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

(11) PI 1005706-4 B1

(22) Data do Depósito: 22/12/2010

(45) Data de Concessão: 03/09/2019

(54) Título: SISTEMA DE FONTE DE ENERGIA SÍSMICA DIRIGÍVEL E MÉTODO PARA OPERAR UMA FONTE DE ENERGIA SÍSMICA EM UM CORPO DE ÁGUA

(51) Int.Cl.: G01V 1/38; B63G 8/42.

(30) Prioridade Unionista: 22/12/2009 US 12/655.062.

(73) Titular(es): PGS GEOPHYSICAL AS.

(72) Inventor(es): VIDAR HOVLAND; TORE STEINSLAND; KARL PETTER ELVESTAD.

(57) Resumo: ARRANJO DE FONTE SÍSMICA DIRIGÍVEL DIRECIONALMENTE E POR PROFUNDIDADE. A presente invenção refere-se a uma fonte de energia sísmica dirigível que inclui pelo menos um flutuador. O dispositivo de flutuação inclui um dispositivo para alterar a flutuabilidade do mesmo. Uma armação é acoplada ao pelo menos um flutuador. Pelo menos uma fonte de energia sismica é suspensa a partir da armação. Pelo menos um dispositivo dirigível é acoplado ao dispositivo de flutuação ou à armação. O pelo menos um dispositivo dirigível inclui pelo menos uma superfície de controle e um atuador de superfície de controle acoplado à superfície de controle. O atuador é configurado para girar a superfície de controle para gerar elevação hidrodinâmica pelo menos em uma direção vertical.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"SISTEMA DE FONTE DE ENERGIA SÍSMICA DIRIGÍVEL E MÉTODO PARA OPERAR UMA FONTE DE ENERGIA SÍSMICA EM UM CORPO DE ÁGUA".**

ANTECEDENTE DA INVENÇÃO

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção refere-se geralmente, ao campo de levantamento sísmico. Mais especificamente, a invenção refere-se a dispositivos para navegar um arranjo de fonte sísmica marítima suspenso na água de um dispositivo de flutuação para evitar perigos para a navegação.

TÉCNICA ANTECEDENTE

[002] No levantamento sísmico marítimo, uma fonte de energia sísmica é usada para gerar energia sísmica na forma de pulsos acústicos ou ondas em um corpo de água, tal como um lago ou o oceano. A energia sísmica percorre na direção para baixo na água, através do fundo da água, e através das formações da Terra que se estendem no fundo da água. Parte da energia que passa através das formações da Terra que se estendem no fundo da água é refletida para cima a partir dos limites de impedimento acústico nas formações da Terra. A energia sísmica que percorre na direção para cima é detectada por sensores, tais como hidrofones rebocados em um ou mais cabos flutuantes dispostos próximos da superfície da água, ou por sensores dispostos em cabos ao longo do fundo da água. Os sensores convertem a energia detectada em sinais elétricos ou ópticos. Os sinais elétricos ou ópticos são então condicionados e interpretados para fornecer informação tanto para a composição quanto para a estrutura das varias formações da Terra de subssuperfície. Tal informação é usada particularmente para determinar a possibilidade de que tais formações da Terra possam

conter depósitos minerais, tais como hidrocarbonetos.

[003] A fonte de energia sísmica marítima usada com mais frequência conhecida na técnica é um “arranjo de pistola de ar comprimido”. Um típico arranjo de pistola de ar comprimido é uma pluralidade de pistolas de ar comprimido individuais de diferentes tamanhos atrás de um navio de levantamento sísmico ou um navio fonte. As pistolas de ar comprimido são, por fim, suspensas a partir de uma boia, flutuador ou dispositivo de flutuação similar. O dispositivo de flutuação é tipicamente acoplado a uma armação ou estrutura rígida substancialmente similar de modo a suspender a armação na água. As pistolas de ar comprimido individuais que formam o arranjo podem ser suspensas a partir da armação por cabos ou cadeias de comprimento selecionado para que as pistolas de ar comprimido individuais sejam operadas em uma profundidade selecionada na água. Em arranjos de pistola de ar comprimido conhecidos na técnica, o dispositivo de flutuação pode ser dirigível no plano da superfície da água, mas permanece próximo à superfície da água pela razão da flutuabilidade do dispositivo de flutuação.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[004] Uma fonte de energia sísmica dirigível de acordo com um aspecto da invenção inclui pelo menos um dispositivo de flutuação. O dispositivo de flutuação inclui um dispositivo para alterar a flutuabilidade dele. Uma armação é acoplada a pelo menos um dispositivo de flutuação. Pelo menos uma fonte de energia sísmica é suspensa a partir da armação. Pelo menos um dispositivo dirigível é acoplado ao dispositivo de flutuação. O pelo menos um dispositivo dirigível inclui pelo menos uma superfície de controle e um atuador de superfície de controle operativamente acoplado à superfície de controle. O atuador é configurado para girar a superfície de controle para gerar elevação hidrodinâmica pelo menos em uma direção

vertical.

[005] Um método para operar uma fonte de energia sísmica em um corpo de água, de acordo com um outro aspecto da invenção, inclui suspender pelo menos uma fonte de energia sísmica a partir de um dispositivo de flutuação. O dispositivo de flutuação é rebocado na água por um navio rebocador. A flutuabilidade do dispositivo de flutuação é reduzida para ocasionar a submersão do mesmo no caso de um perigo para a navegação próximo da superfície da água.

[006] Outros aspectos e vantagens da invenção serão observados a partir da descrição a seguir e das reivindicações anexas.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[007] A figura 1 mostra um sistema de aquisição sísmica exemplar.

[008] A figura 2 mostra o arranjo de fonte sísmica da figura 1 em mais detalhes.

[009] A figura 3 mostra um dispositivo de controle de lastro exemplar.

[0010] A figura 4 mostra um exemplo de um atuador para operar uma superfície de controle no arranjo de fonte da figura 2.

[0011] A figura 5 mostra um atuador alternativo para a superfície de controle.

