



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

(11) PI 0409555-3 B1

(22) Data do Depósito: 15/04/2004

(45) Data de Concessão: 02/10/2018



(54) Título: MÉTODO PARA POSICIONAR UM ARRANJO DE FONTES REBOCADO ATRAS DE UM NAVIO E SISTEMA PARA PESQUISA SÍSMICA PARA USO EM ÁGUA

(51) Int.Cl.: G01V 1/38

(30) Prioridade Unionista: 15/04/2003 GB 0308632.9

(73) Titular(es): WESTERNGECO SEISMIC HOLDINGS LIMITED

(72) Inventor(es): MARTIN N. HOWLID; ROHITASHVA SINGH

(85) Data do Início da Fase Nacional: 04/10/2005

"MÉTODO PARA POSICIONAR UM ARRANJO DE FONTES REBOCADO ATRAS DE UM NAVIO E SISTEMA PARA PESQUISA SÍSMICA PARA USO EM ÁGUA"

Antecedentes da invenção

Campo da invenção

[0001] Esta invenção relaciona-se com a exploração sísmica e mais especificamente, com sistemas de pesquisa sísmica marítima.

Descrição da técnica relacionada

[0002] A exploração sísmica marítima investiga e mapeia a estrutura e caráter de formações geológicas sub-superficiais que ficam por baixo de um corpo de água. Para grandes áreas de pesquisa, navios sísmicos rebocam uma ou mais fontes sísmicas e múltiplos cabos de flâmula sísmica pela água. As fontes sísmicas tipicamente compreendem pistolas pneumáticas para gerar pulsos acústicos na água. A energia destes pulsos se propaga para baixo para dentro das formações geológicas e é refletida para cima a partir das interfaces entre formações geológicas sub-superficiais. A energia refletida é detectada com hidrofones ligados às flâmulas sísmicas, e dados representando tal energia são registrados e processados para prover informações sobre as características geológicas que estão por baixo.

[0003] Pesquisas sísmicas tridimensionais (3-D) de uma grade provêm mais informações com relação a formações sub-superficiais do que pesquisas sísmicas bidimensionais. As pesquisas 3-D podem ser conduzidas com até doze ou mais flâmulas que formam um arranjo cobrindo uma grande área atrás do navio. As flâmulas tipicamente variam de comprimento entre três e doze quilômetros. Bóias de cauda ligadas às extremidades distais da flâmula carregam refletores de radar,

equipamentos de navegação, e transponders acústicos. Hidrofones são posicionados ao longo de cada flâmula e são ligados por fios juntos em grupos receptores espaçados ao longo de cada flâmula. O intervalo em linha entre grupos receptores varia entre cerca de 3 e 25 metros, com 12,5 metros compreendendo espaçamento de intervalo típico. Uma vez que a grade é freqüentemente muito mais larga do que o arranjo, o navio rebocador deve fazer uma volta e rebocar o arranjo em passadas através da grade, sendo cuidadoso para não sobrepor ou deixar grandes folgas entre as passadas através da grade.

[0004] Um arranjo de múltiplas flâmulas requer desviadores próximos ao navio para puxar as flâmulas para fora da trajetória direta atrás do navio rebocador sísmico e para manter o espaçamento transversal ou de linha transversal entre flâmulas individuais. Desviadores dependem de sustentação hidrodinâmica criada por movimento para frente pela água para puxar as flâmulas para fora e para manter a posição transversal relativa à trajetória do navio. Se o movimento à frente mudar devido a correntes do oceano e outros fatores ambientais, os desviadores não manterão a posição desejada da flâmula.

[0005] Em formação de imagem geofísica 4-D, uma pesquisa sísmica 3-D é repetida sobre uma grade que foi pesquisada anteriormente. Esta série de pesquisas tomadas em momentos diferentes pode mostrar mudanças na imagem geofísica com o tempo provocada, por exemplo, por extração de óleo e gás de um depósito. É importante que as fontes fossem usadas para gerar os pulsos acústicos estejam localizadas tão próximas quanto possível do mesmo local que nas pesquisas anteriores

sobre a mesma grade. Isto, claro, tem sido impossível de realizar em pesquisa marítima porque os arranjos de fontes acústicas são tipicamente rebocados atrás do navio rebocador e estão sujeitos a movimento de ondas e de corrente.

