diferença entre magnitudes respectivas na forma de onda detectada e no modelo da forma de onda é pequena, a diferença entre magnitudes respectivas na forma de onda detectada e no modelo da forma de onda pode ser refletida a um grande grau no terceiro valor. Com base no terceiro valor, é determinado se ocorreu ou não detonação no motor de combustão interna. Por conseguinte, no caso onde a diferença entre magnitudes respectivas na forma de onda detectada e no modelo da forma de onda é pequeno apesar do fato que a detonação não ocorreu, pode ser determinado corretamente que a detonação não ocorreu. Ao contrário, no caso onde o número de revoluções do eixo de saída do motor de combustão interna é grande, a influência do segundo valor pode se tornar grande em comparação com o caso onde o número de revoluções dele é pequeno. Por conseguinte, no caso onde o número de revoluções do eixo de saída do motor de combustão interna é grande, a influência da diferença entre as magnitudes respectivas na forma de onda detectada e no modelo da forma de onda pode ser restrita. Como um resultado, pode ser determinado se ocorreu ou não detonação.

Preferivelmente, a unidade de operação ajusta o segundo intervalo de modo que o segundo intervalo é menor à medida que o número de revoluções do eixo de saída do motor de combustão interna é menor.

Com a configuração acima descrita, o segundo intervalo é ajustado de modo que o segundo intervalo é menor à medida que o número de revoluções do eixo de saída do motor de combustão interna é menor, uma vez que a faixa de ângulo de manivela em que a vibração, devido à detonação ser detectada, é menor no caso onde o número de revoluções do eixo de saída é menor, do que aquela no caso onde o número de revoluções dele é maior. Dessa maneira, de ângulos de manivela em que é usada a diferença entre a forma de onda detectada e o modelo de forma de onda, pode ser removido qualquer ângulo de manivela em que a vibração, devido à detona-

ção é improvável ocorrer. Por conseguinte, pode ser determinado com precisão se ocorreu ou não a detonação.

Mais preferivelmente, a unidade de operação calcula o primeiro valor somando as diferenças que estão, cada diferença, entre a magnitude na forma de onda detectada e a magnitude no modelo da forma de onda, no segundo intervalo. Em um caso onde o número de revoluções do eixo de saída do motor de combustão interna é um primeiro número de revoluções, a unidade de operação calcula o segundo valor somando valores, cada um determinado pela subtração de um valor de referência positivo da magnitude no modelo de forma de onda, no segundo intervalo e, em um caso onde o número de revoluções do eixo de saída do motor de combustão interna é um segundo número de revoluções maior do que o primeiro número de revoluções, a unidade de operação calcula o segundo valor somando magnitudes no modelo de forma de onda no segundo intervalo. A unidade de operação calcula o terceiro valor dividindo o primeiro valor pelo segundo valor. Em um caso onde o terceiro valor é menor do que um valor predeterminado, a unidade de operação determina que a detonação ocorreu no motor de combustão interna.

Com a configuração acima descrita, o primeiro valor é calculado pela soma das respectivas diferenças entre as magnitudes respectivas na forma de onda detectada e as magnitudes respectivas no modelo de forma de onda, no segundo intervalo. No caso onde o número de revoluções do eixo de saída do motor de combustão interna é o primeiro número de revoluções, o segundo valor é calculado pela soma de valores cada um determinado pela subtração de um valor de referência positivo da magnitude no modelo de forma de onda, no segundo intervalo. No caso onde o número de revoluções do eixo de saída do motor de combustão interna é o segundo número de revoluções maior do que o primeiro número de revoluções, o segundo valor é calculado pela soma das magnitudes no modelo de forma de onda no segundo intervalo. O terceiro valor é calculado pela divisão do primeiro valor pelo segundo valor. No caso onde o terceiro valor é menor do que um valor predeterminado, é determinado que a detonação ocorreu no

motor de combustão interna. Dessa maneira, se a detonação ocorreu ou não pode ser determinado usando-se uma relação relativa entre a diferença entre as magnitudes respectivas na forma de onda detectada e o modelo de forma de onda e a magnitude no modelo de forma de onda. Desse modo, mesmo no caso onde a diferença entre as magnitudes respectivas na forma de onda detectada e o modelo de forma de onda é pequena, pode ser determinado corretamente que a detonação não ocorreu se for considerado da magnitude do modelo de forma de onda que a detonação é improvável de ocorrer.

10 Mais preferivelmente, a unidade de operação detecta um valor mínimo de magnitude na forma de onda detectada, e ajusta o valor de referência ao valor mínimo de magnitude na forma de onda detectada.

Com a configuração acima descrita, o valor de referência é ajustado ao valor mínimo de magnitude da forma de onda detectada. Desse modo, do modelo de forma de onda, a porção menor do que o valor mínimo pode ser removida. Por conseguinte, a influência da magnitude do modelo de forma de onda pode ser reduzida.

20 Mais preferivelmente, a unidade de operação detecta os valores mínimos respectivos de magnitude em uma pluralidade de ciclos de ignição, cada um dos valores mínimos é um valor mínimo de magnitude na forma de onda detectada, e ajusta o valor de referência a um valor determinado por adição de um produto de um desvio padrão dos valores mínimos e um coeficiente para um mediano dos valores mínimos.

25 Com a configuração acima descrita, o valor de referência é ajustado ao valor determinado adicionando-se o produto de desvio padrão de valores mínimos e um coeficiente ao mediano de valores mínimos. Do modelo de forma de onda, a porção menor do que o valor determinado por adição do produto de desvio padrão de valores mínimos e um coeficiente ao mediano de valores mínimos pode ser removido. Por conseguinte, pode ser reduzida a influência da magnitude do modelo de forma de onda.

30 Mais preferivelmente, a unidade de operação limita o valor de referência a não mais do que um valor predeterminado.

Com a configuração acima descrita, o valor de referência é restrito a não mais do que um valor predeterminado. Dessa maneira, o valor de referência pode ser impedido de se tornar excessivamente grande.

5 Mais preferivelmente, a unidade de operação calcula uma média de um valor mínimo de magnitude na forma de onda detectada e uma magnitude em um ângulo de manivela adjacente a um ângulo de manivela em que o valor mínimo de magnitude está presente na forma de onda detectada, e ajusta o valor de referência à média.

10 Com a configuração acima descrita, o valor de referência é ajustado à média do valor mínimo de magnitude na forma de onda detectada e a magnitude em um ângulo de manivela adjacente ao ângulo de manivela em que o valor mínimo de magnitude está presente na forma de onda detectada. Desse modo, do modelo de forma de onda, a porção menor do que a média pode ser removida. Por conseguinte, a influência da magnitude do modelo
15 de forma de onda pode ser reduzida.

Mais preferivelmente, a unidade de operação calcula médias respectivas em uma pluralidade de ciclos de ignição, cada uma das médias é uma média de um valor mínimo de magnitude na forma de onda detectada e uma magnitude em um ângulo de manivela adjacente a um ângulo de manivela em que o valor mínimo de magnitude está presente na forma de onda
20 detectada, e ajusta o valor de referência a um valor determinado por adição de um produto de um desvio padrão das médias e um coeficiente a um mediano das médias.

Com a configuração acima descrita, o valor de referência é ajustado ao valor determinado por adição do produto de desvio padrão de médias e um coeficiente ao mediano de médias. Desse modo, podem ser removidos do modelo de forma de onda, a porção menor do que o valor determinado por adição do produto de desvio padrão de médias e um coeficiente do mediano de médias. Por conseguinte, a influência da magnitude do
25 modelo de forma de onda pode ser reduzida.
30

Mais preferivelmente, o valor de referência é um valor constante.

Com a configuração acima descrita, do modelo de forma de on-

da, a porção menor do que o valor constante pode ser removida. Por conseguinte, a influência da magnitude do modelo de forma de onda pode ser reduzida.

Breve Descrição dos Desenhos

5 A Figura 1 é um diagrama de configuração esquemática mostrando um motor controlado por uma ECU do motor que é um dispositivo de determinação de detonação de acordo com uma primeira modalidade da presente invenção.

10 A Figura 2 mostra faixas de frequência de vibração geradas no motor quando ocorre a detonação.

 A Figura 3 é um diagrama em bloco de controle mostrando a ECU do motor.

 A Figura 4 é um (primeiro) gráfico mostrando uma forma de onda de vibração do motor.

15 A Figura 5 é um (primeiro) gráfico mostrando uma forma de onda de vibração e um modelo de forma de onda de detonação em comparação um com o outro.

 A Figura 6 é um gráfico mostrando o modelo de forma de onda de detonação.

20 A Figura 7 é um (primeiro) gráfico mostrando um segmento de comparação onde a forma de onda de vibração e o modelo de forma de onda de detonação são comparados um com outro.

 A Figura 8 é um (primeiro) gráfico mostrando uma área S usada para calcular um coeficiente de correlação K.

25 A Figura 9 é um (segundo) gráfico mostrando uma área S usada para calcular um coeficiente de correlação K.

 A Figura 10 é um gráfico mostrando a soma de magnitudes de uma forma de onda sintetizada usada para calcular uma magnitude de detonação N.

30 A Figura 11 é um diagrama em bloco funcional da ECU do motor que é o dispositivo de determinação de detonação de acordo com a primeira modalidade da presente invenção.

A Figura 12 é um fluxograma mostrando uma estrutura de controle de um programa executado pela ECU do motor que é o dispositivo de determinação de detonação de acordo com a primeira modalidade da presente invenção.

5 A Figura 13 é um (terceiro) gráfico mostrando uma área S usada para calcular um coeficiente de correlação K.

A Figura 14 é um (segundo) gráfico mostrando uma forma de onda de vibração e um modelo de forma de onda de detonação em comparação um com o outro.

10 A Figura 15 é um (quarto) gráfico mostrando uma área S usada para calcular o coeficiente de correlação K.

A Figura 16 é um (segundo) gráfico mostrando uma forma de onda de vibração do motor.

15 A Figura 17 é um diagrama em bloco funcional de uma ECU do motor que é um dispositivo de determinação de detonação de acordo com uma segunda modalidade da presente invenção.

A Figura 18 é um gráfico mostrando uma distribuição de frequência de valores mínimos de magnitude

20 A Figura 19 é um fluxograma mostrando uma estrutura de controle de um programa executado pela ECU do motor que é o dispositivo de determinação de detonação de acordo com uma segunda modalidade da presente invenção.

25 A Figura 20 é um diagrama em bloco funcional de uma ECU do motor que é o dispositivo de determinação de detonação de acordo com uma terceira modalidade da presente invenção.

A Figura 21 é um fluxograma mostrando uma estrutura de controle de um programa executado pela ECU do motor que é o dispositivo de determinação de detonação de acordo com a terceira modalidade da presente invenção.

30 A Figura 22 é um diagrama em bloco funcional de uma ECU do motor que é o dispositivo de determinação de detonação de acordo com uma quarta modalidade da presente invenção.

A Figura 23 é um gráfico mostrando uma média calculada para ajustar um valor de referência.

A Figura 24 é um fluxograma mostrando uma estrutura de controle de um programa executado pela ECU do motor que é o dispositivo de determinação de detonação de acordo com a quarta modalidade da presente invenção.

A Figura 25 é um diagrama em bloco funcional de uma ECU do motor que é o dispositivo de determinação de detonação de acordo com uma quinta modalidade da presente invenção.

A Figura 26 é um gráfico mostrando uma distribuição de frequência de médias.

A Figura 27 é um fluxograma mostrando uma estrutura de controle de um programa executado pela ECU do motor que é o dispositivo de determinação de detonação de acordo com a quinta modalidade da presente invenção.

A Figura 28 é um (segundo) gráfico mostrando um segmento de comparação onde uma forma de onda de vibração e um modelo de forma de onda de detonação são comparados um com o outro.

Melhores Modos para Executar a Invenção

A seguir, serão descritas modalidades da presente invenção com referência aos desenhos. Na seguinte descrição, componentes similares são denotados por caracteres de referência similares. Eles são denominados e funcionam identicamente também. Desse modo, uma descrição detalhada deles não será repetida.

Primeira Modalidade

Com referência à Figura 1, será descrito um motor 100 de um veículo equipado com um dispositivo de determinação de detonação de acordo com uma modalidade da presente invenção. O motor 100 é fornecido com uma pluralidade de cilindros. O dispositivo de determinação de detonação na presente modalidade é implementado por um programa executado por uma ECU do motor (Unidade Eletrônica do Motor) 200, por exemplo. O programa executado pela ECU do motor 200 pode ser registrado em tal meio

de registro como um CD (Disco Compacto) ou DVD (Disco Versátil Digital) para ser distribuído no mercado.

O motor 100 é um motor de combustão interna em que uma mistura ar-combustível de ar puxado de um purificador de ar 102 e combustível
5 injetado de um injetor 104 é inflamada por uma vela 106 e queimada em uma câmara de combustão. Enquanto a sincronização de ignição é controlada para ser MBT (Avanço Mínimo para o Melhor Torque) em que o torque de saída é máximo, a sincronização de ignição é retardada ou avançada de acordo com um estado de operação do motor 100, por exemplo, quando ocorre a detonação.
10

Quando a mistura ar-combustível é queimada, um pistão 108 é pressionado para baixo pela pressão da combustão e um eixo de manivela 110 é girado. Depois da combustão (gás de descarga) a mistura ar-combustível é limpa por catalisadores de três saídas 112 e depois disso
15 descarregada para o lado de fora do veículo. A quantidade de ar puxado para dentro do motor 100 é regulada por uma válvula de regulação 114.

O motor 100 é controlado pela ECU do motor 200. Conectado à ECU do motor 200 estão um sensor de detonação 300, um sensor de temperatura de água 302, um sensor de posição de manivela 306 fornecido para
20 facear um rotor de sincronização 304, um sensor de posição de abertura de estrangulador 308, um sensor de velocidade do veículo 310, um comutador de ignição 312, e um medidor de fluxo de ar 314.

O sensor de detonação 300 é fornecido para um bloco cilíndrico do motor 100. O sensor de detonação 300 é formado de um elemento piezoelétrico. O sensor de detonação 300 gera uma voltagem em resposta à vibração do motor 100. A magnitude da voltagem corresponde à magnitude da vibração. O sensor de detonação 300 envia um sinal representando a voltagem para a ECU do motor 200. O sensor de temperatura de água 302 detecta a temperatura de um refrigerante em um invólucro de água do motor 100
30 e envia um sinal representando o resultado da detecção para a ECU do motor 200.

O rotor de sincronização 304 é fornecido ao eixo de manivela

110 e gira junto com o eixo de manivela 110. Na periferia externa do rotor de sincronização 304, uma pluralidade de protuberâncias é fornecida em intervalos predeterminados. O sensor de posição de manivela 306 é fornecido para facear as protuberâncias do rotor de sincronização 304. Quando o rotor de sincronização 304 gira, uma fenda de ar entre as protuberâncias do rotor de sincronização 304 e o sensor de posição de manivela 306 muda e, como um resultado, o fluxo magnético que passa através da porção de serpentina do sensor de posição de manivela 306 aumenta/diminui para gerar uma força eletromotriz na porção de serpentina. O sensor de posição de manivela 306 envia um sinal representando a força eletromotriz para a ECU do motor 200. A ECU do motor 200 detecta o ângulo da manivela e o número de revoluções do eixo de manivela 110 com base no sinal enviado do sensor de posição de manivela 306.

O sensor de posição de abertura de estrangulador 308 detecta uma posição de abertura do estrangulador e envia um sinal representando o resultado da detecção para a ECU do motor 200. O sensor de velocidade do veículo 310 detecta o número de revoluções de uma roda (não mostrada) e envia um sinal representando o resultado da detecção para a ECU do motor 200. A ECU do motor 200 calcula a velocidade do veículo com base no número de revoluções da roda. O comutador de ignição 312 é ligado por um acionador quando o motor 100 é para ser iniciado. O medidor de fluxo de ar 314 detecta a quantidade de ar de entrada para o motor 100 e envia um sinal representando o resultado da detecção para a ECU do motor 200.

A ECU do motor 200 é operada por energia elétrica suprida de uma bateria auxiliar 320 que é um suprimento de energia. A ECU do motor 200 executa processos de operação com base em sinais enviados dos respectivos sensores e comutador de ignição 312 bem como um mapa de um programa armazenado em uma ROM (Memória Somente para Leitura) 202, e controla dispositivos relevantes de modo a permitir que o motor 100 opere em um estado desejado.