[0012] A figura 6 mostra outra fonte sísmica exemplar que não usa uma boia de referência.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0013] Um sistema de aquisição de dados sísmicos marítimos exemplar que pode ser usado com uma fonte sísmica, de acordo com a invenção, é mostrado esquematicamente na figura 1. O sistema de aquisição inclui um navio sísmico 10 que se move ao longo da superfície de um corpo de água 11, tal como um lago ou o oceano. O navio sísmico 10 inclui nele equipamento mostrado, geralmente, em 12

e descrito por conveniência no presente como um “sistema de gravação” que pode incluir (nenhum deles mostrado separadamente na figura 1) gravadores de dados, dispositivos de navegação, tais como receptores do sistema de posicionamento global (“GPS”) e dispositivos de controle de fonte de energia sísmica. O sistema de gravação 12 também pode incluir equipamento para operar os dispositivos de controle de flutuabilidade e de elevação hidrodinâmica em um ou mais arranjos de fonte sísmica, conforme será explicado abaixo em mais detalhes.

[0014] O sistema de aquisição sísmica pode incluir uma pluralidade de medidores de corrente com sensor sísmico 14 rebocados pelo navio sísmico 10, conforme mostrado na figura 1 ou por um navio diferente (não mostrado). Os medidores de corrente 14 são, geralmente, cabos que se estendem atrás do navio rebocador por uma determinada distância, e cada tal medidor de corrente 14 inclui sensores sísmicos 22 dispostos nele em localizações espaçadas entre si. Os sensores sísmicos 22 são tipicamente pressão ou sensores responsivos do gradiente de tempo de pressão, tais como hidrofones, mas também podem ser sensores responsivos de movimento de partícula, tais como acelerômetros ou geofones, ou combinações de hidrofones e geofones. O tipo de sensor não é uma limitação no escopo da presente invenção. A geometria dos medidores de corrente na água é mantida por vários dispositivos de reboque que incluem dispositivos geradores de força lateral chamados “paravanes” 18 dispostos na extremidade do guia de paravane em cordas 16. Os medidores de corrente 14 são acoplados em suas extremidades diretas a uma respectiva terminação 21, a qual acopla o medidor de corrente 14 a um guia correspondente no cabo 20. O guia de paravane em cordas 16 e guia em cabos 20 podem ser desenvolvidos a partir de um navio 10 e reestabelecido nele por meio de guindastes (não

mostrados) ou dispositivos de enrolamento similares conhecidos na técnica. A separação lateral dos paravanes 18 pode ser limitada por um cabo separador 19, por fim, para manter a geometria de todo o arranjo de medidores de corrente 14. Em alguns exemplos, a seção mais central do cabo separador 19 pode ser omitida.

[0015] O navio sísmico 10 também pode rebocar, ou outro navio (não mostrado) pode rebocar um ou mais arranjos de fonte sísmica 24. Apenas tal arranjo é mostrado na figura 1 por clareza da ilustração. O arranjo de fonte sísmica 24 tipicamente inclui uma pluralidade de fontes de energia sísmica, as quais, no presente exemplo, podem ser pistolas de ar comprimido dotadas de diversos tamanhos de câmara, conforme explicado acima. Em atuações adequadamente cronometradas de todas as pistolas de ar comprimido individuais no arranjo 24 (tipicamente pelos sinais de controle a partir da unidade de gravação 12) um pulso de energia sísmica de conteúdo espectral particular é partilhado na água 11. Os sinais sísmicos que resultam de tais atuações são detectados pelos sensores sísmicos 22, e os sinais detectados são comunicados para o sistema de gravação 12. A maneira de gravar e processar os sinais detectados pelos vários sensores sísmicos 22 é bem conhecida na técnica e não será descrita ainda mais no presente.

[0016] O arranjo de fonte sísmica 24 pode ser rebocado pelo navio 10 ao usar um cabo umbilical 113. O arranjo de fonte 24 pode incluir um dispositivo dirigível 26 próximo de uma ou de cada extremidade longitudinal do mesmo. O cabo umbilical 113 pode incluir (nenhum mostrado de maneira separada) um membro de força para transferir a força rebocadora do navio 10 para o arranjo de fonte 24, uma ou mais linhas de ar comprimido ou de gás, e condutores elétricos e/ou ópticos para comunicação entre vários componentes do arranjo de fonte 24 e do sistema de gravação 12. Conforme será explicado abaixo, o

dispositivo dirigível 26 pode fornecer a capacidade de direção para o arranjo de fonte 24 tanto na direção lateral quanto na profundidade. Em um exemplo, o dispositivo dirigível 26 pode usar uma única asa ou lâmina para desempenhar o direcionamento tanto na direção vertical quanto na horizontal. O arranjo de fonte 24 também pode incluir um ou mais dispositivos de flutuação (vide figuras 2 e 3) que podem fornecer flutuabilidade controlável para o arranjo de fonte 24.

[0017] Um exemplo do arranjo de fonte 24 é mostrado esquematicamente na figura 2. O arranjo de fonte 24 pode ser rebocado pelo navio de levantamento (10 na figura 1) a partir da extremidade da popa do cabo umbilical 113, conforme previamente explicado. O arranjo de fonte 24 no presente exemplo inclui uma quilha ou longarina principal 112, a qual é tipicamente acoplada ao cabo umbilical 113. A longarina 112 suspende uma subarmação 115 a uma distância selecionada a partir dela ao usar cordas de controle de profundidade 114. Uma ou mais fontes de energia sísmica 119 (por exemplo, pistolas de ar comprimido) podem ser suspensas a partir da subarmação 115 por cadeias 118 ou dispositivos de suspensão similares. A determinação da profundidade da fonte pode ser desempenhada através de sensores de (por exemplo, pressão) profundidade de montagem 117 a uma distância vertical conhecida das fontes de energia sísmica 119. A quantidade de fontes de energia sísmica em qualquer implementação em particular não é um limite no escopo da presente invenção, nem a invenção é limitada a pistolas de ar comprimido. A invenção também pode ser usada com vibradores marítimos e pistolas d'água, como exemplos não limitantes.

[0018] A longarina principal 112 pode ser conectada a um ou mais dispositivos de flutuação 107, cada um do qual consiste em um volume de agente de enchimento de vazio flutuante, por exemplo, estireno com espuma ou poliuretano com espuma contido em um alojamento

vedado (mostrado de forma coletiva em 107a). O interior de cada alojamento pode definir uma ou mais câmaras herméticas líquidas 108 para lastramento com água. Assim, cada dispositivo de flutuação 107 possui uma flutuabilidade controlável. O presente exemplo mostra três tais dispositivos de flutuação 107. Outros exemplos, um do qual será explicado abaixo com referência à figura 6, podem incluir apenas um único tal dispositivo de flutuação. A quantidade de tais dispositivos de flutuação é uma questão de discrição para o projetador de um arranjo de fonte, de acordo com os vários aspectos da invenção, e não é destinada a limitar o escopo da invenção. Uma possível vantagem de usar mais que um dispositivo de flutuação, conforme mostrado no presente exemplo, é fornecer melhor controle sobre o nivelamento do arranjo de fonte 24.