[0006] Em adição às dificuldades de instalação e operação associadas com rebocar múltiplas flâmulas, as técnicas convencionais limitam a capacidade para posicionar equipamentos de fontes e receptores em diferentes posições e orientações relativas. Devido às fontes e receptores serem rebocados atrás do mesmo navio sísmico, o design do arranjo é limitado pela configuração de reboque. Cada arranjo rebocado também está sujeito a correntes cruzadas, vento, ondas, água rasa, e obstáculos de navegação que limitam a cobertura provida pelo sistema de pesquisa.

[0007] Convencionalmente, tentativas para controlar a localização de arranjos de fontes têm incluído ligar os arranjos a cordas distanciadoras correndo até outros defletores e cabos de reboque. Estas tentativas não têm provido controle ótimo da localização dos arranjos de fontes sob condições de reboque. Além disso, as cordas distanciadoras criam um arrasto significativo que deve ser superado pelo navio reboque e que coloca uma grande porção de tensão nos cabos e ligações do reboque.

[0008] Consequentemente, existe uma necessidade de técnicas e equipamentos melhorados para conduzir operações sísmicas marítimas. Seria uma vantagem se tais técnicas e equipamentos permitissem as fontes acústicas fossem posicionadas em localizações desejadas enquanto sendo rebocadas atrás de um navio.

Sumário da invenção

[0009] A presente invenção provê um sistema de pesquisa sísmica para uso em água que compreende um arranjo de fontes acoplado a um dispositivo defletor independentemente dirigível que controla a posição de linha transversal do arranjo de fontes. Embora o dispositivo defletor seja preferivelmente conectado entre o cabo de reboque (ou umbilical) e o arranjo de fontes rebocado, o dispositivo defletor também pode ser colocado na extremidade distal do arranjo de fontes ou contido dentro do arranjo de fontes.

[0010] De maneira que o arranjo de fontes possa ser rastreado até sua posição presente, uma unidade de sistema de posicionamento é montada no arranjo de fontes. O sistema da unidade de posicionamento pode ser, por exemplo, uma unidade de sistema de posicionamento global (GPS), outro sistema por satélite, laser, rede acústica ou outro dispositivo que indique posição. A unidade de posicionamento provê um sinal para um controlador para informar o controlador da posição atual do arranjo de fontes tal que o controlador possa controlar a posição de linha transversal do dispositivo defletor e do arranjo de fontes acoplado. O controlador pode ser posicionado em um local selecionado a partir de um navio rebocador, do defletor, e de combinações dos mesmos. Deve ser reconhecido que a referência a um "controlador" abrange não somente um único controlador, mas também o uso de múltiplos controladores desde que a distribuição de controle entre múltiplas unidades em um ou mais locais, e um ou mais controladores controlando uma única unidade, possam ainda funcionar do mesmo modo e alcançar o mesmo resultado que um único controlador.

[0011] O dispositivo defletor preferivelmente compreende

uma única asa em um arranjo geralmente vertical e um corpo central, mas também pode compreender uma asa superior, uma asa inferior, e um corpo central, sendo que as asas superior e inferior são dispostas em lados opostos do corpo central em um arranjo geralmente vertical e sendo que as asas se movem juntas em movimentos similares. Alternativamente, as asas podem ser arranjadas horizontalmente, sendo que as asas podem se mover juntas em movimentos similares, ou sendo que uma asa é fixa e a outra asa é ajustada, ou sendo que cada asa pode ser ajustada independentemente. Um atuador é disposto dentro ou adjacente ao corpo central, onde um controlador envia um sinal para o atuador, o qual move a asa por ação quer elétrica ou hidráulica. A uma ou mais asas têm uma área superficial combinada entre cerca de 1 e cerca de 7 metros quadrados e podem ser feitas de um material selecionado de metal, composto plástico ou combinações dos mesmos. Por exemplo, a asa pode ser construída de um revestimento metálico cobrindo um núcleo de espuma.