Na presente modalidade, a ECU do motor 200 detecta uma forma de onda de vibração (daqui por diante referida como "forma de onda de

vibração" do motor 100 em uma porta de detecção de detonação predeterminada (uma seção de um primeiro ângulo de manivela predeterminado para um segundo ângulo de manivela), com base no sinal enviado do sensor de detonação 300 e do ângulo de manivela, e determina se ocorreu ou não detonação no motor 100, com base da forma de onda de vibração detectada. A porta de detecção de detonação na presente modalidade é a seção do centro morto de topo (0°) a 90° em um curso de combustão. A porta de detecção de detonação não é limitada a isto.

Quando ocorre a detonação, a vibração em uma frequência próxima à frequência mostrada como a linha sólida na Figura 2 é gerada no motor 100. A frequência de vibração causada pela detonação não é constante, mas tem uma certa faixa de frequência.

Se a vibração é detectada em uma faixa de frequência relativamente ampla, é mais provável que seja incluído um ruído (por exemplo, vibração causada por um injetor no cilindro ou válvula de entrada/descarga assentado na sua sede) diferente da vibração causada por detonação.

Pelo contrário, se a vibração é detectada em uma faixa de frequência relativamente estreita, um componente de ruído incluído na magnitude da vibração detectada pode ser suprimido enquanto uma porção característica (tal como a sincronização de ocorrência de taxa de vibração e amortecimento dela) do componente de ruído é também removida da forma de onda de vibração. Nesse caso, mesmo se a vibração é realmente devido ao componente de ruído, é detectada uma forma de onda de vibração não incluindo componente de ruído, isto é, a forma de onda de vibração similar à forma de onda de vibração detectada quando ocorre detonação. Desse modo, nesse caso, é difícil distinguir vibração devido à detonação de vibração devido ao ruído, com base na forma de onda de vibração.

Dessa maneira, na presente modalidade, é detectada vibração em uma primeira faixa de frequência A, uma segunda faixa de frequência B e uma terceira faixa de frequência C que são ajustadas para ter uma largura de banda menor, de modo a precisamente capturar vibração específica para detonação.

Por outro lado, de modo a determinar se ocorreu ou não detonação em consideração a ruído quando ocorreu o ruído, a vibração é detectada em uma quarta faixa de frequência mais larga D incluindo da primeira à terceira faixas de frequência A a C de modo a capturar o ruído.

5 Como mostrado na Figura 3, a ECU do motor 200 inclui um conversor A/D (analógico/digital) 400, um filtro passa-faixa (1) 411, um filtro passa-faixa (2) 412, um filtro passa-faixa (3) 413, um filtro passa-faixa (4) 414, e uma unidade de integração 420.

10 O filtro passa-faixa (1) 411 passa somente o sinal na primeira faixa de frequência A fora dos sinais transmitidos do sensor de detonação 300. Em outras palavras, o filtro passa-faixa (1) 411 extrai somente a vibração na primeira faixa de frequência A fora das vibrações detectadas pelo sensor de detonação 300.

15 O filtro passa-faixa (2) 412 passa somente o sinal na segunda faixa de frequência B fora dos sinais transmitidos do sensor de detonação 300. Em outras palavras, o filtro passa-faixa (2) 412 extrai somente a vibração em segunda faixa de frequência B fora das vibrações detectadas pelo sensor de detonação 300.

20 O filtro passa-faixa (3) 413 passa somente o sinal na terceira faixa de frequência C fora dos sinais transmitidos do sensor de detonação 300. Em outras palavras, o filtro passa-faixa (3) 413 extrai somente a vibração em terceira faixa de frequência C fora das vibrações detectadas pelo sensor de detonação 300.

25 O filtro passa-faixa (4) 414 passa somente o sinal na quarta faixa de frequência D fora dos sinais transmitidos do sensor de detonação 300. Em outras palavras, o filtro passa-faixa (4) 414 extrai somente a vibração em quarta faixa de frequência D fora das vibrações detectadas pelo sensor de detonação 300.

30 A unidade de integração 420 calcula um valor integrado pela integração dos sinais selecionados pelo filtro passa-faixa (1) 411 ao filtro passa-faixa (4) 414, isto é, integrando as magnitudes de vibração para toda faixa de ângulo de manivela de 5° (daqui por diante também referido como va-

lor integrado de 5°). O valor integrado de 5° é calculado para cada faixa de frequência.

Adicionalmente, os valores integrados respectivos calculados para primeira à terceira faixas de frequência A a C são adicionados juntos em associação com o ângulo de manivela. Em outras palavras, as formas de onda de vibração da primeira à terceira faixas de frequência de A a C são combinadas em uma forma de onda sintetizada.

Por conseguinte, na presente modalidade como mostrado na Figura 4, a forma de onda sintetizada formada da primeira à terceira faixas de frequência de A a C e a forma de onda de vibração da quarta faixa de frequência D são usadas como formas de onda de vibração do motor 100. A forma de onda de vibração (valor integrado de 5°) de quarta faixa de frequência D não é combinada, mas usada individualmente.

Das formas de onda de vibração detectadas, a forma de onda de vibração na quarta faixa de frequência D é comparada com o modelo de forma de onda de detonação, na faixa de ângulo de manivela do ângulo de manivela em que a magnitude é máxima, como mostrado na Figura 5. O modelo de forma de onda de detonação é definido como uma forma de onda de vibração de referência do motor 100. Na presente modalidade, a magnitude do modelo de forma de onda de detonação é ajustada cada vez que a forma de onda de vibração na quarta faixa de frequência D é detectada. Isto é, a magnitude do modelo de forma de onda de detonação é determinada para todo ciclo de ignição.

A magnitude do modelo de forma de onda de detonação é ajustada com base na magnitude da forma de onda de vibração na quarta faixa de frequência D (valor integrado de 5°). Mais especificamente, a magnitude é ajustada de modo que a magnitude máxima no modelo de forma de onda de detonação seja idêntica à magnitude máxima na forma de onda de vibração na quarta faixa de frequência D.

As magnitudes diferentes da magnitude máxima são ajustadas de acordo com a velocidade do motor NE e a carga do motor 100. Mais especificamente, a taxa de amortecimento da magnitude em um ângulo de

manivela com relação à magnitude no ângulo de manivela adjacente é ajustada de acordo com um mapa usando-se a velocidade do motor NE e a carga do motor 100 como parâmetros.

Por conseguinte, no caso, por exemplo, onde a taxa de amortecimento é 25% e as magnitudes em uma faixa de ângulo de manivela de 20° são ajustadas, a magnitude diminui 25% por unidade de ângulo de manivela como mostrado na Figura 6. Aqui, o método de ajustar a magnitude no modelo de forma de onda de detonação não é limitado ao um acima descrito.

A forma de onda de vibração e o modelo de forma de onda de detonação são comparados um com o outro em um segmento de comparação. O segmento de comparação é ajustado de acordo com a velocidade do motor NE. Como mostrado na Figura 7, o segmento de comparação é ajustado de modo que o segmento de comparação é menor à medida que a velocidade do motor NE é menor. O segmento de comparação pode ser ajustado de acordo com a carga do motor 100.

Na presente modalidade, a ECU do motor 200 calcula um coeficiente de correlação K que representa o grau de similaridade da forma de onda de vibração para o modelo de forma de onda de detonação (representa um desvio entre a forma de onda de vibração e o modelo de forma de onda de detonação). A sincronização em que a magnitude de vibração é máxima na forma de onda de vibração se torna coincidente com a sincronização em que a magnitude de vibração é máxima no modelo de forma de onda de detonação, e então o valor absoluto da diferença (quantidade de desvio) entre a magnitude na forma de onda de vibração e a magnitude no modelo de forma de onda de detonação é calculado para todo ângulo de manivela (todo 5°) para desse modo calcular o coeficiente de correlação K. O valor absoluto da diferença entre a magnitude na forma de onda de vibração e a magnitude no modelo de forma de onda de detonação para todo ângulo de manivela diferente de 5° pode ser calculado como substituto.

É suposto aqui que o valor absoluto da diferença entre a magnitude na forma de onda de vibração e a magnitude no modelo de forma de onda de detonação para cada ângulo de manivela é $\Delta S(I)$ (I é um número

natural). Como mostrado pelas linhas oblíquas na Figura 8, é suposto que a soma das magnitudes no modelo de forma de onda de detonação no segmento de comparação, isto é, na área do modelo de forma de onda de detonação no segmento de comparação, é S. O coeficiente de correlação K é calculado usando-se a equação (1) abaixo:

$$K = (S - \sum \Delta S (I)) / S \quad \dots(1)$$

onde $\sum \Delta S (I)$ é o total de $\Delta S (I)$ no segmento de comparação.

Na presente modalidade, no caso onde a velocidade do motor NE é menor do que o valor limite NE (1), a soma de valores, cada um determinado pela subtração de um valor de referência positivo da magnitude no modelo de forma de onda de detonação no segmento de comparação, como indicado pelas linhas oblíquas na Figura 8, é usada como área S do modelo de forma de onda de detonação. Isto é, no segmento de comparação, a área ocupada pelas magnitudes de não menos do que o valor de referência é usada como área S do modelo de forma de onda de detonação. Ao contrário, no caso onde a velocidade do motor NE não é menos do que o valor limite NE (1), o coeficiente de correlação K é calculado usando-se a totalidade de área S do modelo de forma de onda de detonação no segmento de comparação, como indicado pelas linhas oblíquas na Figura 9. Como o valor de referência, a magnitude mínima na forma de onda de vibração na quarta faixa de frequência D é usada, por exemplo. O método de calcular o coeficiente de correlação K não é limitado ao um acima descrito.

Adicionalmente, a ECU do motor 200 calcula a magnitude de detonação N usando-se a soma dos valores integrados 5° da forma de onda sintetizada da primeira à terceira faixas de frequência de A a C, como indicado pelas linhas oblíquas na Figura 10.

É suposto que a soma dos valores integrados de 5° da forma de onda sintetizada é P, e um valor representando a magnitude de vibração do motor 100 no estado onde a vibração não ocorre no motor 100 é BGL (*Back Ground Level*). Então, a magnitude de detonação N é calculada usando-se a equação $N = P / BGL$. O BGL é determinado adiantado com base na simulação ou experimento, por exemplo, e armazenado em ROM 202. O método

de calcular a magnitude de detonação N não é limitado ao um acima descrito.

Na presente modalidade, a ECU do motor 200 compara a magnitude de detonação N calculada com o valor limite V (J) armazenado em ROM 202 e adicionalmente compara o coeficiente de correlação K com o valor limite K (0) armazenado em ROM 202 para determinar, para todo ciclo de ignição, se ocorreu ou não detonação no motor 100.

Com referência à Figura 11, será dada uma descrição das funções da ECU do motor 200 que é o dispositivo de determinação de detonação na presente modalidade. As funções descritas abaixo podem ser implementadas pelo software ou implementadas por hardware.

A ECU do motor 200 inclui uma unidade de detecção do ângulo de manivela 210, uma unidade de detecção de magnitude 220, uma unidade de detecção da forma de onda 230, uma unidade de ajuste de segmento 240, uma unidade de detecção do valor mínimo 250, uma unidade de ajuste do valor de referência 260, uma unidade de cálculo do coeficiente de correlação 270, uma unidade de cálculo da magnitude da detonação 280, e uma unidade de determinação de detonação 290.

A unidade de detecção do ângulo de manivela 210 detecta o ângulo de referência com base em um sinal enviado do sensor de posição de manivela 306.

A unidade de detecção de magnitude 220 detecta a magnitude de vibração na porta de detecção de detonação com base em um sinal enviado do sensor de detonação 300. A magnitude de vibração é detectada em associação com um ângulo de manivela. Adicionalmente, a magnitude de vibração é representada por um valor de voltagem de saída do sensor de detonação 300. A magnitude de vibração pode ser representada por um valor correspondente ao valor de voltagem de saída do sensor de detonação 300.

A unidade de detecção da forma de onda 230 detecta a forma de onda de vibração na porta de detecção de detonação por integração das magnitudes de vibração para todo ângulo de manivela de 5°.

A unidade de ajuste de segmento 240 ajusta um segmento de comparação onde a forma de onda de vibração e o modelo de forma de onda de detonação são comparados um com o outro, de modo que o segmento é menor à medida que a velocidade do motor NE é menor.

5 A unidade de detecção do valor mínimo 250 detecta o valor mínimo de magnitude na forma de onda de vibração na quarta faixa de frequência D. A unidade de ajuste do valor de referência 260 ajusta o valor de referência ao valor mínimo de magnitude na forma de onda de vibração na quarta faixa de frequência D. A detecção do valor mínimo e o ajuste do valor
10 de referência são executados para todo ciclo de ignição. Isto é, em uma pluralidade de ciclos de ignição cada, o valor mínimo é detectado e o valor de referência é ajustado.

A unidade de cálculo do coeficiente de correlação 270 calcula o coeficiente de correlação K. A unidade de cálculo da magnitude da detonação 280 calcula a magnitude de detonação N. A unidade de determinação de
15 detonação 290 determina que a detonação ocorreu no caso onde a magnitude de detonação N é maior do que o valor limite V (J) e o coeficiente de correlação K é maior do que o valor limite K (0).

A equação (1) acima descrita pode ser transformada para:

20
$$K = 1 - \sum \Delta S (I) / S \quad \dots(2)$$

A equação (2) pode ser adicionalmente transformada para:

$$\sum \Delta S (I) / S = 1 - K \quad \dots(3)$$

Desse modo, o fato de que o coeficiente de correlação K é maior do que o valor limite K (0) é idêntico ao fato que $\sum \Delta S (I) / S$ é menor do que
25 $1 - K (0)$.

Com referência à Figura 12, uma descrição será dada de uma estrutura de controle de um programa executado pela ECU do motor 200 que é o dispositivo de determinação de detonação na presente modalidade. O programa descrito abaixo é repetidamente executado em ciclos predeterminados (para todo ciclo de ignição, por exemplo).
30

Na etapa (daqui por diante "etapa" será abreviada como "S") 100, a ECU do motor 200 detecta o ângulo de manivela com base em um

5 sinal enviado do sensor de posição de manivela 306.

 Na S102, a ECU do motor 200 detecta a magnitude de vibração do motor 100 em associação com o ângulo de manivela, com base em um sinal enviado do sensor de detonação 300.

5 Na S104, a ECU do motor 200 calcula o valor integrado de 5° por integração de valores de voltagem de saída (cada um representando a magnitude de vibração) do sensor de detonação 300 para todo ângulo de manivela de 5° (para 5°) para detectar a forma de onda de vibração do motor 100. Isto é, a forma de onda sintetizada na primeira a terceira faixas de frequência A a C e a forma de onda de vibração na quarta faixa de frequência D são detectadas.

 Na S106, a ECU do motor 200 detecta a velocidade do motor NE com base em um sinal enviado do sensor de posição de manivela 306. Na S108, a ECU do motor 200 ajusta um segmento de comparação onde a forma de onda de vibração e o modelo de forma de onda de detonação são comparados um com o outro, de modo que o segmento de comparação é menor à medida que a velocidade do motor NE é menor.

 Na S110, a ECU do motor 200 detecta o valor mínimo de magnitude na forma de onda de vibração na quarta faixa de frequência D. Na S112, a ECU do motor 200 ajusta o valor de referência ao valor mínimo de magnitude na forma de onda de vibração na quarta faixa de frequência D.

 Na S114, a ECU do motor 200 calcula o coeficiente de correlação K. Na S116, a ECU do motor 200 calcula a magnitude de detonação N.

25 Na S118, a ECU do motor 200 determina se o coeficiente de correlação K é maior ou não do que K (0) e se a magnitude de detonação N é maior do que o valor limite V(J). Quando o coeficiente de correlação K é maior do que o valor limite K (0) e a magnitude de detonação N é maior do que V(J) (SIM na S118), o processo procede para S120. De outro modo (NÃO em S118), o processo procede para S124.

30 Na S120, a ECU do motor 200 determina que a detonação ocorreu. Na S122, a ECU do motor 200 retarda a sincronização de ignição.

 Na S124, a ECU do motor 200 determina que a detonação não

ocorreu. Na S126, a ECU do motor 200 avança a sincronização de ignição.

Será dada uma descrição de operação da ECU do motor 200 que é o dispositivo de determinação de detonação na presente modalidade, com base na estrutura e fluxograma acima descritos.