[0019] O lastramento pode ser controlado por um dispositivo de regulamento de flutuabilidade 109. O dispositivo de regulamento de flutuabilidade 109 (explicado abaixo com referência à figura 3) pode operar automaticamente, dependendo das medições feitas a partir de um sensor de (por exemplo, pressão) profundidade 110a, uma célula de carga 106, e sensores de nível ou inclinação 110b. Uma superfície de controle 111 pode ser usada para corrigir flutuações de profundidade e/ou de nível temporárias. Um mecanismo exemplar para operar a superfície de controle 111 será explicado com referência à figura 4. As dimensões do alojamento, agente de enchimento de vazio, material de alojamento, e câmaras internas 108 podem ser selecionadas tal que os dispositivos de flutuação 107 forneçam força flutuante suficiente para erguer os dispositivos de flutuação 107 para a superfície da água quando toda a água é expelida da(s) câmara(s) 108, e podem fornecer flutuabilidade neutra ou levemente negativa quando a(s) câmara(s) 108 são completamente lastradas com água.

[0020] Em alguns exemplos, uma boia de referência da superfície

101 com um estabilizador de cauda 104 para estabilizar o movimento na água pode ser suspensa a partir da frente de uma unidade mais à frente das unidades de flutuação 107 por uma linha, cabo ou corda 105. A corda 105 pode ser conectada em uma extremidade à célula de carga 106. As medições feitas pela célula de carga 106 fornecem indicação de quanta carga de peso é exercida pela frente do arranjo de fonte 24 na boia de referência 101. Tal indicação de peso pode ser usada para ajustar o lastro de flutuação para corrigir a flutuação do arranjo de fonte 24 para nivelá-lo. As medições da célula de carga 106 também podem indicar se a boia de referência 101 se soltou.

[0021] A outra extremidade da corda 105 pode ser conectada a uma unidade de guindaste 102 disposta na boia de referência 101 para o controle da profundidade do arranjo de fonte. A unidade de guindaste 102 pode ser controlada por uma unidade de controle e comunicação 103. A unidade de comunicação 103 pode ser uma comunicação de sinal com o sistema de gravação (12 na figura 1) que usa, por exemplo, um enlace de rádio. Um receptor de GPS 120 pode ser disposto na boia de referência 101 para determinação de posição geodética. Outros exemplos podem omitir a boia de referência da superfície 101. Se, por exemplo, for desejado que se aumente a profundidade do arranjo de fonte, um sinal pode ser transmitido a partir do sistema de gravação (12 na figura 1) para a unidade de comunicação 103. A unidade de comunicação 103 irá operar o guindaste 102 para estender a corda 105.

[0022] Dois ou mais cabos para manuseio 116 podem ser roteados através da longarina 112 e blocos guia correspondentes 121. Os cabos para manuseio 116 se estendem a partir de unidades de flutuação 107 para ponto de ancoragem 122 no cabo umbilical 113. O ponto de ancoragem 122 pode ser localizado a uma distância selecionada à frente das unidades de flutuação 107. Os cabos para

manuseio 116 podem ser usados para desenvolvimento e recuperação do arranjo de fonte 24.

[0023] Um exemplo de um dos dispositivos de controle de flutuabilidade 109 é mostrado esquematicamente na figura 3. Um controlador 109a, tal como um microprocessador pode aceitar como medições de entrada de um dos sensores de inclinação 110b e dos sensores de (pressão) profundidade 110a. O controlador 109a também pode estar em comunicação de sinal com o sistema de gravação (12 na figura 1).

[0024] Um dos dispositivos de controle de flutuabilidade 109 mais à frente, pode, em alguns exemplos, aceitar como sinais de entrada da célula de carga 106. No presente exemplo, algum peso na água do arranjo de fonte (24 na figura 2) pode ser suportado pela boia de referência (101 na figura 2). A força flutuante exercida pela boia de referência (101 na figura 2) será medida pela célula de carga 106. Se a força medida estiver fora de uma faixa pré-determinada, o lastramento pode ser ajustado pelo dispositivo de controle de flutuabilidade 109. Se a profundidade desejada não for alcançada com a carga da boia de referência desejada, o guindaste (102 na figura 2) tem que alterar o comprimento da corda empregada (105 na figura 2). Tal alteração pode ser desempenhada, por exemplo, ao comunicar a medição da célula de carga 106 para o sistema de gravação (12 na figura 1) pelo cabo umbilical (113 na figura 1), o que irá transmitir um sinal para a boia de referência (101 na figura 2) para fazer com que o guindaste (102 na figura 2) estenda a corda (105 na figura 2).

[0025] A saída do controlador 109a pode ser acoplada a uma válvula de controle pneumática de três vias operada por solenoide 109b. Quando os sinais de um ou mais dos sensores (por exemplo, sensor de profundidade 110a, sensor de inclinação 110b, e célula de carga 106) indicam que a flutuabilidade deveria ser aumentada, o

controlador 109a opera a válvula 109b para conectar uma fonte de ar ou gás comprimido (não mostrado) à câmara 108. O gás pressurizado da fonte de gás comprimido (não mostrada) pode deslocar água na câmara 108, dessa forma aumentando a flutuabilidade do dispositivo de flutuação em particular (107 na figura 2). Quando a flutuabilidade correta tiver sido alcançada, o controlador 109a pode operar a válvula 109b para fechar a câmara 108, dessa forma mantendo o nível de água na câmara 108. No caso de a flutuabilidade ser exigida para ser diminuída, o controlador 109a pode operar a válvula 109b para ventilar a câmara 108, para que a água possa entrar no fundo da câmara 108. O controlador 109a pode ser programado para operar a válvula 109b para manter o dispositivo de flutuação (107 na figura 2) na profundidade selecionada na água. A profundidade selecionada pode ser alterada, por exemplo, ao comunicar um sinal de controle a partir do sistema de gravação (12 na figura 1) para o controlador 109a, por exemplo, através de uma linha de sinal (não mostrada separadamente) no cabo umbilical (113 na figura 2). Tal sinal pode ser convertido no controlador 109a em um sinal para operar de maneira seletiva a válvula pneumática 109b.