[0012] Energia elétrica pode ser provida para o defletor a partir do navio rebocador através do umbilical, de baterias ou outros dispositivos de armazenagem de eletricidade localizados no defletor, e de uma combinação dos mesmos.

[0013] A presente invenção pode adicionalmente compreender um segundo arranjo de fontes. Mais do que um dispositivo defletor podem se usados, especialmente quando existirem múltiplos arranjos de fontes. Consequentemente, a presente invenção também inclui um segundo dispositivo defletor independentemente dirigível acoplado a um segundo arranjo de fontes para controlar uma posição de linha transversal do segundo arranjo de fontes.

[0014] Adicionalmente, a presente invenção provê um sistema de evitação de obstrução tendo um transdutor e receptor-acústico acoplados ao arranjo de fontes, e um controlador, sendo que o controlador ajusta o dispositivo defletor para virar ao redor de uma obstrução localizada pelo transdutor e receptor acústicos. Preferivelmente, o transdutor e receptor acústicos operam em uma faixa típica para dispositivos do tipo sonar, e podem ser usados para localizar obstruções em ou sob a água tais como, por exemplo, construções instaladas, dispositivos atracados, dispositivos flutuantes, cabos condutores de entrada e combinações dos mesmos.

[0015] O transdutor e receptor acústicos podem ser apontados em uma dada direção ou alternativamente, o transdutor e receptor acústicos podem varrer em muitas direções. Alternativamente, dispositivos ópticos, tais como lasers, podem compreender o sistema de evitação de obstrução.

[0016] Também incluído como a presente invenção está um método para posicionar um arranjo de fontes a reboque atrás de um navio. As etapas deste método incluem determinar a posição de linha transversal do arranjo de fontes, e dirigir independentemente um dispositivo defletor para posicionar o arranjo de fontes em uma posição de linha transversal desejada. O método adicionalmente inclui usar um controlador para controlar o dispositivo defletor para alcançar a posição desejada de linha transversal. Uma unidade de sistema de posicionamento é usada para determinar a posição do arranjo de fontes e prover a posição para o controlador.

[0017] Como discutido anteriormente, o defletor que pode ser usado no método da presente invenção preferivelmente

compreende uma asa e um atuador para mover a asa. O controlador controla o atuador, o qual move a asa, sendo que o movimento da asa dirige o arranjo de fontes.

[0018] O método da presente invenção adicionalmente provê um método para evitar obstrução em ou sob a água. Estas etapas incluem detectar sinais ou reflexões acústicas indicando obstruções na trajetória do arranjo de fontes e ajustar o dispositivo defletor para dirigir ao redor de uma obstrução detectada pelo transdutor e receptor acústicos.

[0019] A presente invenção adicionalmente provê um sistema para alterar a posição de um arranjo de fontes rebocado por um navio em um corpo de água tendo um defletor acoplado ao arranjo de fontes. O defletor inclui uma asa que provê uma força lateral para o arranjo de fontes à medida que o arranjo de fontes é rebocado através da água, um atuador para controlavelmente variar o ângulo entre a asa defletora e a direção de reboque do navio, e um sensor para medir o ângulo da asa. Adicionalmente, o defletor pode incluir um sistema de posicionamento para indicar a posição do defletor, e um controlador para prover um comando para o atuador para variar o ângulo entre a asa defletora e a direção de reboque. Preferivelmente, comandos a partir do controlador para o atuador fazem o defletor se dirigir para uma posição desejada e então manter aquela posição.

[0020] O defletor é estabilizado contra forças transversais à direção de reboque por forças de arrasto resultando de rebocar o arranjo de fontes a partir do defletor. Estabilização adicional pode ser concretizada tendo uma extremidade inferior do defletor que é pesada e uma extremidade superior que é flutuante.