5 Enquanto o motor 100 está operando, o ângulo de manivela é detectado com base em um sinal enviado do sensor de posição de manivela 306 (S100). Com base no sinal enviado do sensor de detonação 300, a magnitude de vibração do motor 100 é detectada em associação com um ângulo de manivela (S102). O valor integrado de 5° é calculado para detectar a forma de onda de vibração do motor 100 (S104).

Adicionalmente, com base no sinal enviado do sensor de posição de manivela 306, a velocidade do motor NE é detectada (S106). O segmento de comparação para comparar a forma de onda de vibração com o modelo de forma de onda de detonação é ajustado de modo que o segmento
15 é menor à medida que a velocidade do motor NE é menor (S108). Adicionalmente, o valor mínimo de magnitude na forma de onda de vibração na quarta faixa de frequência D é detectado (S110). O valor de referência é ajustado para o valor mínimo de magnitude na forma de onda de vibração na quarta faixa de frequência D (S112).

20 Como mostrado na Figura 13, no caso onde a velocidade do motor NE é menor do que o valor limite NE (1), a soma de valores, cada um determinado por subtração de um valor de referência positivo da magnitude no modelo de forma de onda de detonação, é usada como área S do modelo de forma de onda de detonação para calcular o coeficiente de correlação K
25 (S114).

Por conseguinte, a influência da própria magnitude do modelo de forma de onda de detonação no coeficiente de correlação K pode ser reduzida. Desse modo, a influência da diferença entre a magnitude na forma de onda de vibração e a magnitude no modelo de forma de onda de detonação
30 no coeficiente de correlação K pode ser feita relativamente grande.

No entanto, como mostrado na Figura 14, no estado onde a velocidade do motor NE é grande, o valor mínimo de magnitude na forma de

onda de vibração na quarta faixa de frequência D, isto é, o valor de referência pode ser relativamente grande. Por conseguinte, se a soma de valores, cada um determinado por subtração do valor de referência da magnitude no modelo de forma de onda de detonação, é usada como área S do modelo de forma de onda de detonação, a área S pode ser menor do que o exigido.

Dessa maneira, como mostrado na Figura 15, no caso onde a velocidade do motor NE não é menor do que o valor limite NE (1), a totalidade da área S do modelo de forma de onda de detonação no segmento de comparação é usada para calcular o coeficiente de correlação K (S114). Por conseguinte, a influência da área S no modelo de forma de onda de detonação no coeficiente de correlação K pode ser aumentada. Dessa maneira, a influência da diferença entre a magnitude na forma de onda de vibração e a magnitude no modelo de forma de onda de detonação no coeficiente de correlação K pode ser feita relativamente pequena. Consequentemente, a influência da diferença na magnitude pode ser restrita.

No caso onde a velocidade do motor NE é pequena, a quantidade de mudança do ângulo de manivela por segundo, por exemplo, é menor do que aquela no caso onde a velocidade do motor NE é grande. Ao contrário, o comprimento de tempo em que a vibração ocorre devido à detonação é substancialmente constante independente da velocidade do motor NE.

Desse modo, como mostrado na Figura 16, o intervalo do ângulo de manivela, em que a vibração devido à detonação é detectada, é mais curto no caso onde a velocidade do motor NE é pequena, do que aquele no caso onde a velocidade do motor NE é grande. Dessa maneira, na presente modalidade, o coeficiente de correlação K é calculado com base no valor determinado adicionando-se as diferenças entre as magnitudes respectivas na forma de onda de vibração e as magnitudes respectivas no modelo de forma de onda de detonação em um segmento de comparação que é determinado de modo que o segmento de comparação é menor à medida que a velocidade do motor NE é menor. Dessa maneira, do segmento em que a diferença entre a forma de onda de vibração e o modelo de forma de onda de detonação é usada, pode ser removido um segmento onde a vibração

devido à detonação é provável ocorrer.

Além do coeficiente de correlação K, a soma de magnitudes da forma de onda sintetizada da primeira para a terceira faixas de frequência A a C é usada para calcular a magnitude de detonação N (S116).

- 5 Quando o coeficiente de correlação K é maior do que o valor limite K (0) e a magnitude de detonação N é maior do que o valor limite V(J) (SIM na S118), é determinado que a detonação ocorreu (S120). Nesse caso, a sincronização de ignição é retardada (S122).

- 10 Ao contrário, quando o coeficiente de correlação K não é maior do que o valor limite K (0) ou a magnitude de detonação N não é maior do que o valor limite V(J) (NÃO na S118), é determinado que a detonação não ocorreu (S124). Nesse caso, a sincronização de ignição é avançada (S126).

- Como descrito acima, quando a velocidade do motor NE é menor do que o valor limite NE (1), a ECU do motor que é o dispositivo de de-
 15 terminação de detonação na presente modalidade usa a soma de valores, cada um determinado por subtração de um valor de referência positivo da magnitude no modelo de forma de onda de detonação, como área S do mo-
 delo de forma de onda de detonação, de modo a calcular o coeficiente de correlação K. Por conseguinte, a influência da própria magnitude do modelo
 20 de forma de onda de detonação no coeficiente de correlação K pode ser re-
 duzida. Dessa maneira, a influência da diferença entre a magnitude na forma de onda de vibração e a magnitude no modelo de forma de onda de detona-
 ção no coeficiente de correlação K pode ser feita relativamente grande. Este
 coeficiente de correlação K é usado para determinar se ocorreu ou não de-
 25 tonação. Dessa forma, pode ser determinado corretamente que a detonação
 não ocorreu, no caso onde é pequena a diferença entre magnitudes respec-
 tivas na forma de onda de vibração e o modelo de forma de onda indepen-
 dente do fato de que a detonação ocorreu. Ao contrário, no caso onde a ve-
 locidade do motor NE não é menor do que o valor limite NE (1), a totalidade
 30 de área S no modelo de forma de onda de detonação no segmento de com-
 paração é usada para calcular o coeficiente de correlação K. Por consequin-
 te, a influência da diferença entre as magnitudes respectivas na forma de

onda de vibração e no modelo de forma de onda de detonação no coeficiente de correlação K pode ser feita relativamente pequena. Dessa maneira, a influência da diferença entre as magnitudes respectivas na forma de onda de vibração e no modelo de forma de onda de detonação no coeficiente de correlação K pode ser restrita. Consequentemente, pode ser determinado se ocorreu ou não detonação.

Segunda Modalidade

No que segue, será descrita uma segunda modalidade da presente invenção. A presente modalidade difere da primeira modalidade acima descrita em que o valor de referência é ajustado com base em uma distribuição de frequência dos valores mínimos das formas de onda de vibração. Outras características, tais como a configuração do próprio motor 100, são idênticas às aquelas na primeira modalidade, e elas funcionam identicamente também. Desse modo, a sua descrição detalhada não será repetida aqui.

Com referência à Figura 17, será dada uma descrição das funções da ECU do motor 200 que é um dispositivo de determinação de detonação na presente modalidade. As funções descritas abaixo podem ser implementadas por software ou implementadas por hardware. As mesmas funções da presente modalidade e da primeira modalidade são denotadas pelo mesmo número. Por isso, a sua descrição detalhada não será repetida aqui.

Na presente modalidade, uma unidade de ajuste de valor de referência 262 ajusta o valor de referência com base na distribuição de frequência dos valores mínimos de magnitude nas formas de onda de vibração na quarta faixa de frequência D. Como mostrado na Figura 18, o valor de referência é ajustado ao valor determinado por adição do produto do desvio padrão dos valores mínimos e um coeficiente do mediano dos valores mínimos. O coeficiente é "2", por exemplo. Os valores mínimos usados para ajustar o valor de referência são, por exemplo, valores mínimos respectivos em 200 ciclos de ignição. Quando o valor de referência é ajustado, os valores mínimos sofrem uma transformação logarítmica a ser usada. Desse modo, o valor de referência que é ajustado usando-se a distribuição de frequência sofre uma transformação logarítmica a ser usada.

Com referência à Figura 19, será dada uma descrição de uma estrutura de controle de um programa executado pela ECU do motor 200 que é o dispositivo de determinação de detonação na presente modalidade. A mesma etapa de processo como aquela da primeira modalidade é denotada pelo mesmo número de etapa. Por isso, a sua descrição detalhada não será repetida aqui.

Na S200, a ECU do motor 200 ajusta o valor de referência para um valor determinado pela adição do produto do desvio padrão dos valores mínimos e um coeficiente para o mediano dos valores mínimos. Dessa forma, os efeitos similares àqueles da primeira modalidade podem ser alcançados também.

Terceira Modalidade

No que segue, será descrita uma terceira modalidade da presente invenção. A presente modalidade difere da segunda modalidade acima descrita em que o valor de referência é limitado a um valor predeterminado ou menos. Outras características, tais como a configuração do próprio motor 100, são idênticas àquelas na primeira modalidade acima descrita. Elas funcionam identicamente também. Por isso, a sua descrição detalhada não será repetida aqui.

Com referência à Figura 20, será dada uma descrição das funções da ECU do motor 200 que é um dispositivo de determinação de detonação na presente modalidade. As funções descritas abaixo podem ser implementadas por software ou implementadas por hardware. As mesmas funções da presente modalidade e a primeira ou segunda modalidade acima descrita são denotadas pelo mesmo número, e a sua descrição detalhada não será repetida aqui.

A ECU do motor 200 adicionalmente inclui uma unidade de limitação 264. A unidade de limitação 264 limita o valor de referência a um limite superior ou menos. O limite superior é, por exemplo, duas vezes tão grande como o mediano dos valores mínimos. O limite superior não é restrito a isso. Alternativamente, o limite superior pode ser ajustado a um valor constante.

Com referência à Figura 21, será dada uma descrição de uma

estrutura de controle de um programa executado pela ECU do motor 200 que é o dispositivo de determinação de detonação na presente modalidade. A mesma etapa de processo que aquela da primeira ou segunda modalidade acima descrita é denotada pelo mesmo número de etapa, e a sua descrição
5 detalhada não será repetida aqui.

Na S300, a ECU do motor 200 determina se o valor de referência é ou não igual a ou menor do que o limite superior. Quando o valor de referência é igual a ou menor do que o limite superior (SIM na S300), o processo procede para S114. De outro modo (NÃO na S300), o processo pro-
10 cede para a S302. Na S302, a ECU do motor 200 ajusta o valor de referência para o limite superior. Dessa forma, os efeitos similares àqueles da primeira modalidade acima descrita podem ser alcançados.

Quarta Modalidade

No que segue, será descrita a quarta modalidade da presente
15 invenção. A presente modalidade difere da primeira modalidade acima descrita em que o valor de referência é ajustado à média da magnitude mínima na forma de onda de vibração e a magnitude em um ângulo de manivela adjacente ao ângulo de manivela em que a magnitude mínima está presente na forma de onda de vibração. Outras características tais como a configuração
20 do próprio motor 100, são idênticas àquelas da primeira modalidade acima descrita. Elas também funcionam identicamente. Desse modo, a sua descrição detalhada não será repetida aqui.

Com referência à Figura 22, serão descritas as funções da ECU do motor 200 que é um dispositivo de determinação de detonação na pre-
25 sente invenção. As funções descritas abaixo podem ser implementadas por software ou implementadas por hardware. Qualquer função idêntica àquela da primeira modalidade acima descrita é denotada pelo mesmo número, e a sua descrição detalhada não será repetida aqui.

Na presente modalidade, uma unidade de ajuste do valor de re-
30 ferência 266 calcula, como mostrado na Figura 23, a média do valor mínimo de magnitude (valor integrado de 5°) na forma de onda de vibração na quarta faixa de frequência D e a magnitude em um ângulo de manivela adjacente

ao ângulo de manivela em que a magnitude tem um valor mínimo na forma de onda de vibração. Por exemplo, a média é calculada por divisão do valor integrado de 5° correspondendo ao ângulo de manivela de 15° por "3". Adicionalmente, a unidade de ajuste do valor de referência 266 ajusta o valor de referência à média calculada. O cálculo da média e o ajuste do valor de referência são executados em todo ciclo de ignição. Isto é, em uma pluralidade de ciclos de ignição, a média é calculada e o valor de referência é ajustado.

Com referência à Figura 24, será dada uma descrição de uma estrutura de controle de um programa executado pela ECU do motor 200 que é o dispositivo de determinação de detonação na presente modalidade. Qualquer etapa idêntica àquela da primeira modalidade acima descrita é denotada pelo mesmo número de etapa. Desse modo, a sua descrição detalhada não será repetida aqui.

Na S400, a ECU do motor 200 calcula a média do valor mínimo de magnitude (valor integrado de 5°) na forma de onda de vibração na quarta faixa de frequência D e a magnitude do ângulo de manivela adjacente ao ângulo de manivela em que a magnitude tem o valor mínimo na forma de onda de vibração. Na S402, a ECU do motor 200 ajusta o valor de referência à média calculada. Dessa forma, os efeitos similares àqueles da primeira modalidade acima descrita podem ser também alcançados.

Quinta Modalidade

No que segue, será descrita uma quinta modalidade da presente invenção. A presente modalidade difere da quarta modalidade acima descrita em que o valor de referência é ajustado com base na distribuição de frequência de médias da magnitude (valor integrado de 5°). Outras características tais como a configuração do próprio motor 100, são idênticas àquelas da primeira modalidade acima descrita. Funções respectivas são também idênticas. Dessa maneira, a sua descrição detalhada não será repetida aqui.

Com referência à Figura 25, será dada uma descrição das funções da ECU do motor 200 que é um dispositivo de determinação de detonação na presente modalidade. As funções descritas abaixo podem ser implementadas por software ou implementadas por hardware. Aqui, qualquer

função idêntica àquela da primeira ou quarta modalidade acima descrita é denotada pelo mesmo número. Dessa maneira, a sua descrição detalhada não será repetida aqui.

Na presente modalidade, uma unidade de ajuste de valor de referência 268 calcula a média do valor mínimo de magnitude (valor integrado de 5°) na forma de onda de vibração na quarta faixa de frequência D e a magnitude do ângulo de manivela adjacente ao ângulo de manivela em que a magnitude tem um valor mínimo na forma de onda de vibração. Adicionalmente, a unidade de ajuste de valor de referência 268 ajusta o valor de referência ao valor determinado por adição do produto do desvio padrão das médias calculadas e um coeficiente ao meio das médias calculadas. O coeficiente é "2" por exemplo. As médias usadas para ajustar o valor de referência referem-se às médias respectivas em 200 ciclos de ignição, por exemplo. Quando o valor de referência é ajustado, a média sofre uma transformação

15 logarítmica para ser usada. Desse modo, o valor de referência que é ajustado usando a distribuição de frequência sofre uma transformação logarítmica inversa a ser usada.

Com referência à Figura 27, será dada uma descrição de uma estrutura de controle de um programa executado pela ECU do motor 200 que é o dispositivo de determinação de detonação na presente modalidade. Aqui, as mesmas etapas do processo na presente modalidade e a primeira ou quarta modalidade acima descritas são denotadas pelo mesmo número de etapa. Desse modo, a sua descrição detalhada não será repetida aqui.

Na S500, a ECU do motor 200 ajusta o valor de referência ao valor determinado por adição do produto do desvio padrão das médias e um coeficiente ao mediano das médias. Dessa forma, os efeitos similares àqueles da primeira modalidade podem ser alcançados também.

Outras Modalidades

Um valor constante pode ser usado como o valor de referência.

30 Além disso, como mostrado na Figura 28, o segmento de comparação pode ser ajustado de modo que um ângulo de manivela em que a magnitude tem o valor máximo está fora do segmento de comparação.