[0026] Em um exemplo, a válvula 109b é configurada de modo que, no caso de falha elétrica ou de outro componente no arranjo de fonte (24 na figura 1), a posição do modo de falta ou falha da válvula 109b deve conectar a câmara 108 à fonte do gás ou ar comprimido. Por meio de tal configuração, a(s) câmara(s) 108 será(ao) automaticamente purificada(s) com água e o arranjo de fonte (24 na figura 1) será retornado para a superfície da água para recuperação no caso de falha do componente.

[0027] Um mecanismo exemplar para operar a superfície de controle 111 é mostrado esquematicamente na figura 4. O presente exemplo usa um atuador hidráulico 136 acoplado por uma ligação 138

adequada para a superfície de controle 111. O atuador pode ser operado por uma válvula operada por solenoide 134 em comunicação de sinal com o controlador 109a. A potência hidráulica para mover o atuador pode ser fornecida por uma bomba 132 conectada a um reservatório hidráulico 130. O controlador 109a pode ser programado para operar a válvula 134, dessa forma operando a superfície de controle 111 de modo que o dispositivo de flutuação associado (107 na figura 2) seja mantido na profundidade selecionada, ou seja, nivelado no caso de o arranjo de fonte (24 na figura 1) torne-se desnivelado (profundidade maior em uma extremidade do que na outra). A válvula de controle 134 pode conter uma válvula de freio hidráulico (não mostrada separadamente) para travar o movimento do atuador hidráulico 136, fazendo a superfície de controle 111 resistente de ser movida pela força de mover o arranjo de fonte através da água. Tal válvula de freio poderia ser implementada ao usar, por exemplo, uma válvula de três vias, tal como mostrado acima para a válvula operada por solenoide 134. Em uma típica válvula de três vias, a posição central fecha todas as portas da válvula, dessa forma parando o movimento do fluido hidráulico dentro e fora do atuador 136.

[0028] Outro mecanismo exemplar para operar a superfície de controle 111 é mostrado esquematicamente na figura 5. O controlador 109a pode estar em comunicação de sinal com um acionador do motor 142, o qual opera um motor elétrico 140. O motor 140 pode girar uma engrenagem helicoidal 141. A engrenagem helicoidal pode estar em contato com um setor dentado 144. O setor 144 pode girar a superfície de controle 111 em resposta a ser movido pela engrenagem helicoidal 141. Uma possível vantagem do mecanismo mostrado na figura 5 é que quando o motor 140 e a engrenagem helicoidal 141 não estão girando, eles agem para travar a posição do setor 144, assim tornam a superfície de controle resistente a ser movida pela força de mover o

arranjo de fonte através da água.

[0029] O exemplo anterior de um arranjo de fonte pode ser operado a qualquer profundidade selecionada na água ao alterar a flutuabilidade dos dispositivos de flutuação (107 na figura 2), conforme explicado acima e ao operar a superfície de controle (111 na figura 2). O comprimento da corda ou linha (105 na figura 2) pode ser ajustado pela unidade de guindaste (102 na figura 2) para manter uma tensão selecionada na linha (105 na figura 2) conforme medido pela célula de carga (106 na figura 2), independente da profundidade de operação do arranjo de fonte (24 na figura 1).

[0030] Outros exemplos do arranjo de fonte (24 na figura 1) podem omitir a boia de referência (101 na figura 2). Tais exemplos podem ser usados nas áreas onde é provável de se encontrar gelo ou outros perigos para a navegação na superfície da água (11 na figura 1). No caso de qualquer de tal perigo para a navegação ser encontrado, os dispositivos de flutuação (107 na figura 2) podem ser feitos negativamente flutuantes por meio de lastramento com água, conforme explicado acima, e um ou mais dispositivos dirigíveis 26 podem ser operados para submergir e fazer com que o arranjo de fonte se mova para uma profundidade maior na água.

[0031] Um arranjo de fonte exemplar que pode omitir o uso da boia de referência, e usa um ou mais dispositivos dirigíveis (26 na figura 1) é mostrado na figura 6. No presente exemplo do dispositivo dirigível, pode haver apenas um dispositivo de flutuação 107 acoplado à longarina 112, que possui uma dimensão longitudinal de aproximadamente o mesmo que o da parte superior da longarina 112. A longarina 112 pode ter uma lâmina ou plano dirigível 150, o qual pode ser acoplado a um mecanismo 151 (que inclui um atuador 151a e ligação correspondente 153) para ocasionar a rotação do plano 150 ao longo de um eixo geométrico perpendicular à direção de movimento do

dispositivo de flutuação 107 (isto é, sua dimensão longitudinal) e da longarina 112 na água. Tal rotação do plano 150 pode ocasionar a elevação hidrodinâmica lateral à medida que o arranjo de fonte (24 na figura 1) é movido através da água. A elevação hidrodinâmica lateral pode ser usada para posicionar o arranjo de fonte em uma posição selecionada com referência ao navio rebocador (por exemplo, navio 10 na figura 1). O dispositivo dirigível 26 também pode incluir um mecanismo que inclui um atuador 154 e uma dobradiça 152 acoplados à base do mecanismo de deflexão 151 para possibilitar que o plano 150 gire ao redor de um eixo geométrico paralelo à direção de movimento do dispositivo de flutuação 107 e da longarina 112. Tal deflexão fornece elevação hidrodinâmica em uma direção vertical. Os atuadores 151a e 154 no presente exemplo podem ser atuadores lineares, por exemplo, atuadores lineares elétricos ou de combinações cilindro/aríete hidráulico. Os exemplos do último tipo de atuador podem ser obtidos pela LINAK A/S Smedevænget 8, 6430 Nordborg, Dinamarca.