[0021] Como um sistema de pesquisa sísmico alternativo para uso em água, a presente invenção provê um guincho para controlar a posição de um arranjo de fontes. O sistema compreende um arranjo de fontes rebocado por um primeiro cabo de reboque, um defletor rebocado por um segundo cabo de reboque, uma corda distanciadora acoplando o primeiro e segundo cabos de reboque, e um guincho ligado à corda distanciadora, sendo que o guincho controla uma posição do arranjo de fontes. Uma unidade receptora do sistema de posicionamento montada no arranjo de fontes e um controlador são usados para controlar a posição do arranjo de fontes. O controlador pode ser um computador, um sistema de controle distribuído, um sistema de controle analógico ou outro controlador conhecido por aqueles tendo experiência ordinária na técnica. O controlador é posicionado em um local selecionado a partir de um navio rebocador, no mar (tal como no guincho), e combinações dos mesmos. A unidade receptora do sistema de posicionamento ligada ao arranjo de fontes provê um sinal para informar o controlador da localização corrente do arranjo de fontes. Uma fonte sísmica no arranjo de fontes pode ser disparada quando o arranjo de fontes estiver em uma localização desejada.

[0022] O guincho compreende qualquer aparelho para variar o comprimento efetivo da corda. Por exemplo, o guincho pode incluir um carretel para enrolar a corda distanciadora sobre o guincho, um atuador para girar o carretel, e um alojamento adjacente ao carretel. O atuador usa uma força motriz selecionada de elétrica e hidráulica. O alojamento protege sensores, condutores, fontes de energia e unidades de armazenagem de energia da água e compreende um conector para

conectar um umbilical contendo condutores ou fibras-ópticas ao alojamento a partir do controlador e fonte de energia no navio rebocador. A energia pode ser fornecida a partir do navio rebocador para o guincho através do umbilical/cabo de reboque, a partir de uma ou mais baterias localizadas no guincho, ou a partir de combinações destes.

[0023] Um arranjo de fontes compreende um ou mais sub-arranjos. Arranjos de fontes que são dirigidos para localizações em somente um lado da linha de centro do navio rebocador requerem somente um dispositivo defletor para controlar a posição de linha transversal do arranjo de fontes porque as forças exercidas sobre o arranjo de fontes à medida que o arranjo está sendo rebocado através da água tendem a forçar o arranjo de fontes para a linha de centro do barco rebocador. Alternativamente, se o arranjo de fontes for dirigido para localizações em ambos lados da linha de centro do navio rebocador, então dois dispositivos defletores, um em cada lado do arranjo de fontes, são requeridos.

[0024] O sistema pode adicionalmente compreender um sistema de evitação de obstáculo compreendendo um transdutor e receptor acústicos acoplados ao arranjo de fontes, e um controlador, sendo que o controlador ajusta o guincho para se dirigir ao redor de uma obstrução localizada pelo transdutor e receptor acústicos. O transdutor e receptor acústicos preferivelmente operam em uma faixa típica para dispositivos tipo sonar.

[0025] Os anteriores e outros objetivos, características e vantagens da invenção serão aparentes a partir da descrição mais particular seguinte de uma configuração preferida da invenção, como ilustrada nos desenhos anexos onde números de

referência iguais representam partes iguais da invenção.

Descrição resumida dos desenhos

[0026] A figura 1 é uma vista lateral de um navio rebocando um arranjo de fontes instalado com um dispositivo defletor de acordo com a presente invenção.

[0027] As figuras 2A-2B são vistas em perspectiva de cada lado do dispositivo defletor.

[0028] A figura 3 é uma vista lateral do dispositivo defletor acoplado ao cabo de reboque entre o navio rebocador e um sub-arranjo de acordo com a presente invenção.

[0029] A figura 4 é um diagrama esquemático de um esquema de controle para dirigir um arranjo de fontes de acordo com a presente invenção.

[0030] A figura 5 é uma vista aérea de um sistema de pesquisa sísmica marítima com múltiplos arranjos de fontes instalados com cordas distanciadoras que acoplam sub-arranjos de fontes adjacentes juntos, sendo dirigidos com um dispositivo defletor em cada arranjo de fontes de acordo com a presente invenção.