Deve ser disposto que as modalidades acima descritas são a título de ilustração em todos os respeitos, não a título de limitação. É pretendido que o escopo da presente invenção seja definido pelas reivindicações, não pela descrição acima, e inclui todas as modificações e variações equivalentes em significado e escopo das reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo de determinação de detonação para um motor de combustão interna, compreendendo:

5 um sensor de posição de manivela (306) detectando um ângulo de manivela do dito motor de combustão interna (100);

um sensor de detonação (300) detectando uma magnitude de vibração do dito motor de combustão interna (100), a dita magnitude sendo associada com um ângulo de manivela, e

10 uma unidade de operação (200),
a dita unidade de operação (200) detectando uma forma de onda de vibração em um primeiro intervalo do ângulo de manivela, com base na magnitude de vibração do dito motor de combustão interna (100),

a dita unidade de operação (200) calculando um primeiro valor com base em uma diferença entre uma magnitude na dita forma de onda detectada e uma magnitude em um modelo de forma de onda determinado
15 em avanço como uma forma de onda de referência de vibração do dito motor de combustão interna (100), em um segundo intervalo do ângulo de manivela,

a dita unidade de operação (200) calculando um segundo valor,
20 a dita unidade de operação (200) calculando um terceiro valor com base no dito primeiro valor e o dito segundo valor, e

a dita unidade de operação (200) determinando se ocorreu ou não detonação no dito motor de combustão interna (100), com base no dito terceiro valor;

25 em que

a dita unidade de operação (200) calcula o dito primeiro valor pela soma de diferenças que são, cada uma, uma diferença entre a magnitude na dita forma de onda detectada e a magnitude no dito modelo de forma de onda, no dito segundo intervalo,

30 a dita unidade de operação (200) calcula o dito terceiro valor pela divisão do dito primeiro valor pelo dito segundo valor, e

em um caso onde o dito terceiro valor é menor do que um valor

predeterminado, a dita unidade de operação (200) determina que ocorreu a detonação no dito motor de combustão interna (100).

caracterizado pelo fato de:

5 a dita unidade de operação (200) calcular um segundo valor de modo que o segundo valor é menor à medida que o número de revoluções de um eixo de saída do dito motor de combustão interna (100) é menor, em um caso onde o número de revoluções do eixo de saída do dito motor de combustão interna (100) é um primeiro número de revoluções, a dita unidade de operação (200) calcula o dito segundo valor pela soma de
10 valores, cada um determinado pela subtração de um valor de referência positivo da magnitude no dito modelo de forma de onda, no dito segundo intervalo e, em um caso onde o número de revoluções do eixo de saída no dito motor de combustão interna (100) é um segundo número de revoluções maior do que o dito primeiro número de revoluções, a dita unidade de operação
15 ção (200) calcula o dito segundo valor pela soma de magnitudes no dito modelo de forma de onda no dito segundo intervalo.

2. Dispositivo de determinação de detonação para o motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que**

20 a dita unidade de operação (200) ajusta o dito segundo intervalo de modo que o dito segundo intervalo é menor à medida que o número de revoluções do eixo de saída do dito motor de combustão interna (100) é menor.

3. Dispositivo de determinação de detonação para o motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que**

a dita unidade de operação (200) detecta um valor mínimo de magnitude na dita forma de onda detectada, e

30 a dita unidade de operação (200) envia o dito valor de referência ao valor mínimo de magnitude na dita forma de onda detectada.

4. Dispositivo de determinação de detonação para o motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo**

fato de que

a dita unidade de operação (200) detecta valores mínimos respectivos de magnitude em uma pluralidade de ciclos de ignição, os ditos valores mínimos são, cada um, um valor mínimo de magnitude na dita forma de onda detectada, e

a dita unidade de operação (200) ajusta o dito valor de referência para um valor determinado pela adição de um produto de um desvio padrão dos ditos valores mínimos e um coeficiente para um mediano dos ditos valores mínimos.

5. Dispositivo de determinação de detonação para o motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pelo fato de que**

a dita unidade de operação (200) limita o dito valor de referência para não mais do que um valor predeterminado.

6. Dispositivo de determinação de detonação para o motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que**

a dita unidade de operação (200) calcula uma média de um valor mínimo de magnitude na dita forma de onda detectada em um ângulo de manivela adjacente a um ângulo de manivela no qual o dito valor mínimo de magnitude está presente na dita forma de onda detectada, e

a dita unidade de operação (200) ajusta o dito valor de referência à dita média.

7. Dispositivo de determinação de detonação para o motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que**

a dita unidade de operação (200) calcula médias respectivas em uma pluralidade de ciclos de ignição, as ditas médias são, cada uma, uma média de um valor mínimo de magnitude na dita forma de onda detectada e uma magnitude em um ângulo de manivela adjacente a um ângulo de manivela em que o dito valor mínimo de magnitude está presente na dita forma de onda detectada, e

a dita unidade de operação (200) ajusta o dito valor de referência a um valor determinado por adição de um produto de um desvio padrão das ditas médias e um coeficiente para um mediano das ditas médias.

8. Dispositivo de determinação de detonação para o motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que**

o dito valor de referência é um valor constante.

9. Método para operar o dispositivo de determinação de detonação para o motor de combustão interna definido na reivindicação 1, compreendendo as etapas de:

detectar um ângulo de manivela do dito motor de combustão interna (100);

detectar uma magnitude de vibração do dito motor de combustão interna (100), a dita magnitude sendo associada com um ângulo de manivela;

detectar uma forma de onda de vibração em um primeiro intervalo de ângulo de manivela, com base na magnitude de vibração do dito motor de combustão interna (100);

calcular um primeiro valor com base em uma diferença entre uma magnitude na dita forma de onda detectada e uma magnitude em um modelo de forma de onda determinado com antecedência como uma forma de onda de vibração de referência do dito motor de combustão interna (100), em um segundo intervalo do ângulo de manivela;

calcular um segundo valor;

calcular um terceiro valor com base no dito primeiro valor e no dito segundo valor; e

determinar se ocorreu ou não detonação no dito motor de combustão interna (100), com base no dito terceiro valor;

em que:

a dita etapa de calcular o primeiro valor inclui a etapa de calcular o dito primeiro valor pela soma de diferenças que são, cada uma, uma diferença entre a magnitude na dita forma de onda detectada e a magnitude no

dito modelo de forma de onda, no dito segundo intervalo,

a dita etapa de calcular o terceiro valor inclui a etapa de calcular o dito terceiro valor pela divisão do dito primeiro valor pelo dito segundo valor, e

- 5 a dita etapa de determinar se ocorreu ou não detonação inclui a etapa de determinar que ocorreu a detonação no dito motor de combustão interna (100) em um caso onde o dito terceiro valor é menor do que um valor predeterminado,

caracterizado por:

- 10 calcular um segundo valor de modo que o segundo valor é menor à medida que o número de revoluções de um eixo de saída do dito motor de combustão interna (100) é menor,

em que o dito passo para calcular o segundo valor inclui a etapa de:

- 15 calcular o dito segundo valor pela soma de valores, cada um determinado pela subtração de um valor de referência positivo da magnitude no dito modelo de forma de onda no dito segundo intervalo, em um caso onde o número de revoluções do eixo de saída do dito motor de combustão interna (100) é um primeiro número de revoluções, e calcular o dito segundo
- 20 valor pela soma de magnitudes no dito modelo de forma de onda no dito segundo intervalo, em um caso onde o número de revoluções do eixo de saída do dito motor de combustão interna (100) é um segundo número de revoluções maior do que o dito primeiro número de revoluções.

- 25 10. Método de determinação de detonação para o motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado pelo fato de** compreender adicionalmente a etapa de ajustar o dito segundo intervalo de modo que o dito segundo intervalo é menor à medida que o número de revoluções de um eixo de saída do dito motor de combustão interna (100) é menor.

- 30 11. Método de determinação de detonação para o motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado pelo fato de** compreender adicionalmente as etapas de:

detectar um valor mínimo de magnitude na dita forma de onda detectada; e

ajustar o dito valor de referência ao valor mínimo de magnitude na dita forma de onda detectada.

5 12. Método de determinação de detonação para o motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado pelo fato de** compreender adicionalmente as etapas de:

detectar valores mínimos respectivos de magnitude em uma pluralidade de ciclos de ignição, os ditos valores mínimos são, cada um, um
10 valor mínimo de magnitude na dita forma de onda detectada; e

ajustar o dito valor de referência a um valor determinado por adição de um produto de um desvio padrão de ditos valores mínimos e um coeficiente para um mediano de ditos valores mínimos.

13. Método de determinação de detonação para o motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado pelo fato de** compreender adicionalmente a etapa de limitar o dito valor de referência para não mais do que um valor predeterminado.
15

14. Método de determinação de detonação para o motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado pelo fato de** compreender adicionalmente as etapas de:
20

calcular uma média de um valor mínimo de magnitude na dita forma de onda detectada e uma magnitude em um ângulo de manivela adjacente a um ângulo de manivela em que o dito valor mínimo de magnitude está presente na dita forma de onda detectada; e

25 ajustar o dito valor de referência à dita média.

15. Método de determinação de detonação para o motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado pelo fato de** compreender adicionalmente as etapas de:

calcular médias respectivas em uma pluralidade de ciclos de ignição, as ditas médias são, cada uma, uma média de um valor mínimo de magnitude na dita forma de onda detectada e uma magnitude em um ângulo de manivela adjacente a um ângulo de manivela em que o dito valor mínimo
30

de magnitude está presente na dita forma de onda detectada; e

ajustar o dito valor de referência a um valor determinado por adição de um produto de um desvio padrão das ditas médias em um coeficiente para um mediano das ditas médias.

5 16. Método de determinação de detonação para o motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado pelo fato de que**

o dito valor de referência é um valor constante.

10 17. Dispositivo de determinação de detonação para o motor de combustão interna, compreendendo:

dispositivo (306) para detectar um ângulo de manivela do dito motor de combustão interna (100);

15 dispositivo (300) para detectar uma magnitude de vibração do dito motor de combustão interna (100), a dita magnitude sendo associada com um ângulo de manivela;

dispositivo (200) para detectar uma forma de onda de vibração em um primeiro intervalo do ângulo de manivela, com base na magnitude de vibração do dito motor de combustão interna (100);

20 primeiro dispositivo de cálculo (200) para calcular um primeiro valor com base em uma diferença entre uma magnitude na dita forma de onda detectada e uma magnitude em um modelo de forma de onda determinado com antecedência como uma forma de onda de vibração de referência do dito motor de combustão interna (100), em um segundo intervalo do ângulo de manivela;

25 segundo dispositivo de cálculo (200) para calcular um segundo valor;

terceiro dispositivo de cálculo (200) para calcular um terceiro valor com base no dito primeiro valor e no dito segundo valor; e

30 dispositivo de determinação (200) para determinar se ocorreu ou não detonação no dito motor de combustão interna (100), com base no dito terceiro valor.

em que:

o dito primeiro dispositivo de cálculo (200) inclui dispositivo para calcular o dito primeiro valor pela soma de diferenças que são, cada uma, uma diferença entre a magnitude na forma de onda detectada e a magnitude no dito modelo de forma de onda, no dito segundo intervalo,

5 o dito terceiro dispositivo de cálculo (200) inclui dispositivo para calcular o dito terceiro valor pela divisão do dito primeiro valor pelo dito segundo valor, e

o dito dispositivo de determinação (200) inclui dispositivo para determinar que ocorreu detonação no dito motor de combustão interna (100),
10 em um caso onde o dito terceiro valor é menor do que um valor predeterminado,

caracterizado pelo fato de:

o dito segundo dispositivo de cálculo (200) incluir dispositivo adaptado para calcular um segundo valor de modo que o segundo valor é
15 menor à medida que o número de revoluções de um eixo de saída do dito motor de combustão interna (100) é menor,

em que o dito segundo dispositivo de cálculo (200) inclui dispositivo para calcular o dito segundo valor pela soma de valores, cada um determinado pela subtração de um valor de referência positivo da magnitude
20 no dito modelo de forma de onda no dito segundo intervalo, em um caso onde o número de revoluções do eixo de saída do dito motor de combustão interna (100) é menor do que um primeiro número de revoluções, e calcular o dito segundo valor pela soma de magnitudes no dito modelo de forma de onda no dito segundo intervalo, em um caso onde o número de revoluções
25 do eixo de saída do dito motor de combustão interna (100) é um segundo número de revoluções maior do que o dito primeiro número de revoluções.

18. Dispositivo de determinação de detonação para o motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 17, **caracterizado pelo fato de** compreender adicionalmente dispositivo (200) para ajustar o dito
30 segundo intervalo de modo que o dito segundo intervalo é menor à medida que o número de revoluções de um eixo de saída do dito motor de combustão interna (100) é menor.

19. Dispositivo de determinação de detonação para o motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 17, **caracterizado pelo fato de** compreender adicionalmente:

5 dispositivo (200) para detectar um valor mínimo de magnitude na dita forma de onda detectada; e

 dispositivo (200) para ajustar o dito valor de referência ao valor mínimo de magnitude na dita forma de onda detectada.

20. Dispositivo de determinação de detonação para o motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 17, **caracterizado pelo**
10 **fato de** compreender adicionalmente:

 dispositivo (200) para detectar valores mínimos respectivos de magnitude em uma pluralidade de ciclos de ignição, os ditos valores mínimos são, cada um, um valor mínimo de magnitude na dita forma de onda detectada; e

15 dispositivo (200) para ajustar o dito valor de referência a um valor determinado por adição de um produto de um desvio padrão de ditos valores mínimos e um coeficiente para um mediano de ditos valores mínimos.

21. Dispositivo de determinação de detonação para o motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 20, **caracterizado pelo**
20 **fato de** compreender adicionalmente dispositivo (200) para limitar o dito valor de referência para não mais do que um valor predeterminado.

22. Dispositivo de determinação de detonação para o motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 17, **caracterizado pelo fato de** compreender adicionalmente:

25 dispositivo (200) para calcular uma média de um valor mínimo de magnitude na dita forma de onda detectada e uma magnitude em um ângulo de manivela adjacente a um ângulo de manivela em que o dito valor mínimo de magnitude está presente na dita forma de onda detectada; e

 dispositivo (200) para ajustar o dito valor de referência à dita
30 média.

23. Dispositivo de determinação de detonação para o motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 17, **caracterizado pelo**

fato de compreender adicionalmente:

dispositivo (200) para calcular médias respectivas em uma pluralidade de ciclos de ignição, as ditas médias são, cada uma, uma média de um valor mínimo de magnitude na dita forma de onda detectada e uma magnitude em um ângulo de manivela adjacente a um ângulo de manivela em que o dito valor mínimo de magnitude está presente na dita forma de onda detectada; e

dispositivo (200) para ajustar o dito valor de referência para um valor determinado por adição de um produto de um desvio padrão de ditas médias e um coeficiente para um mediano de ditas médias.

24. Dispositivo de determinação de detonação para o motor de combustão interna de acordo com a reivindicação 17, **caracterizado pelo fato de** que o dito valor de referência é um valor constante.