[0032] Quando se faz necessário submergir o arranjo de fonte para evitar perigos na superfície da água (tal como gelo), o dispositivo de flutuação 107 pode ser lastrado com água, e o plano 150 pode ser operado, tal como ao operar o atuador 154 para gerar força hidrodinâmica para baixo. O arranjo de fonte pode ser retornado para a superfície depois de o perigo ter passado ao remover o lastro d'água da câmara (108 na figura 3) no dispositivo de flutuação 107, e o plano 150 podem ser operados ao mover o atuador 154 de modo que o plano 150 não gere nenhuma elevação para cima ou para baixo, ou gere elevação para cima até que o dispositivo de flutuação do arranjo de fonte 107 esteja na superfície da água. A submersão anterior do arranjo de fonte também pode ser desempenhada para fazer com que as fontes sísmicas (119 na figura 2) sejam operadas a uma

profundidade d'água selecionada diferente daquela obtida quando o dispositivo de flutuação 107 está disposto próximo à superfície da água por meio de flutuabilidade.

[0033] Diversos exemplos de uma fonte sísmica marítima, de acordo com os vários aspectos da invenção, podem ser capazes de operar a uma profundidade selecionada para determinadas finalidades de levantamento sísmico, e podem ser navegáveis para evitar perigos na superfície da água. Em alguns casos, pode ser desejável submergir todo o arranjo de fonte, inclusive o flutuador, para operar as fontes de energia sísmica a uma profundidade maior na água. Em alguns casos, também pode ser desejável ser capaz de submergir o dispositivo de flutuação para evitar perigos para a navegação, tal como gelo. Ao usar as estruturas de arranjo de fonte conhecidas na técnica anterior a presente invenção, geralmente não era possível alterar a profundidade do dispositivo de flutuação durante a operação do arranjo de fonte sísmica. Um arranjo de fonte sísmica, de acordo com a invenção, pode ser completamente submerso para operar as fontes sísmicas a uma profundidade de água maior e para evitar perigos para a navegação na superfície, tal como gelo.

[0034] Muito embora a invenção tenha sido descrita com relação a uma quantidade limitada de modalidades, aqueles versados na técnica, que possuem o benefício desta revelação, irão observar que outras modalidades podem ser projetadas, as quais não se separam do escopo da invenção, conforme revelado no presente. Dessa maneira, o escopo da invenção deveria limitar apenas por meio das reivindicações em anexo.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de fonte de energia sísmica dirigível que compreende:

pelo menos um dispositivo de flutuação (107), o pelo menos um dispositivo de flutuação (107) incluindo um dispositivo para alterar a flutuabilidade (108) do mesmo;

uma armação (112) acoplada ao pelo menos um dispositivo de flutuação (107);

pelo menos uma fonte de energia sísmica (119), como uma pistola de ar comprimido, suspensa a partir da armação (112);

caracterizado pelo fato de que compreende:

uma boia de referência (101) acoplada por uma linha (105) à pelo menos um do dispositivo de flutuação (107) e a armação (112), a boia de referência (101) incluindo um guincho (102) configurado para estender e retrair a linha (105), e um primeiro controlador (103) em comunicação de sinal com uma célula de carga (106) disposta em pelo menos um do dispositivo de flutuação (107) e a armação (112) e em comunicação de sinal com o guindaste (102);

pelo menos um dispositivo de direção (111) acoplado ao dispositivo de flutuação (107) ou a armação (112), o pelo menos um dispositivo de direção (111) incluindo uma superfície de controle e um primeiro atuador (136) acoplado à superfície de controle, o primeiro atuador (136) configurado para girar a superfície de controle para gerar elevação hidrodinâmica pelo menos em uma direção vertical; e

pelo menos um sensor de nível (110b) disposto na armação (112) e em comunicação de sinal com um segundo controlador (109a), o segundo controlador (109a) estando em comunicação de sinal com um sistema de gravação (12) de modo que sinais a partir do pelo menos um sensor de nível (110b) e da célula de carga (106) fazem com que a operação do guindaste (102) mantenha a armação (112)

substancialmente equilibrada na água.

2. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dispositivo para alterar a flutuabilidade compreende uma câmara (108) pneumaticamente aberta em um fundo do mesmo, uma válvula de três vias (109b) pneumaticamente acoplada a uma extremidade de topo do mesmo, e o segundo controlador (109a) para operar a válvula de três vias (109b), a válvula tendo uma primeira posição para acoplar pneumaticamente a câmara a uma fonte de gás comprimido, uma segunda posição para fechar a extremidade de topo da câmara e uma terceira posição para ventilar a extremidade de topo da câmara.

3. Sistema, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma pluralidade de dispositivos de flutuação (107) acoplada à armação (112), cada dispositivo de flutuação (107) incluindo um dispositivo para alterar a flutuabilidade do mesmo (108), e pelo menos um sensor de nível (110b) em comunicação de sinal com pelo menos um dentre o controlador de pelo menos um dos dispositivos de flutuação (109a) e o pelo menos um dispositivo dirigível (111).

4. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, caracterizado pelo fato de que compreende ainda um dispositivo dirigível (111) em cada extremidade longitudinal do flutuador, cada dispositivo dirigível inclui pelo menos uma superfície de controle e um atuador da superfície de controle para gerar elevação hidrodinâmica pelo menos em uma direção vertical.

5. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizado pelo fato de que a boia de referência (101) inclui um receptor de sinal de posição geodética (120).

6. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 5, caracterizado pelo fato de que compreende

ainda um atuador adicional (154) configurado para girar a pelo menos uma superfície de controle para gerar elevação hidrodinâmica em uma direção horizontal.

7. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 6, caracterizado pelo fato de que o atuador adicional (154) é um atuador linear e compreende uma dobradiça (152) orientada ao longo de uma dimensão longitudinal da armação (112), uma ligação (151a, 153) a pelo menos uma superfície de controle, e em que o atuador adicional (154) é acoplado entre a ligação (151a, 153) e a armação (112), por meio do qual a alteração no comprimento do atuador (154) ocasiona a rotação de pelo menos uma superfície de controle (111) ao redor da dobradiça (152).

8. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 7, caracterizado pelo fato de que a pelo menos uma fonte de energia sísmica é uma pluralidade de pistolas de ar tendo vários tamanhos de câmara.