[0031] A figura 6 é uma vista aérea de um sistema de pesquisa sísmica marítima com múltiplos sub-arranjos de fontes acoplados juntos com cordas distanciadoras e cada arranjo de fontes sendo dirigido com guinchos de acordo com a presente invenção.

[0032] A figura 7 é uma vista de topo de um guincho usado para dirigir um arranjo de fontes de acordo com a presente invenção.

[0033] A figura 8 é uma vista aérea de um navio rebocador rebocando um único arranjo de fontes.

Descrição detalhada

[0034] A presente invenção provê um sistema de pesquisa sísmica que inclui um ou mais arranjos de fontes rebocados atrás de um navio. O sistema pode ser usado para conduzir pesquisas sísmicas das formações geológicas sub-superficiais que ficam por baixo de um corpo de água. O sistema compreende um arranjo de fontes e um dispositivo defletor independentemente dirigível que é acoplado ao arranjo de fontes, preferivelmente suspenso de um elemento de bóia do arranjo de fontes ou alternativamente, de uma bóia independente separada. O dispositivo defletor controla a posição do arranjo de fontes exercendo uma força lateral contra o arranjo de fontes à medida que o dispositivo defletor é rebocado através da água. O dispositivo defletor preferivelmente inclui uma asa que pode ser angularmente ajustada para dirigir o arranjo de fontes para uma posição desejada atrás do navio rebocador.

[0035] O dispositivo defletor é um corpo hidrodinâmico que usa a velocidade da água, alcançada sendo rebocado pelo navio rebocador através da água, para gerar uma força lateral para dirigir o arranjo de fontes para a localização desejada. Deve ser notado que um arranjo de fontes rebocado geralmente se move ao longo da linha de centro do navio rebocador devido às forças exercidas no arranjo de fontes pela água. Portanto, o dispositivo defletor é usado geralmente para dirigir o arranjo de fontes para longe da linha de centro do navio rebocador para uma posição desejada. O dispositivo defletor preferivelmente compreende uma única asa em um arranjo geralmente vertical e um corpo central, mas também pode compreender uma asa superior, uma asa inferior, e um corpo central, onde as asas superior e inferior são dispostas em

lados opostos do corpo central em um arranjo geralmente vertical e onde as asas se movem juntas em movimentos similares. Alternativamente, as asas podem ser dispostas em um arranjo geralmente horizontal, onde as asas podem se mover juntas, em movimentos similares, ou onde uma asa é fixa e a outra asa é ajustada, ou onde cada asa pode ser ajustada independentemente. O corpo central preferivelmente fuselado tem pontos de conexão que permitem o dispositivo defletor ser conectado a um cabo de reboque a partir do navio rebocador e ao arranjo de fontes. O dispositivo defletor pode ser posicionado na frente de um arranjo de fontes, no fim de um arranjo de fontes, dentro do próprio arranjo de fontes, ou podem existir múltiplos dispositivos defletores posicionados em alguma combinação destas posições. Uma localização preferida é na frente do sub-arranjo localizado mais afastado da linha de centro do navio rebocador tal que o arranjo de fontes siga o dispositivo defletor.

[0036] À medida que o dispositivo defletor é rebocado pela água, uma ou mais asas produzem uma força para os lados, ou "sustentação", a qual move o defletor lateralmente em relação à direção de reboque. É útil definir um "ângulo de ataque" quando discutindo tal sustentação, este ângulo sendo definido pelo arco entre o plano no qual a superfície guiada da asa fica e a direção de reboque pela água. O ângulo de ataque ficará geralmente em um plano horizontal, embora não necessariamente assim.

[0037] O corpo central preferivelmente também contém o atuador que move as asas bem como conexões para um umbilical, ou cabos, mangueiras e combinações dos mesmos, que carregam sinais de controle para e a partir do dispositivo defletor. O

atuador pode mover as asas hidraulicamente ou por um motor elétrico. Um motor elétrico é preferido porque um motor elétrico é menor, mais simples e mais barato para operar e manter do que um sistema hidráulico. O corpo central também pode conter sensores que detectam o movimento e posição da asa e transmitem aquelas informações para um controlador discutido abaixo. Alternativamente, o atuador pode ficar adjacente ao corpo central.