FIG. 1

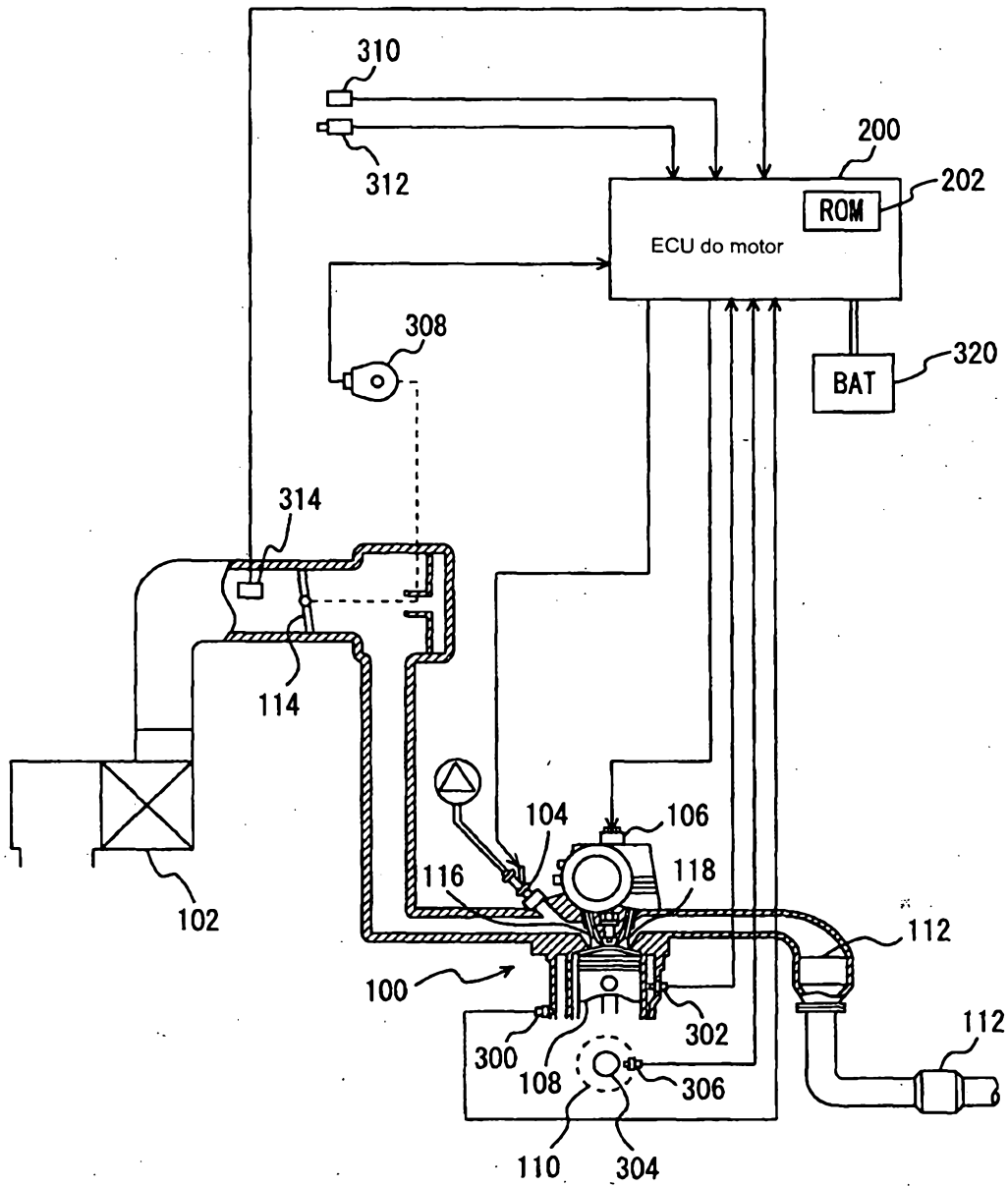


FIG. 2

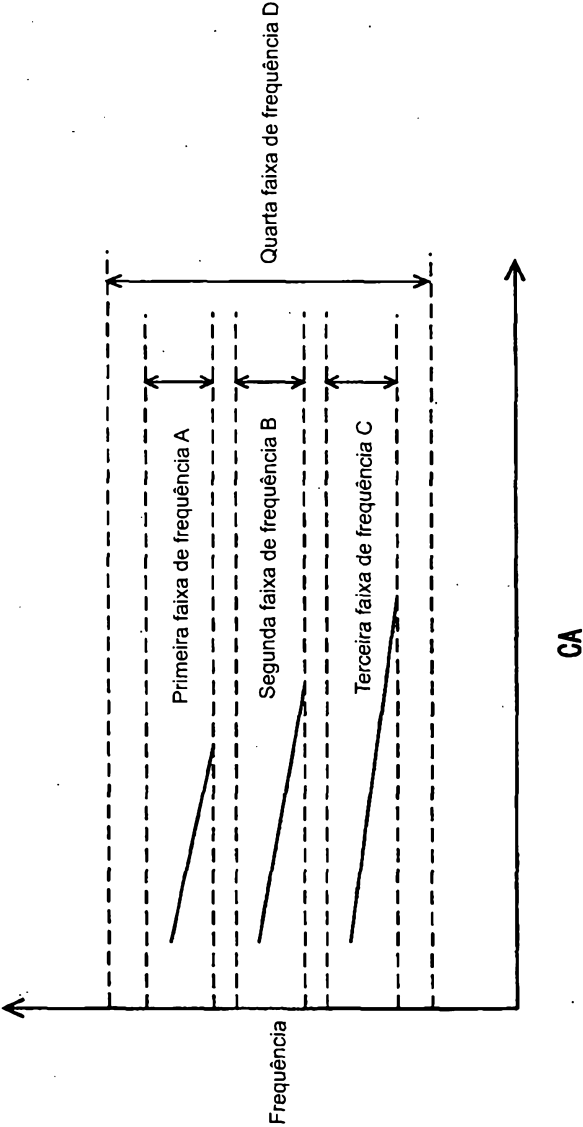


FIG. 3

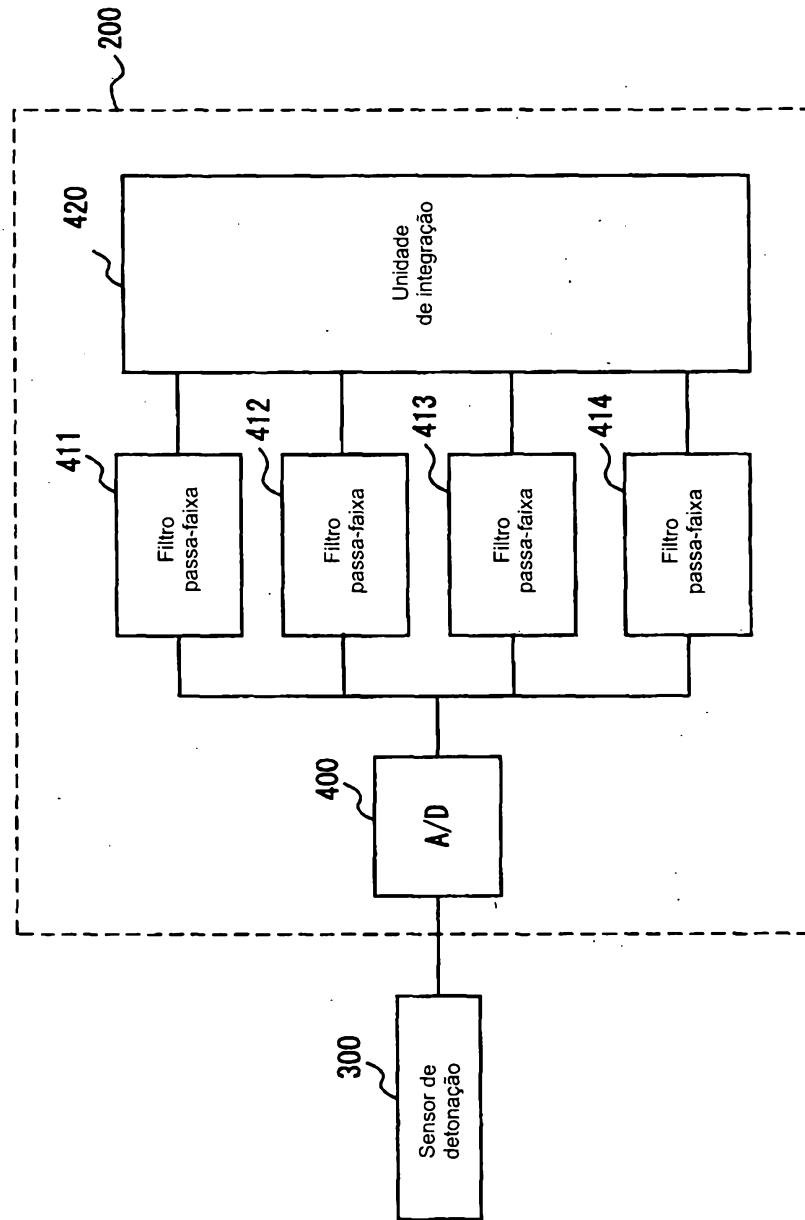


FIG. 4

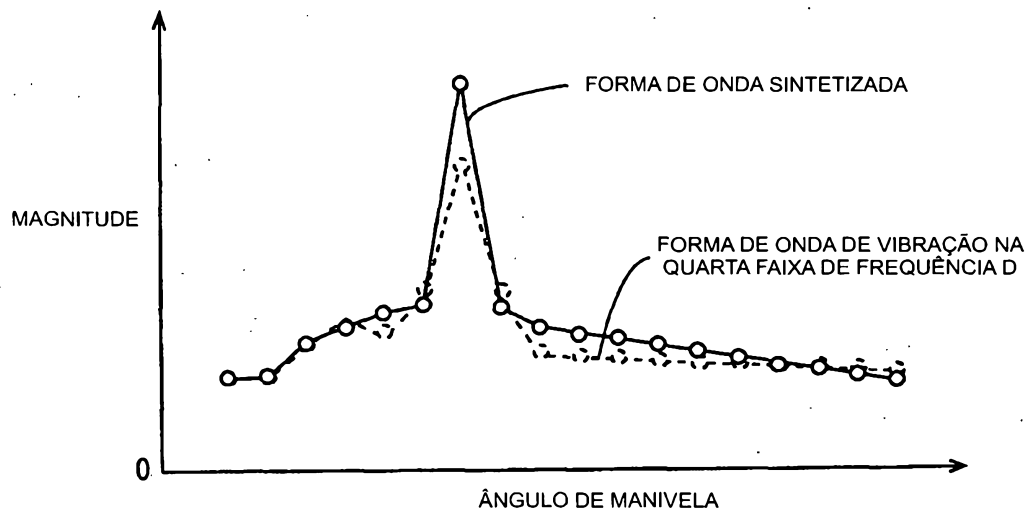


FIG. 5

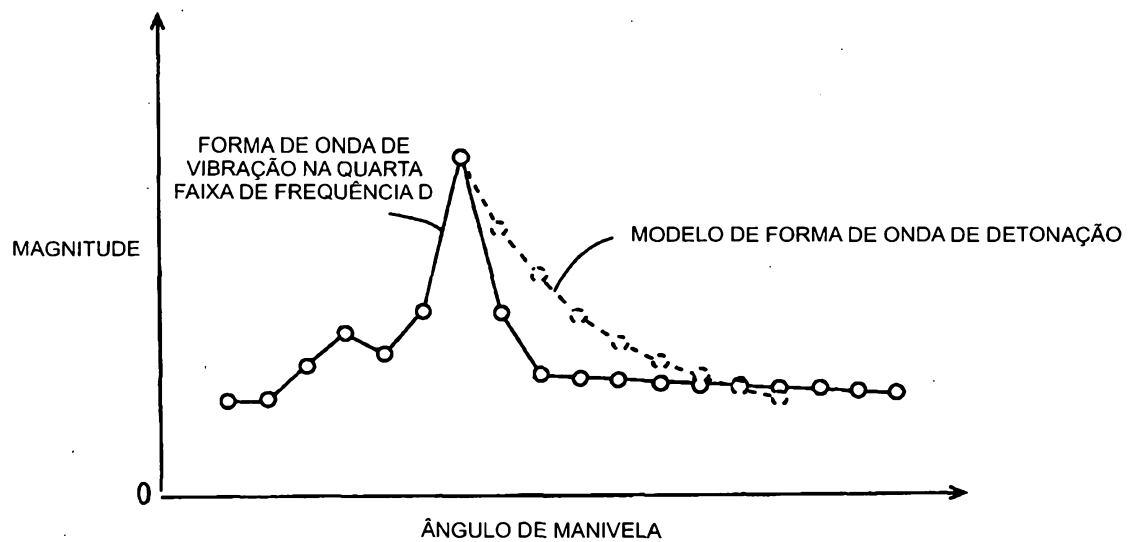


FIG. 6

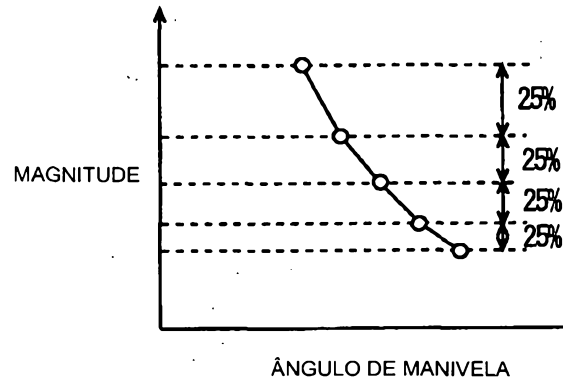


FIG. 7

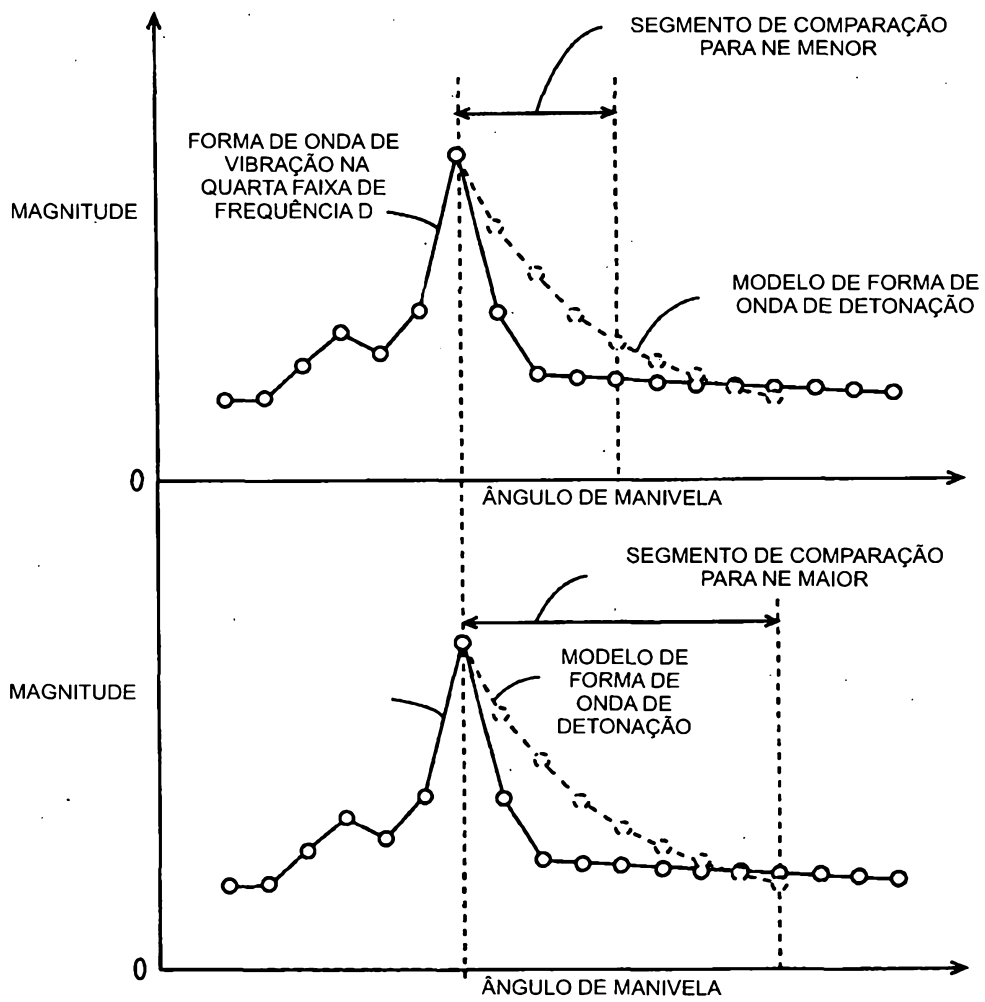