9. Método para operar uma fonte de energia sísmica em um corpo de água que compreende as etapas de:

suspender pelo menos uma fonte de energia sísmica a partir de uma armação (112) suspensa a partir de um dispositivo de flutuação (107), o dispositivo de flutuação (107) rebocado na água por um navio rebocador;

reduzir a flutuabilidade do dispositivo de flutuação (107) para ocasionar a submersão do mesmo no caso de um perigo para a navegação próximo à superfície da água;

caracterizado pelo fato de que compreende ainda as etapas de:

medir uma tensão em uma linha (105) entre uma boia de referência (101) na superfície da água e em pelo menos um ponto na armação (112);

medir a inclinação da armação (112); e

operar pelo menos de uma da superfície de controle e alterar flutuabilidade do dispositivo de flutuação (107) para manter o nível da armação (112) na água.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que compreende ainda aumentar a flutuabilidade do dispositivo de flutuação (107) depois de evitar que o perigo para a navegação retorne o dispositivo de flutuação (107) para a superfície da água.

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que o aumento da flutuabilidade compreende expelir água de uma câmara interna no dispositivo de flutuação (107).

12. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 a 11, caracterizado pelo fato de que a redução de flutuabilidade compreende o enchimento de uma câmara interna no dispositivo de flutuação (107) com água.

13. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 9 a 12, caracterizado pelo fato de que a redução da flutuabilidade é desempenhada em posições separadas ao longo de um comprimento do dispositivo de flutuação (107), de modo que o dispositivo de flutuação (107) permaneça substancialmente abaixo do nível da superfície da água.

14. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 9 a 13, caracterizado pelo fato de que compreende ainda operar uma superfície de controle para alterar a profundidade da água do dispositivo de flutuação (107).

15. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 9 a 14, caracterizado pelo fato de que a pelo menos uma fonte de energia sísmica compreende uma pistola de ar.