[0038] A energia elétrica pode ser fornecida para o defletor por condutores no umbilical, ou cabo, a partir do navio rebocador, de baterias ou outros dispositivos de armazenagem de eletricidade localizados no defletor, ou de combinações dos mesmos.

[0039] A asa ou hidrofólio pode ter um perfil que é simétrico ou que tenha câmber. Um perfil com câmber é preferido. O tamanho da asa, ou alternativamente das asas, normalmente estará na faixa de entre cerca de um e sete metros quadrados totais para cada defletor. A asa pode ser construída de qualquer material, mas preferivelmente a asa é feita de metal, material composto ou combinações destes. Uma construção preferida é um revestimento de aço inoxidável cobrindo um núcleo de espuma. Se peso é uma preocupação, titânio pode ser usado como um material de construção preferido. O corpo central e atuador são preferivelmente construídos de aço inoxidável. O peso submerso do dispositivo defletor está preferivelmente entre 30 e cerca de 150 kg. A espuma enchendo as asas e corpo central pode ser usada para flutuação para reagir contra o peso do metal usado para construir o dispositivo defletor.

[0040] Um sistema de controle monitora a localização do

arranjo de fontes e envia sinais para o dispositivo defletor para dirigir o arranjo para a localização desejada para o arranjo. Embora o defletor possa ser usado para posicionar um arranjo de fontes em relação ao navio, ele é preferivelmente usado para posicionar o arranjo de fontes em relação ao globo. Portanto, uma unidade de sistema de posicionamento é ligada ao arranjo de fontes para prover o controlador com a localização real do arranjo de fontes. Conhecendo a localização exata da unidade de sistema de posicionamento e conhecendo a localização em linha de cada fonte acústica no arranjo em relação à unidade de sistema de posicionamento, o controlador pode determinar grosseiramente a localização para cada fonte acústica sendo rebocada atrás do navio rebocador. A unidade de sistema de posicionamento pode ser, por exemplo, uma unidade de sistema de posicionamento global (GPS), outro sistema de posicionamento por satélite, laser, uma rede acústica, ou qualquer outro tipo de unidade conhecida por alguém tendo experiência ordinária na técnica que possa ser usado para determinar uma localização específica.

[0041] O controlador pode comparar a localização real da unidade de sistema de posicionamento com a localização desejada e então enviar um sinal para o dispositivo defletor para dirigir o arranjo de fontes e desta maneira manter ou alcançar a localização desejada. Uma vez que o controlador está constantemente monitorando a localização do arranjo de fontes, se o arranjo for movido devido a correntes, ondas, marés, ventos ou outras forças externas, o controlador pode rapidamente detectar o movimento e instruir o dispositivo defletor para dirigir o arranjo de fontes de volta para a localização desejada. O controlador pode estar localizado no

navio rebocador comunicando-se com o atuador que move as asas no dispositivo defletor. Em uma configuração preferida, um controlador a bordo do navio rebocador comunica-se com um controlador local no corpo central do dispositivo defletor. Este controlador local então transmite um sinal para o atuador para mover a asa e dirigir o arranjo de fontes para a localização desejada ótima. Nesta configuração, a unidade de sistema de posicionamento envia um sinal para o sistema de navegação do navio rebocador, o qual então comunica a localização do arranjo de fontes para o controlador a bordo. Usar o sistema de navegação do navio rebocador para receber o sinal da unidade de sistema de posicionamento é uma configuração preferida porque o sistema de navegação do navio rebocador convencionalmente tem a capacidade de receber e processar o sinal da unidade de sistema de posicionamento. Alternativamente, a capacidade de receber e processar o sinal da unidade de sistema de posicionamento pode ser tornada parte do controlador a bordo. Sensores no corpo central também podem monitorar a posição da asa e/ou o movimento do dispositivo defletor e transmitir sinais provendo aquela informação para o controlador local e o controlador a bordo, se desejado.