FIG. 8

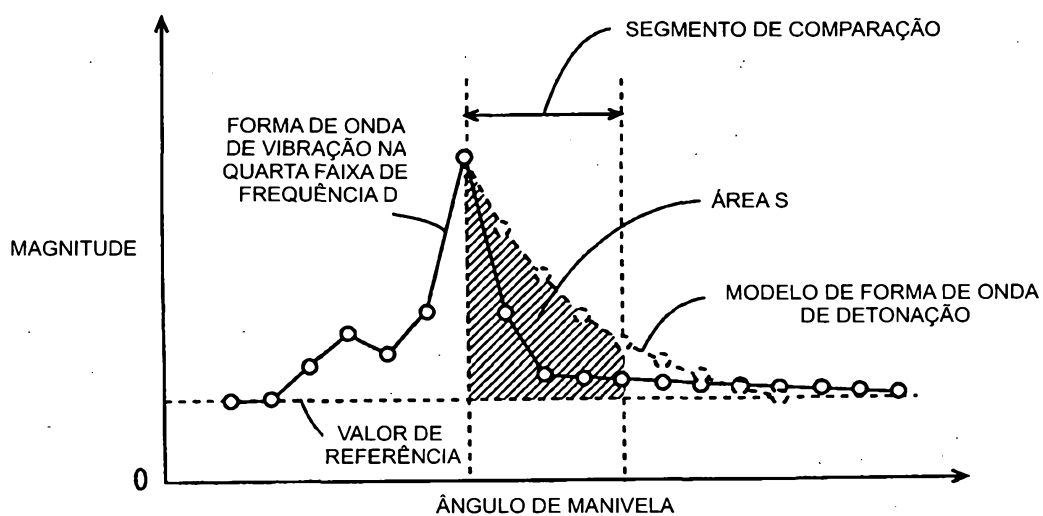


FIG. 9

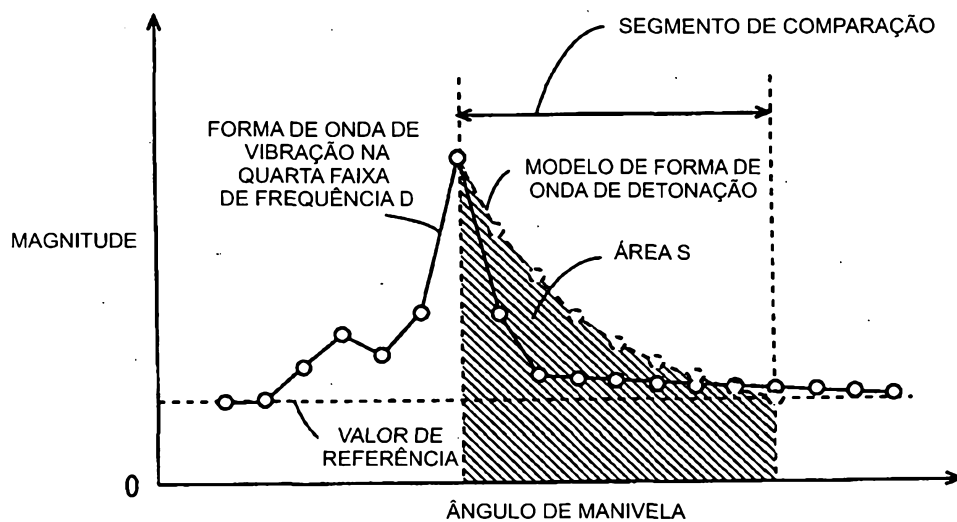


FIG. 10

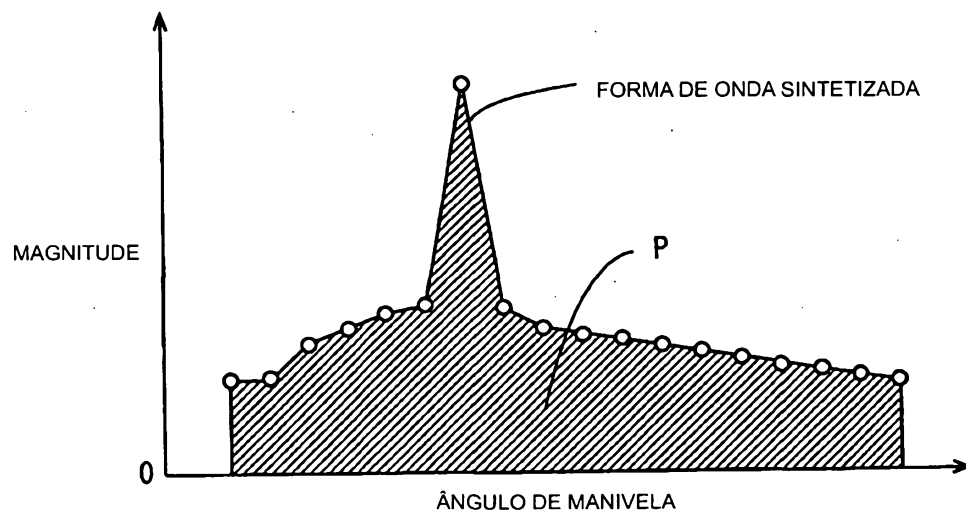


FIG. 11

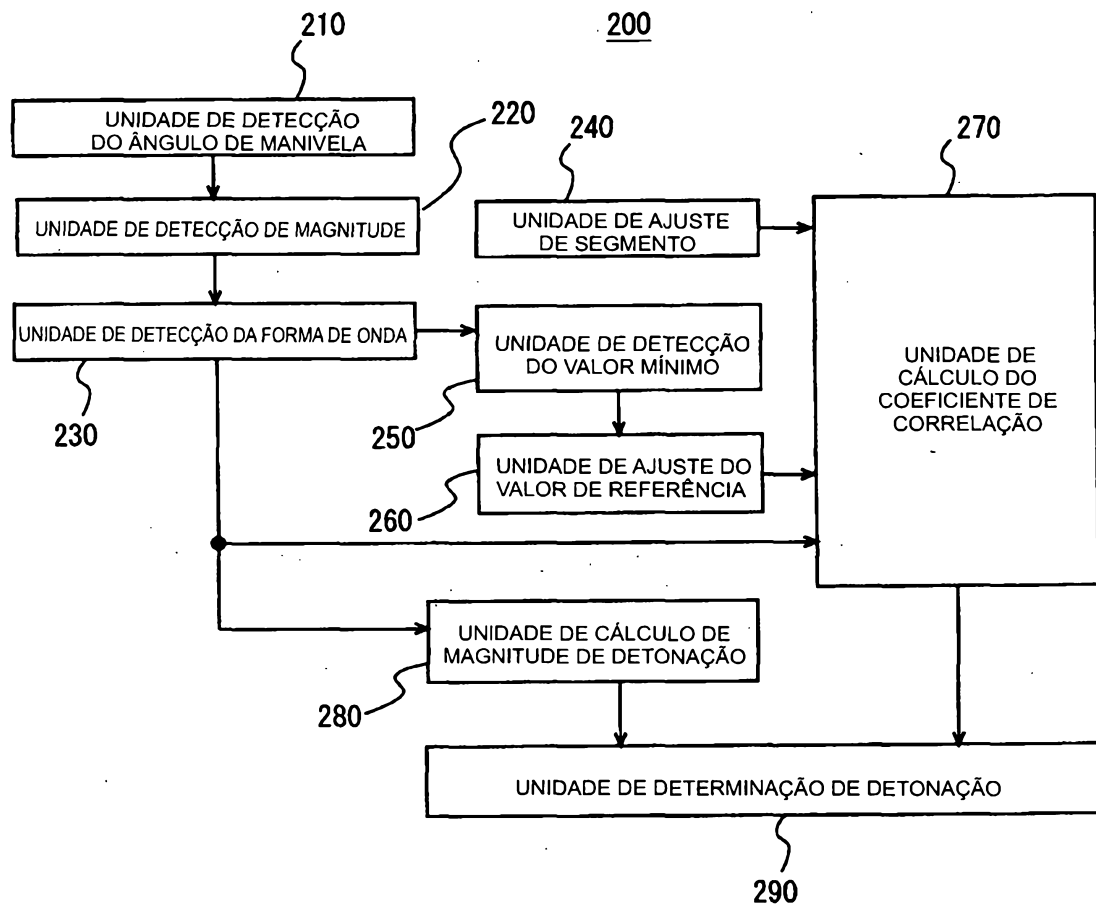


FIG. 12

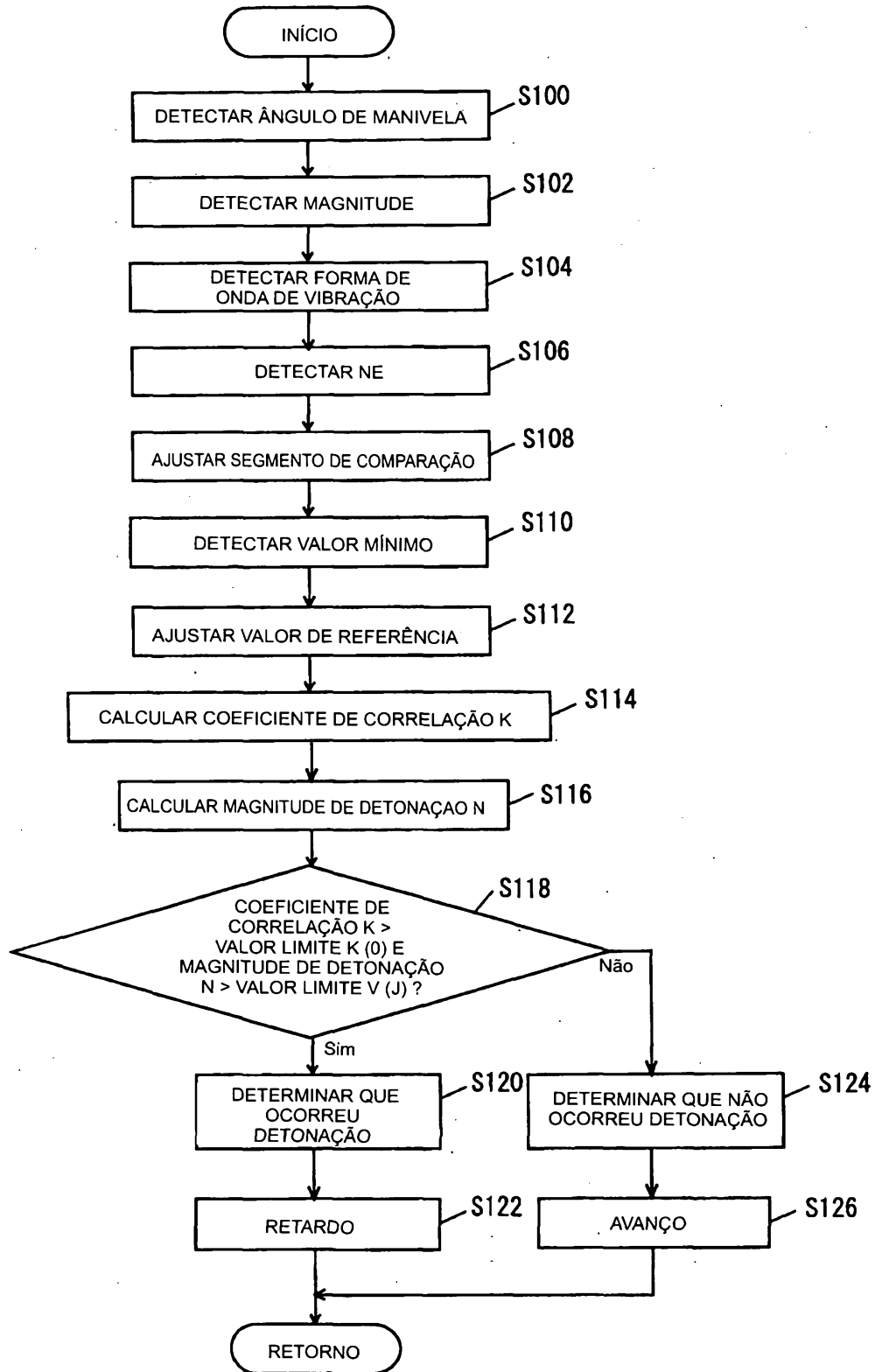


FIG. 13

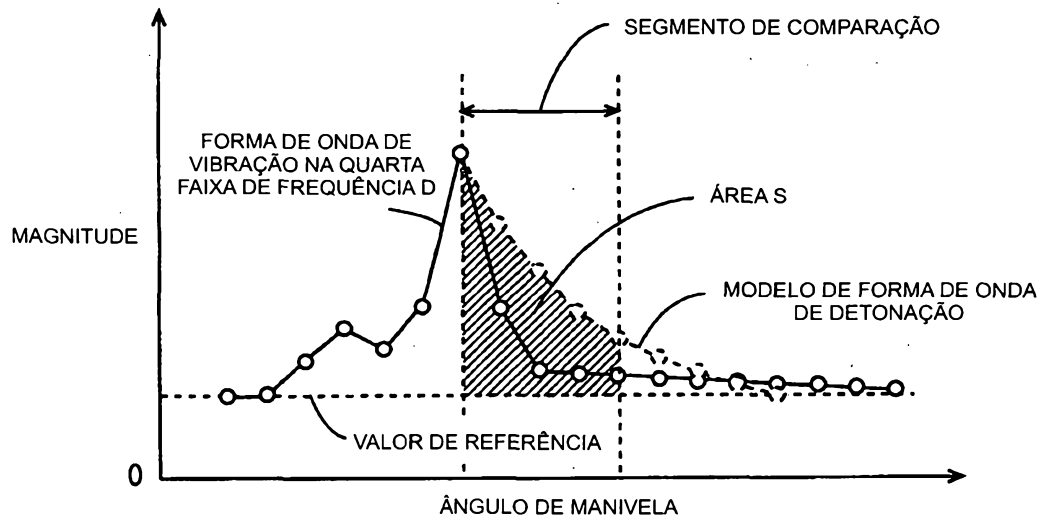


FIG. 14

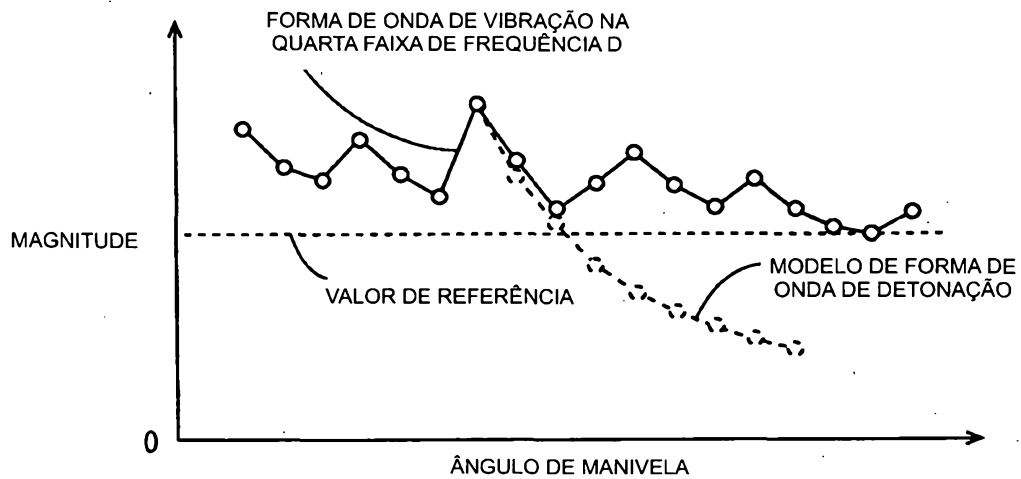