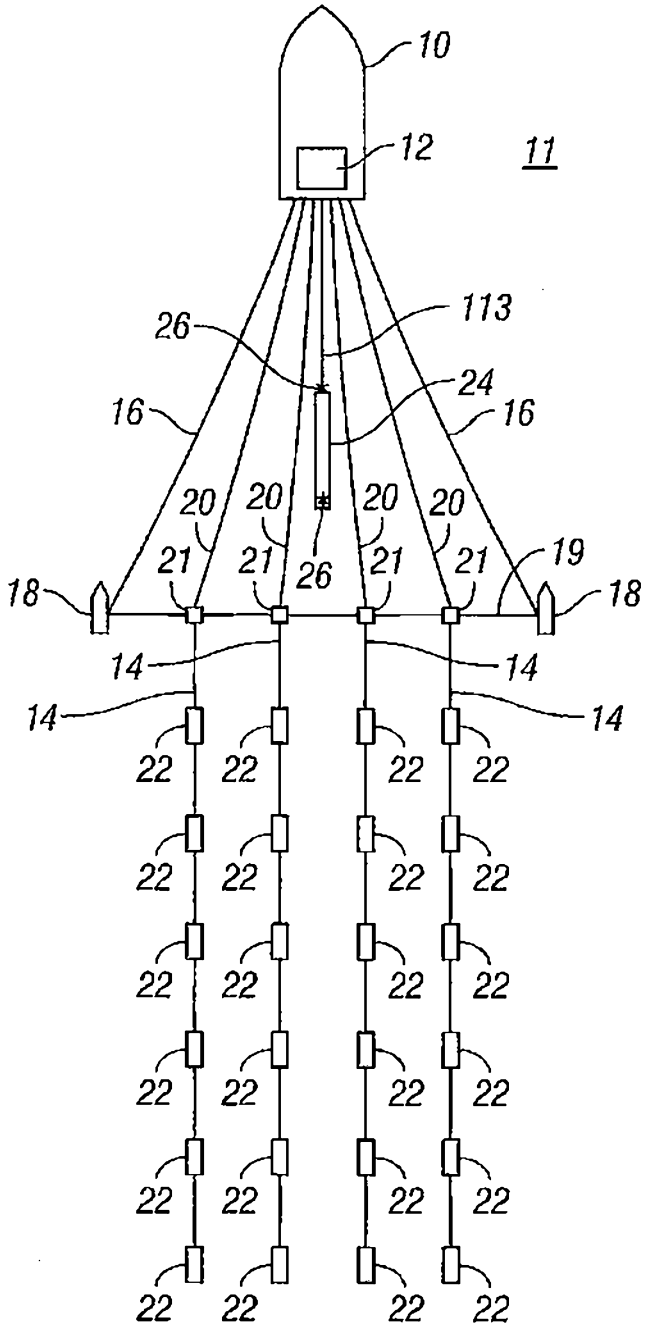

10
12
11
113
26
24
16
16
20
20
20
20
21
21
26
21
21
19
18
18
14
14
14
14
22

FIG. 1

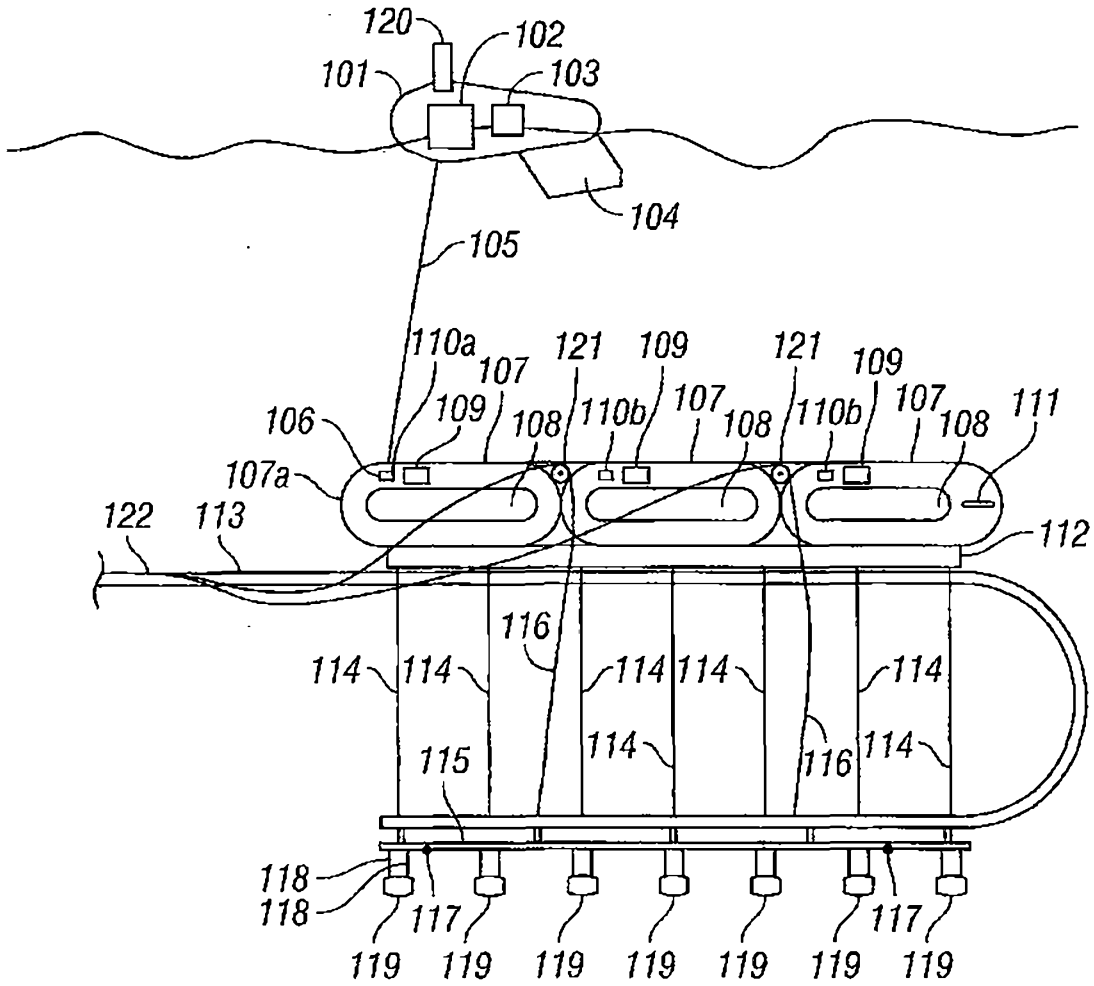

120
102
101
103
104
105
110a
107
121
109
121
109
106
109
108
110b
107
108
110b
107
108
111
107a
122
113
112
116
114
114
114
114
114
115
114
116
114
118
118
117
117
119
119
119
119
119
119
119

FIG. 2

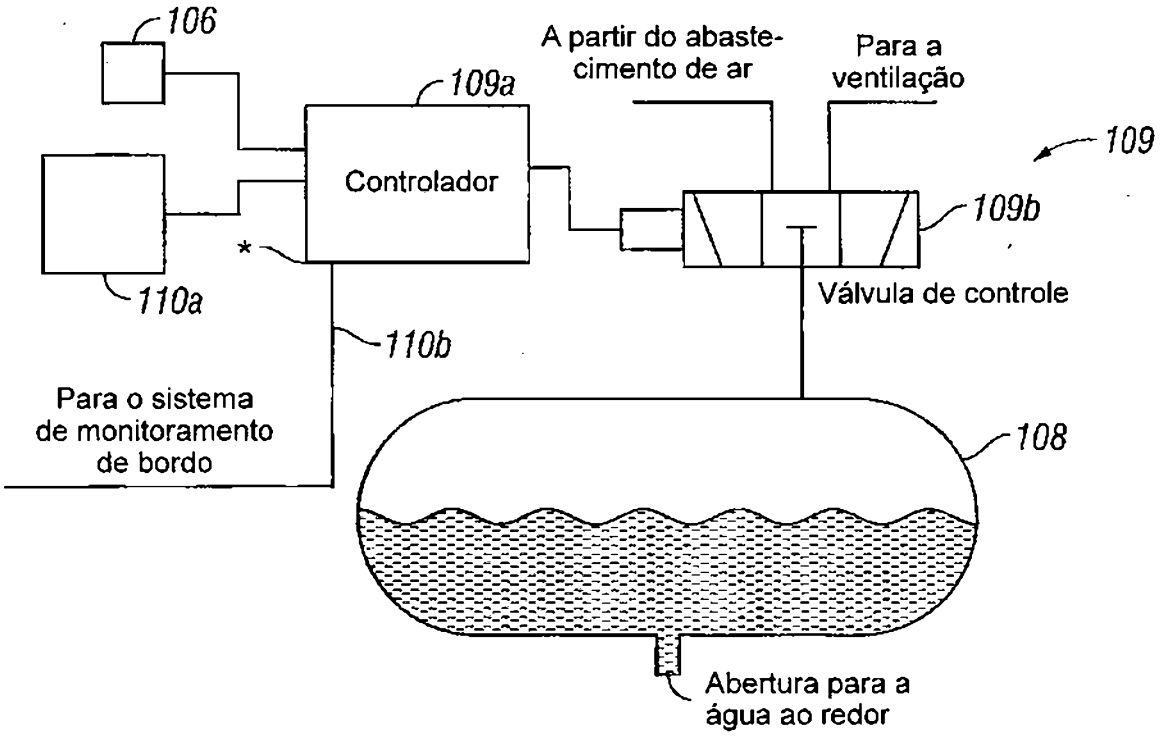

106
109a
A partir do abaste-
cimento de ar
Para a
ventilação
109
Controlador
109b
*
110a
Válvula de controle
110b
Para o sistema
de monitoramento
de bordo
108
Abertura para a
água ao redor