[0042] O controlador a bordo pode ser um computador, um sistema de controle distribuído, um sistema de controle analógico ou outro sistema de controle conhecido por aqueles tendo experiência ordinária na técnica. O controlador local pode ser um ou mais controladores digitais, controladores analógicos ou combinações dos mesmos. O controlador a bordo e o controlador local podem enviar sinais de controle e receber sinais de transmissor ou sinais de cada outro por quaisquer

meios, incluindo ondas de rádio, condutores elétricos, fibra ótica ou combinações dos mesmos.

[0043] O sistema de pesquisa sísmica também pode incluir um sistema de evitação de obstruções. Um transdutor e receptor acústicos podem ser montados no dispositivo defletor ou em um arranjo de fontes adjacente. O transdutor e receptor acústicos preferivelmente operam na faixa de sistemas sonares típicos e podem ser direcionados em qualquer uma direção geral ou varrer em muitas direções. O transdutor e receptor acústicos podem ser usados para localizar obstruções em ou sob a água tais como, por exemplo, construções submersas no mar, dispositivos atracados, dispositivos de flutuação livre, cabos de reboque e dispositivos rebocados. Quando o transdutor e receptor acústicos localizam uma obstrução, um sinal pode ser enviado para o controlador (quer o controlador a bordo ou o controlador local) e o controlador pode então sinalizar o dispositivo defletor para ajustar a asa e dirigir o arranjo de fontes para longe de ou ao redor da obstrução detectada. O transdutor e receptor acústicos podem ser energizados a partir dos eletrônicos locais no mar. Os sinais de comunicação a partir do transdutor e receptor acústicos para o controlador podem ser transmitidos por qualquer meio, incluindo ondas de rádio, fibras ópticas ou condutores elétricos, preferivelmente por condutores no umbilical ligado ao dispositivo defletor. Este sistema de evitação de obstruções pode ser particularmente útil durante a recuperação ou instalação do arranjo para evitar o embaraçamento dos cabos de reboque.

[0044] Se um navio rebocador está rebocando mais do que um arranjo de fontes, cada arranjo de fontes individuais

tipicamente tem um dispositivo defletor para controlar a localização de cada arranjo de fontes. Quando o arranjo de fontes compreende dois ou mais sub-arranjos acoplados juntos com cordas distanciadoras, somente um dos sub-arranjos acoplados, tipicamente o sub-arranjo localizado mais afastado da linha de centro do navio rebocador, é provido com um dispositivo defletor para dirigir o arranjo de fontes.

[0045] Quando um navio rebocador está rebocando somente um arranjo de fontes compreendendo uma pluralidade de sub-arranjos, então tanto o sub-arranjo mais afastado quanto o sub-arranjo mais próximo da linha de centro do navio rebocador são providos com um dispositivo defletor para dirigir para e manter o arranjo de fontes em localizações desejadas em qualquer lado da linha de centro do navio rebocador.

[0046] Alternativamente, um guincho pode ser usado, ao invés do dispositivo defletor, para controlar a localização do arranjo de fontes. Usando um Monowing [mono-asa] ou dispositivo similar para controlar a localização de flâmulas sísmicas, uma corda distanciadora ajustável acoplando um condutor de entrada de um sub-arranjo do arranjo de fontes ao condutor de entrada de uma flâmula sísmica pode controlar a posição do arranjo de fontes. O comprimento da corda distanciadora é ajustado por meio de um guincho que é ligado ao condutor de entrada do sub-arranjo mais afastado da linha de centro do navio rebocador. A corda distanciadora ajustável que posiciona o arranjo de fontes pode ser encurtada ou encomprida pelo guincho, dirigindo efetivamente o arranjo de fontes para uma posição desejada. Um controlador pode controlar o guincho e desse modo encompridar ou encurtar o

comprimento da corda distanciadora, guinchando a corda para dentro ou para fora para dirigir o arranjo de fontes para a posição desejada. Como na configuração com o dispositivo defletor, uma unidade de sistema de posicionamento pode ser montada no arranjo de fontes para medir a localização real do arranjo de fontes e prover o controlador com aquela informação. Entretanto, ao invés de ajustar a posição da asa no dispositivo defletor, o controlador pode ajustar o comprimento efetivo da corda distanciadora guinchando a corda distanciadora para dentro ou para fora. A corda distanciadora pode ser feita de corda, corrente, fio ou outra forma de material que possa ser guinchado e que seja adequada para o ambiente marítimo como conhecido por aqueles tendo experiência ordinária na técnica.