FIG. 15

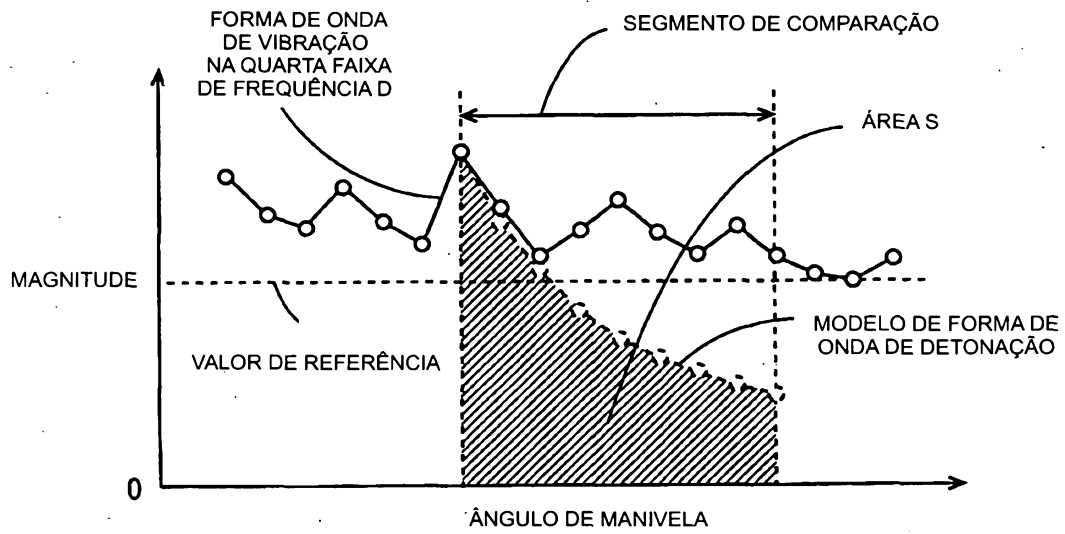


FIG. 16

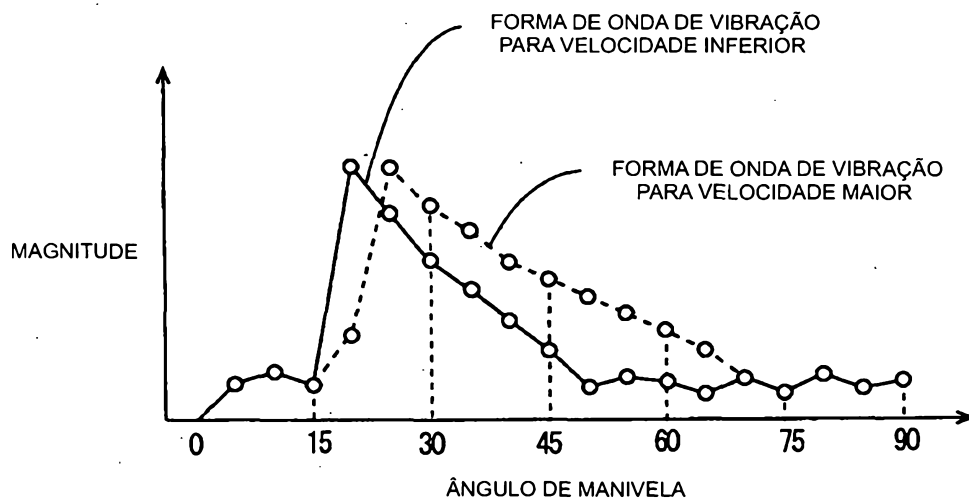


FIG. 17

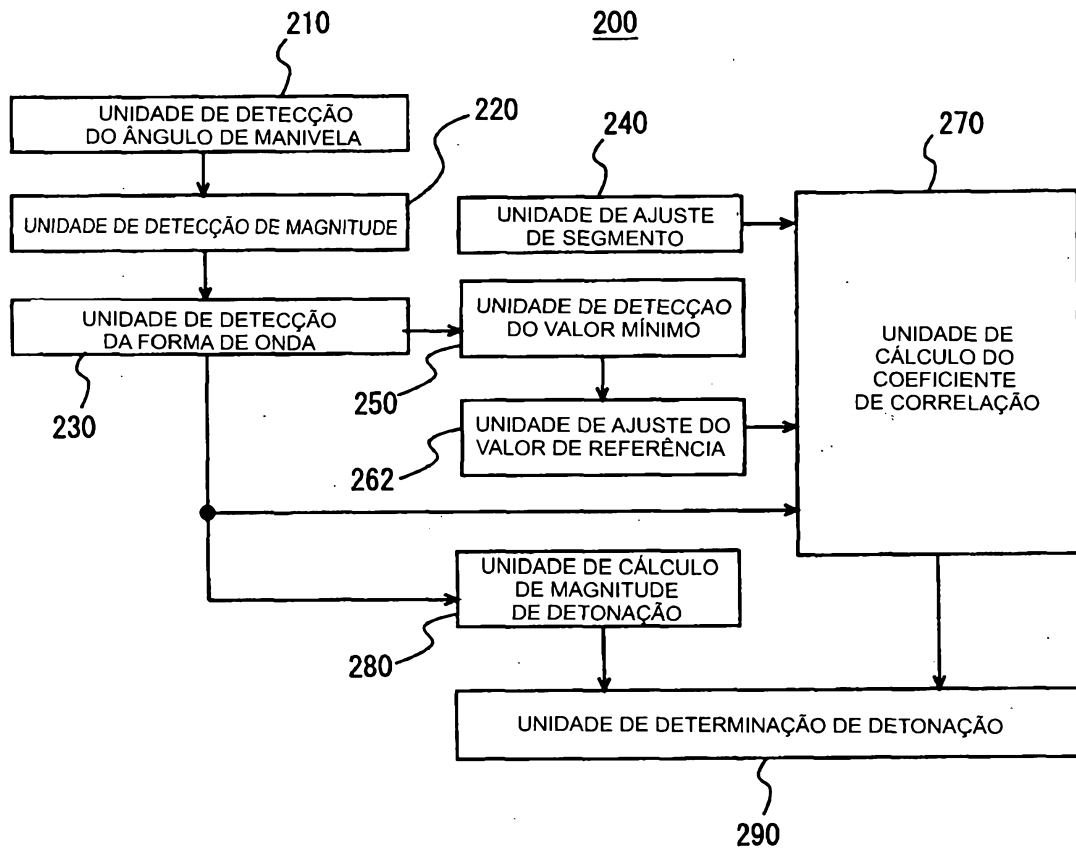


FIG. 18

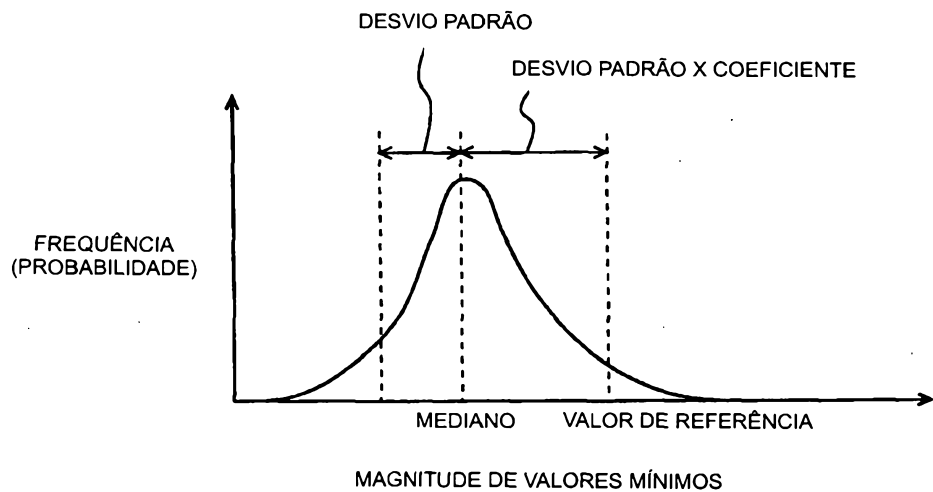


FIG. 19

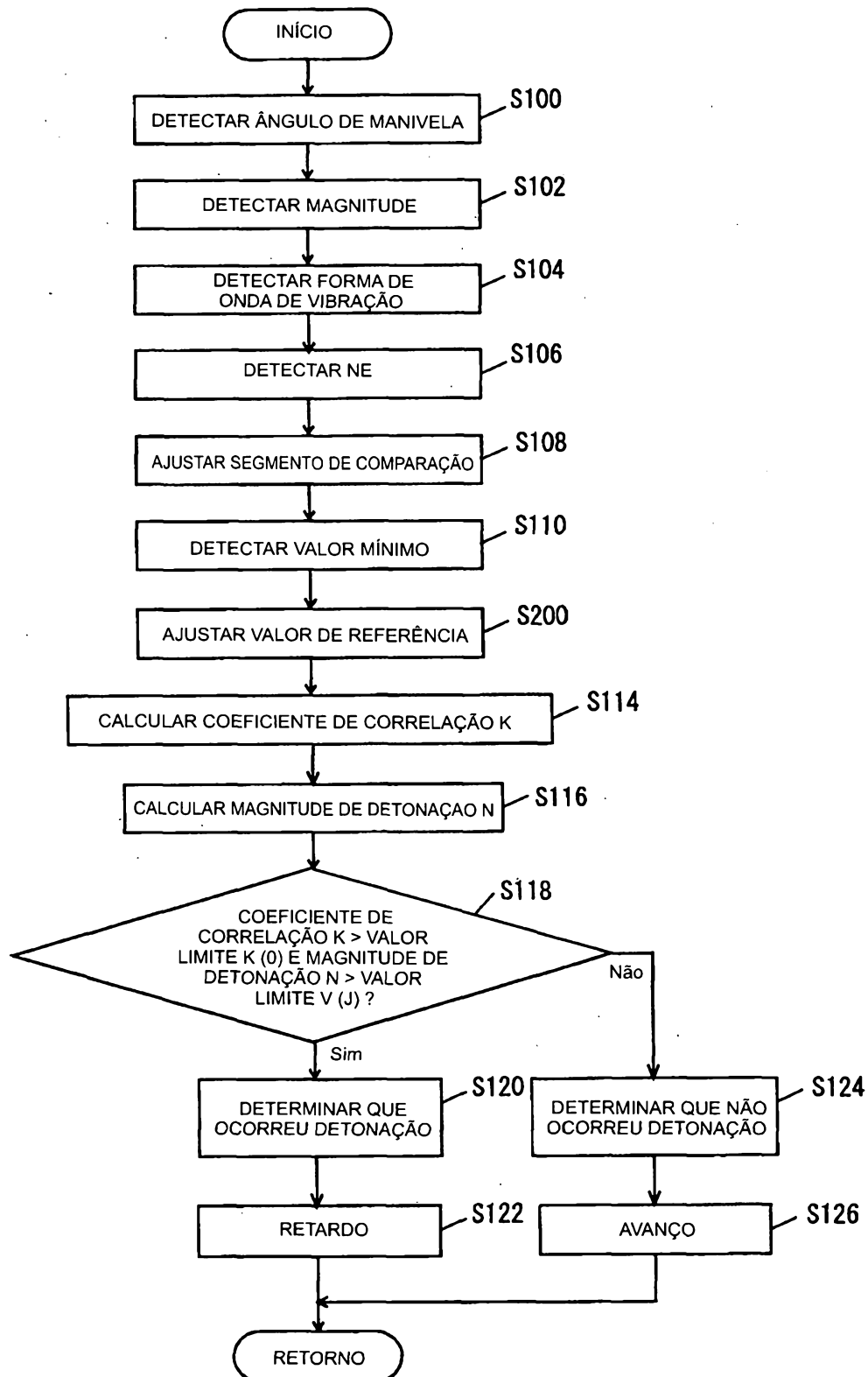


FIG. 20

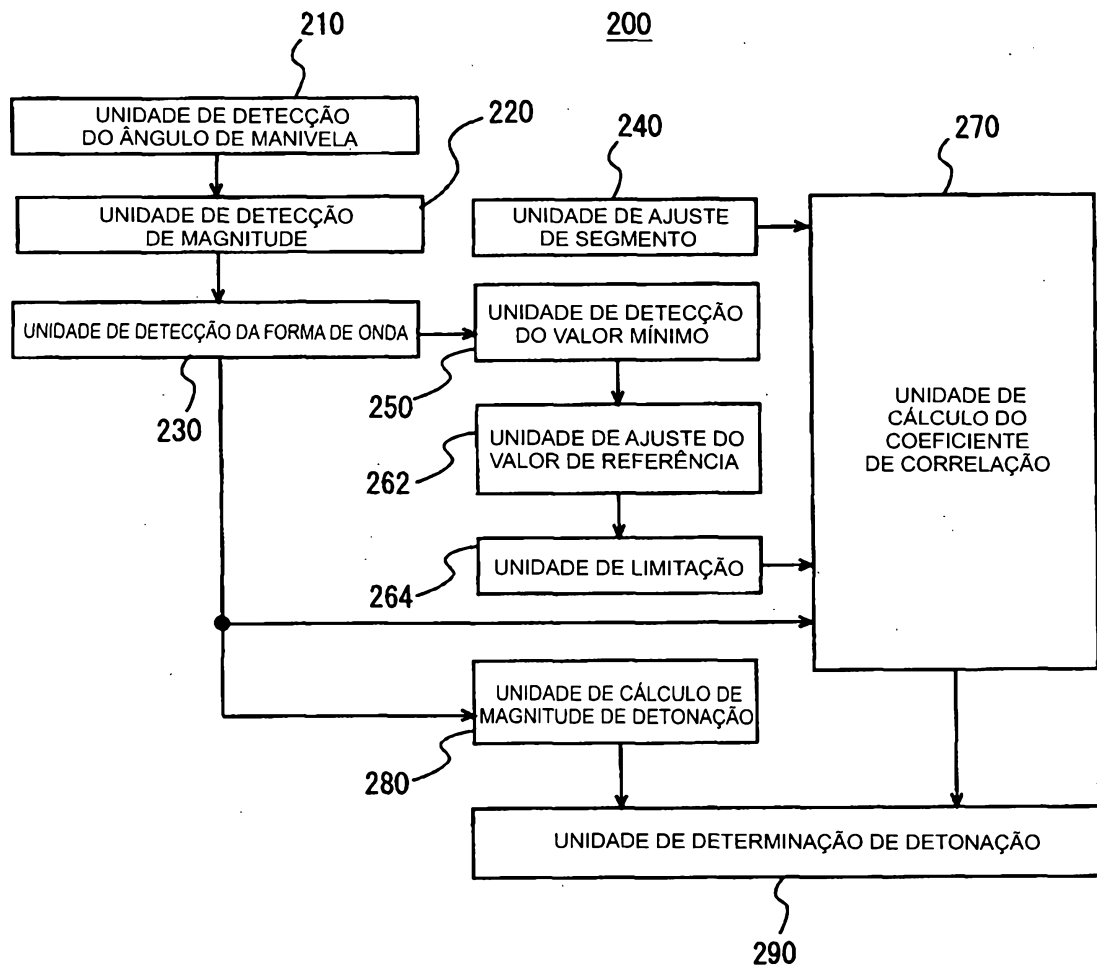


FIG. 21