FIG. 3

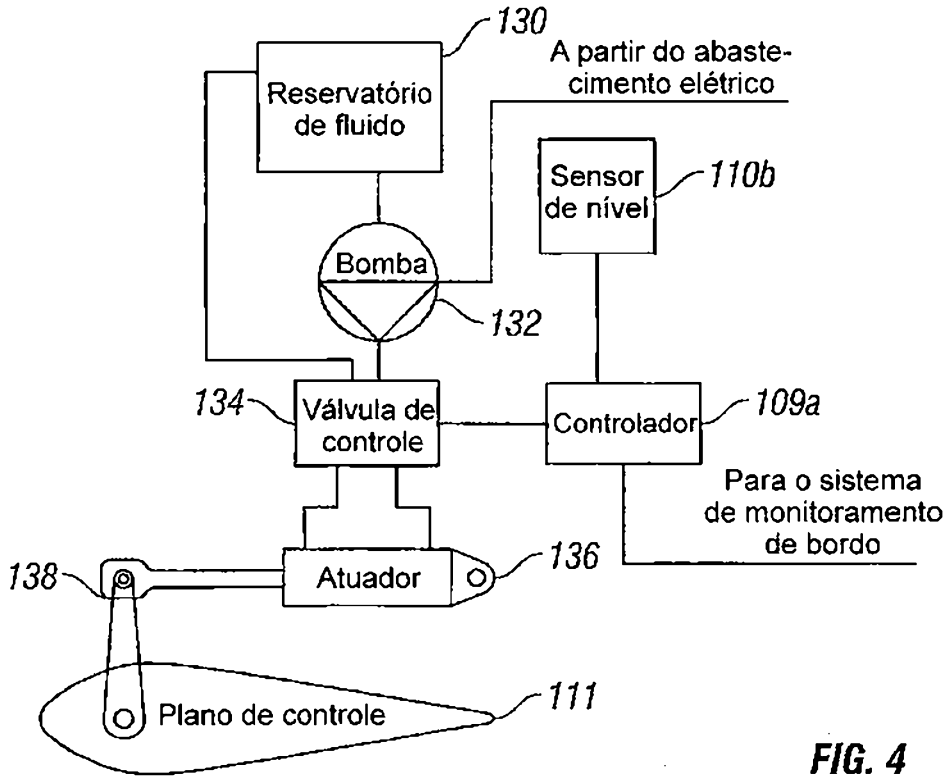

130
A partir do abaste-
cimento elétrico
Reservatório
de fluido
Sensor
de nível
110b
Bomba
132
134
Válvula de
controle
Controlador
109a
Para o sistema
de monitoramento
de bordo
138
Atuador
136
Plano de controle
111

FIG. 4

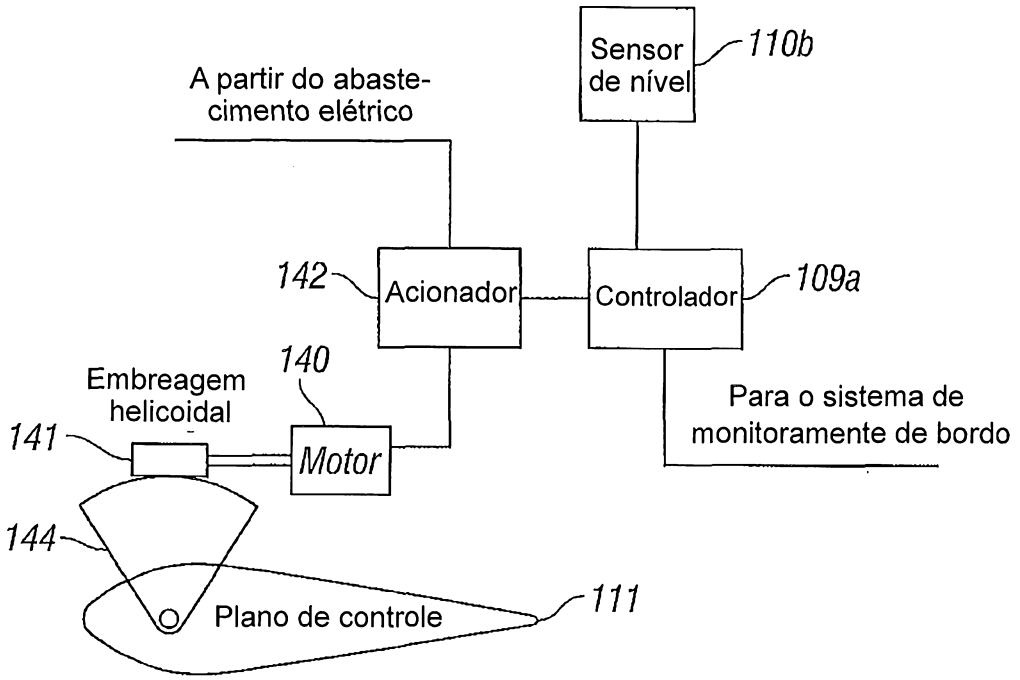

Sensor
de nível
110b
A partir do abaste-
cimento elétrico
142
Acionador
Controlador
109a
140
Embreagem
helicoidal
141
Motor
Para o sistema de
monitoramente de bordo
144
Plano de controle
111

FIG. 5

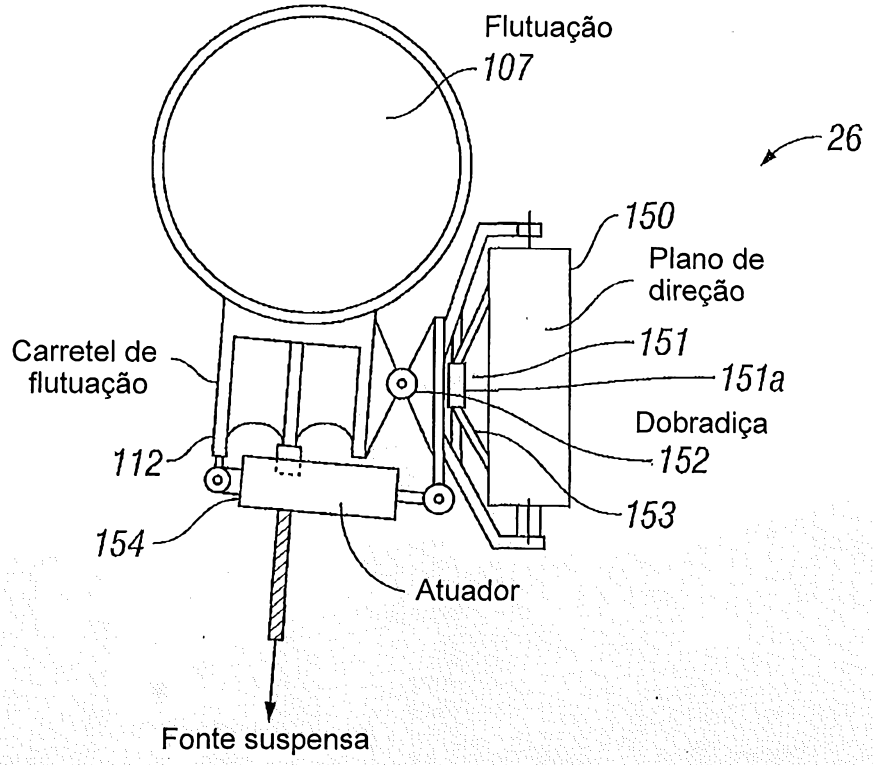

Flutuação
107
26
150
Plano de
direção
151
151a
Carretel de
flutuação
Dobradiça
152
112
153
154
Atuador
Fonte suspensa

FIG. 6