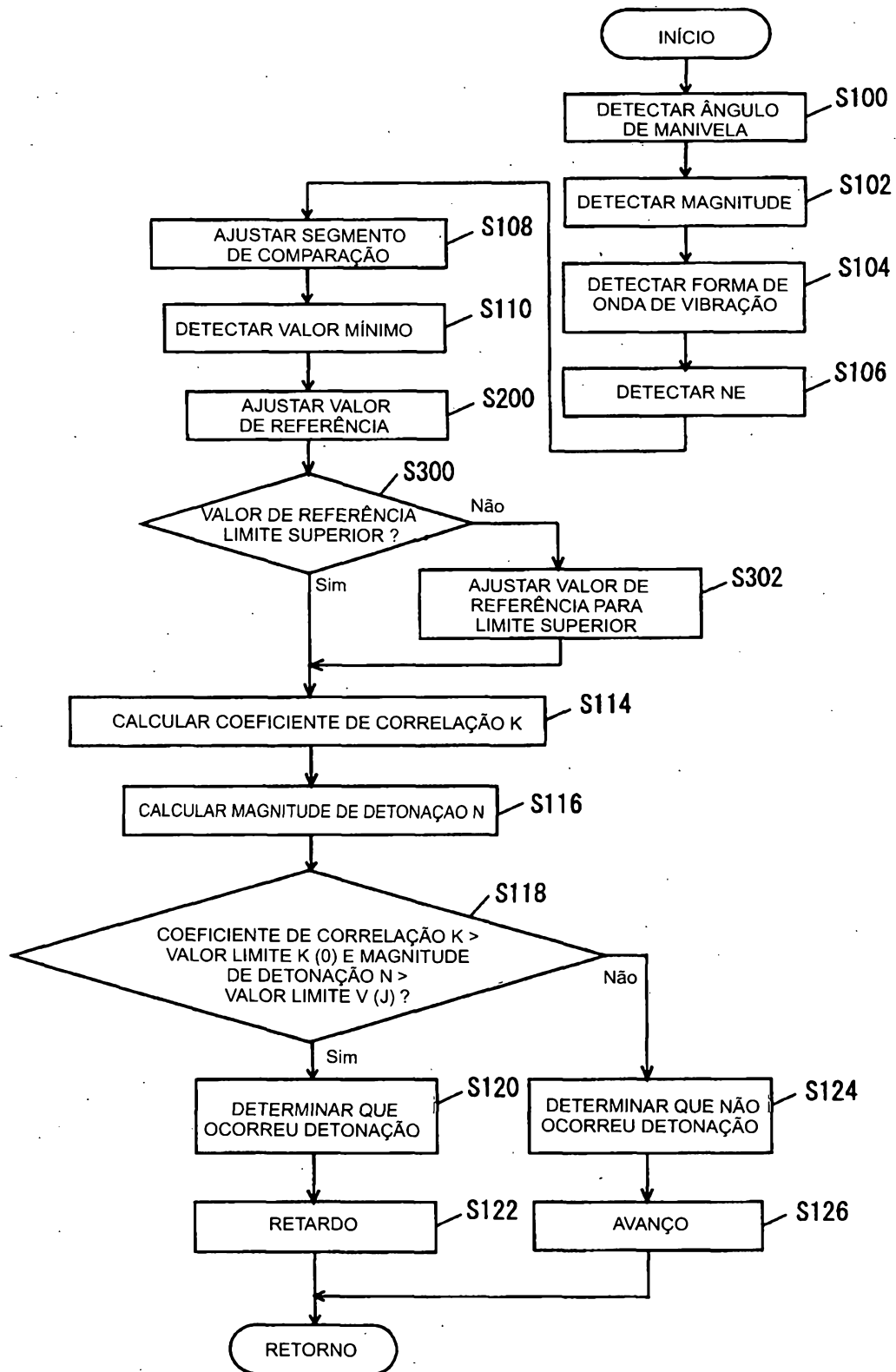


FIG. 22

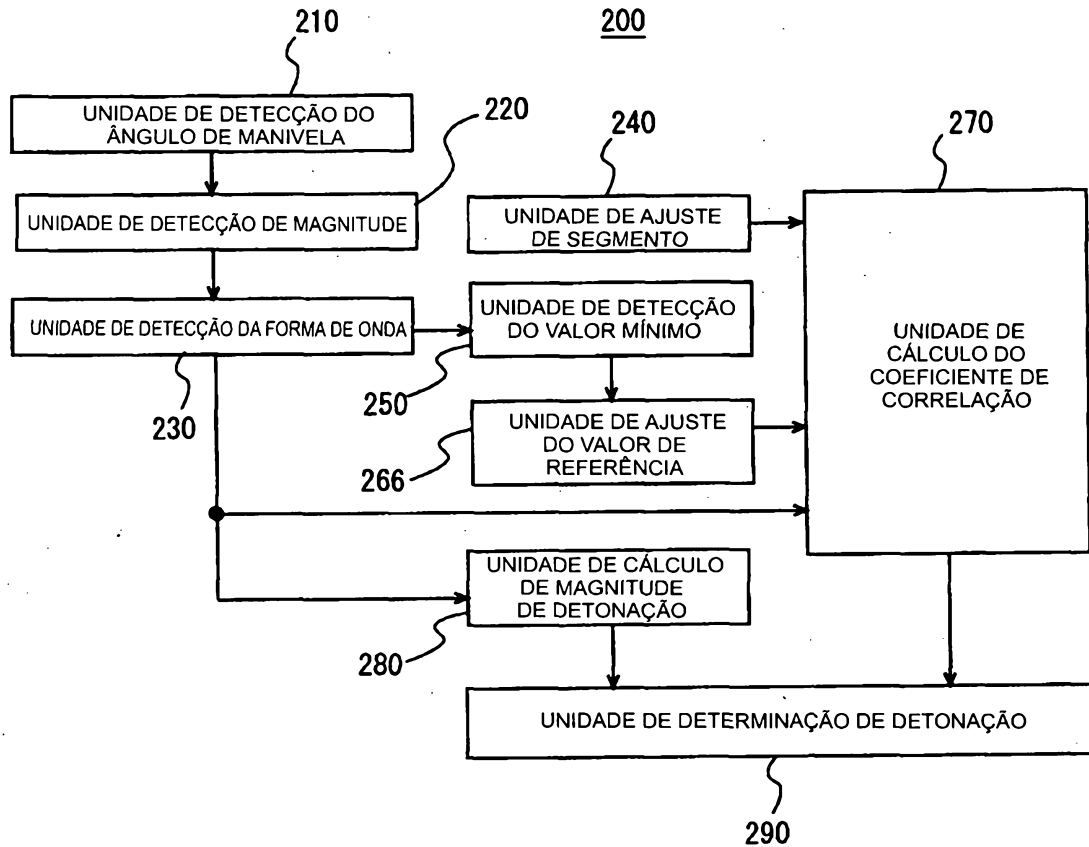


FIG. 23

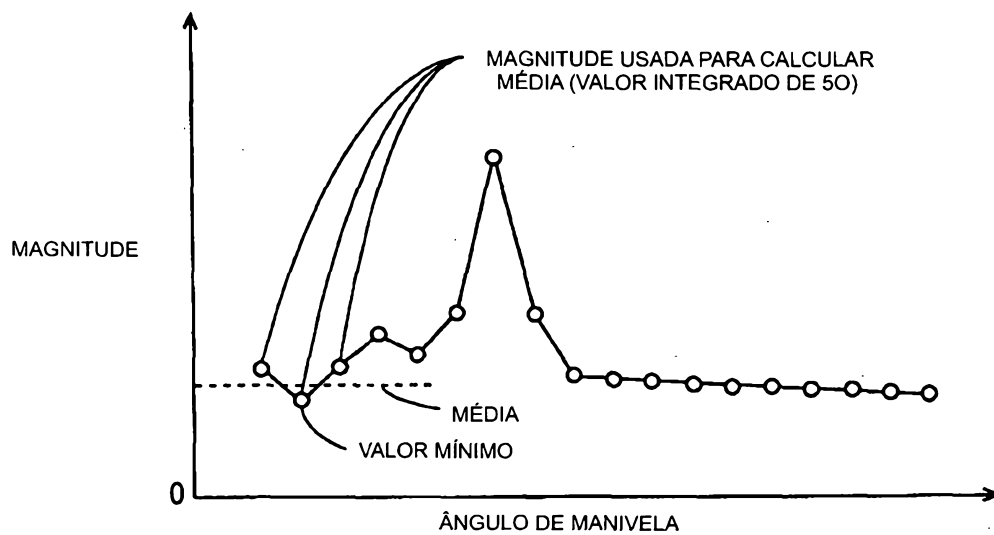


FIG. 24

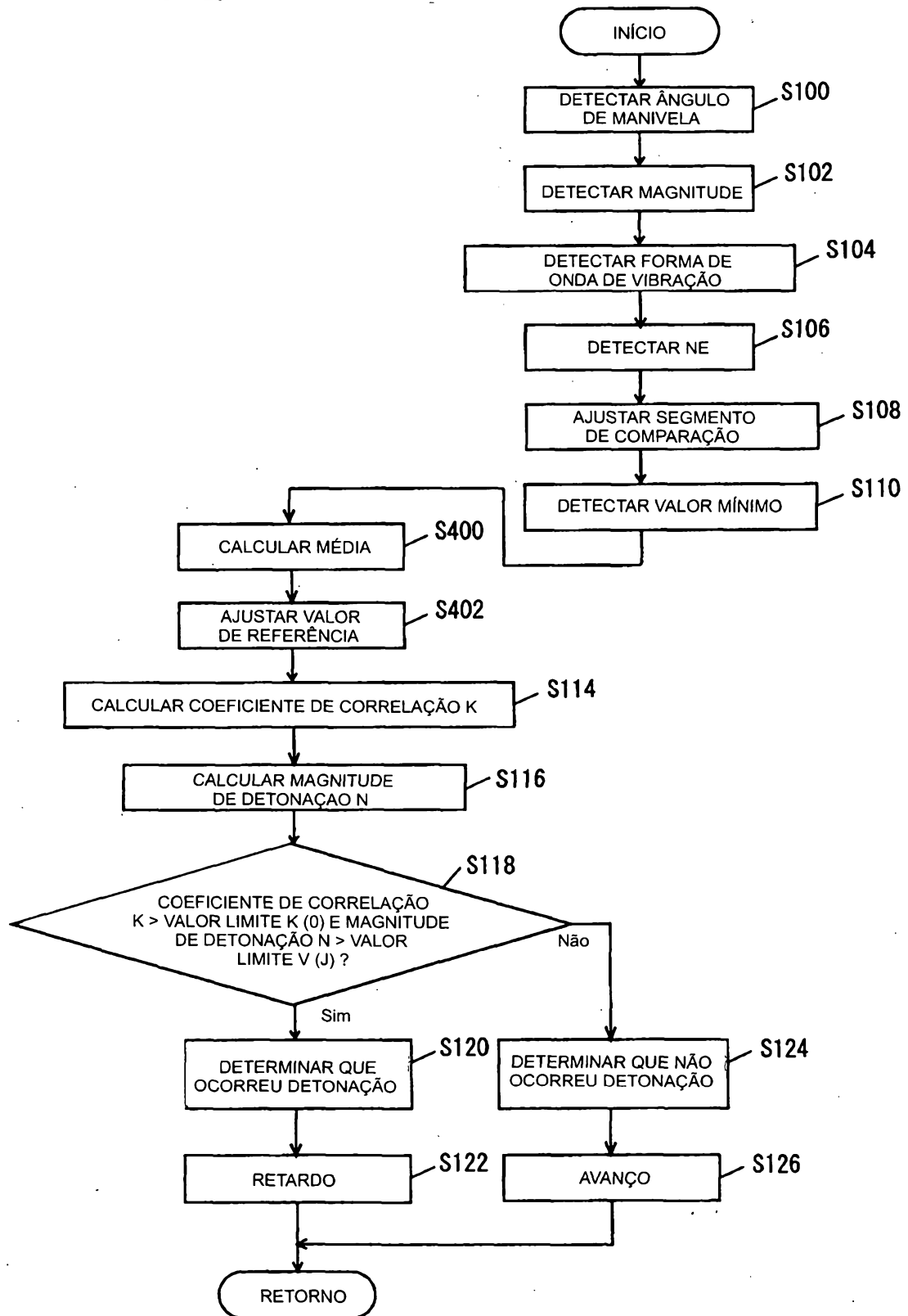


FIG. 25

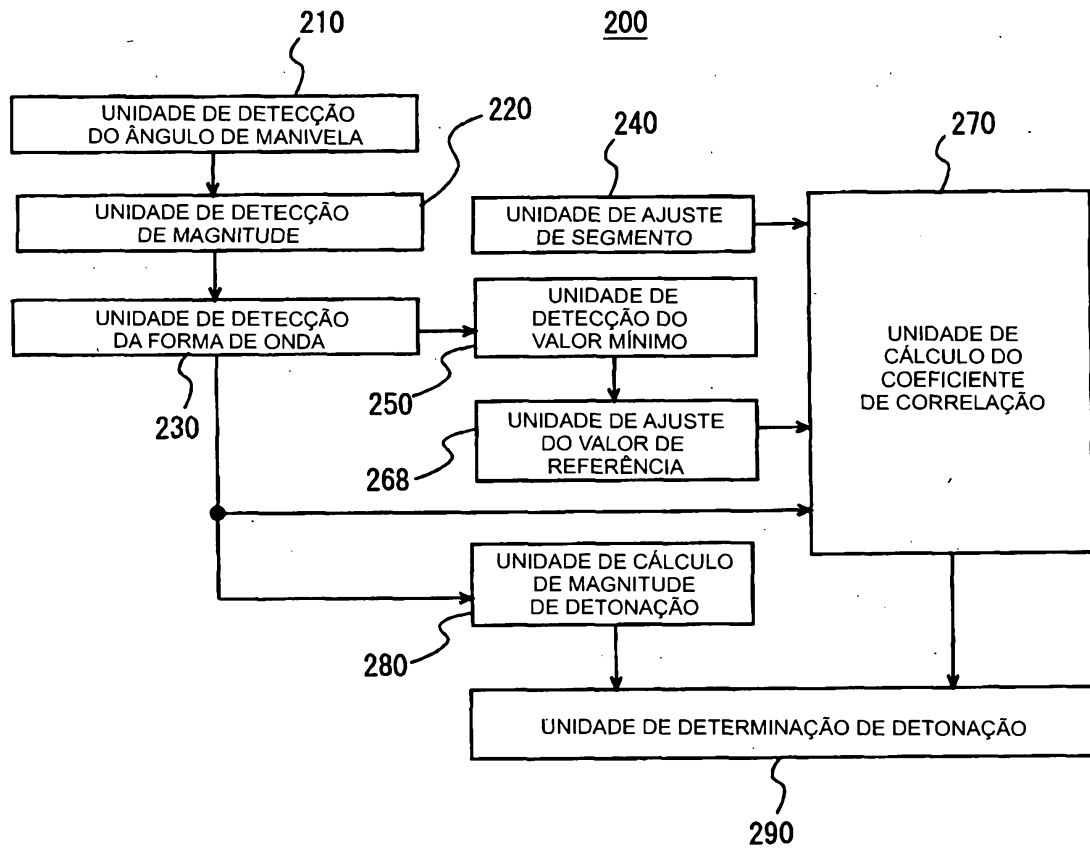


FIG. 26

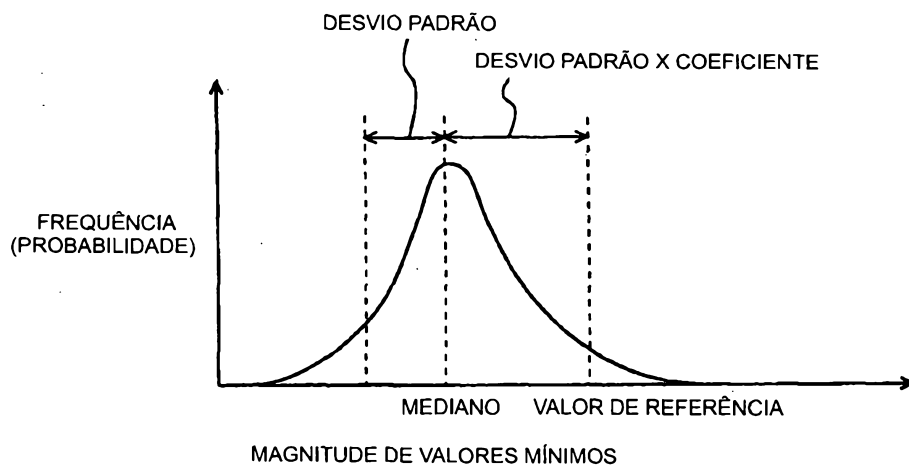


FIG. 27

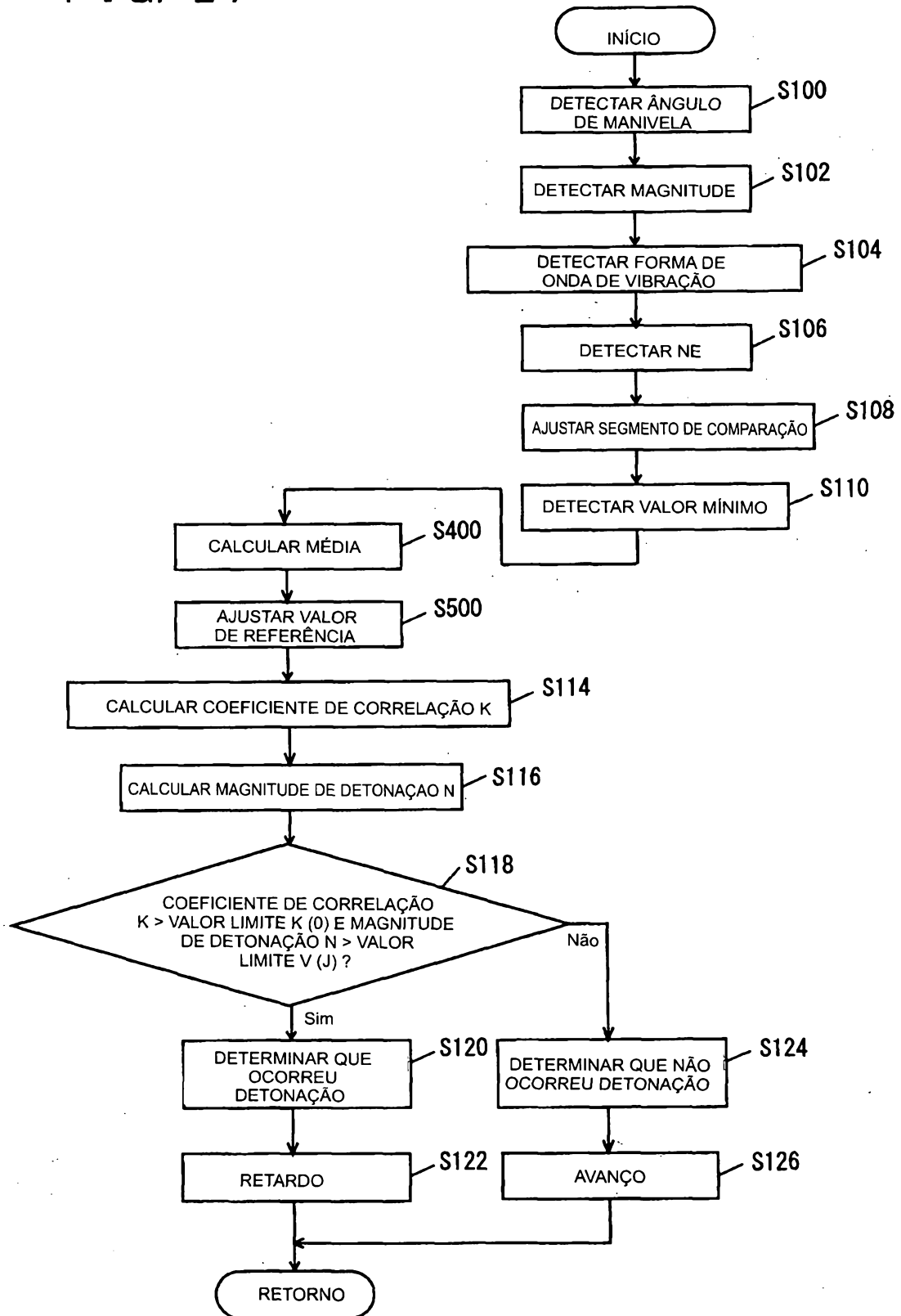


FIG. 28