[0047] É uma vantagem importante da presente invenção que o dispositivo defletor, ou alternativamente o guincho, dirija o arranjo de fontes para uma posição predeterminada e mantenha aquela posição enquanto o arranjo está sendo rebocado através da água. A posição predeterminada pode ser ao longo de uma linha reta ou ao longo de qualquer outra trilha que tenha sido definida quer por experiência ou por pesquisas anteriores, ou a posição pode ser uma que simplesmente permitirá posições de fonte ótimas em pesquisas futuras. Além disso, durante pesquisas sísmicas 4-D, é importante que o arranjo de fontes esteja localizado tão proximamente quanto possível às mesmas localizações usadas durante pesquisas anteriores da mesma grade. É uma vantagem da presente invenção que o defletor pode ser usado para localizar o arranjo de fontes na mesma localização que usada durante pesquisas anteriores da grade.

[0048] Sem o dispositivo defletor ou guincho dirigindo o arranjo de fontes, a posição do arranjo de fontes está sujeita à influência de correntes, ondas, vento e mudanças na direção do navio rebocador. Exercendo força lateral, o dispositivo defletor ou guincho pode dirigir o arranjo de fontes para a posição predeterminada ótima independente da localização das flâmulas, da velocidade do navio rebocador ou de outras influências.

[0049] Uma outra vantagem da presente invenção é que o controle aumentado sobre a localização do arranjo de fontes permite o arranjo de fontes ser posicionado mais próximo a construções instaladas, unidades atracadas ou outros dispositivos conhecidos em ou sob a água sem medo de embaraçar os cabos de reboque ou arranjos com estes obstáculos. Isto provê a pesquisa sísmica aumentada de uma grade sendo capaz de reunir dados sísmicos de localizações que antes eram evitadas por medo de embaraçar o equipamento de pesquisa sísmica com obstáculos em ou sob a água. Além disso, o controle de posicionamento em linha transversal pode ser usado para diminuir o raio de giro do navio da flâmula sem embaraçar as flâmulas.

[0050] A figura 1 é uma vista lateral de um navio rebocando um arranjo de fontes instalado com um dispositivo defletor de acordo com a presente invenção. Um navio rebocador 12 reboca um sub-arranjo 11 de um arranjo de fontes por um cabo de reboque 13. O sub-arranjo 11 tem várias fontes acústicas 14 suspensas do sub-conjunto 11. Estas fontes acústicas 14 são tradicionalmente pistolas de ar comprimido, as quais são disparadas para gerar ondas acústicas que são refletidas a partir das características geológicas sub-

superficiais, de volta para receptores (não mostrados) durante uma exploração sísmica. O dispositivo defletor 15 é conectado ao cabo de reboque 13 entre o navio 12 e o arranjo de fontes 11 tal que o arranjo de fontes 11 siga o dispositivo defletor 15. Também montada no arranjo de fontes 11 está uma unidade de sistema de posicionamento global (GPS) 16 que notifica o sistema de navegação 17 do navio rebocador 12 da localização exata do arranjo de fontes 11.

[0051] As figuras 2A-2B são vistas em perspectiva de cada lado do dispositivo defletor 15. A asa móvel 18 é disposta adjacente ao corpo central fuselado 19. O atuador 20 move a asa 18 sobre o eixo geométrico vertical da asa. O corpo central 19 também pode conter um controlador local 24 e sensores (não mostrados) para monitorar o movimento da asa 18 e contém o motor (não mostrado) que aciona o atuador 18 e opcionalmente, baterias 23. O cabo de reboque 13 liga-se ao defletor para reboque do defletor pelo navio rebocador e conecta o defletor 15 ao sub-arranjo 11 sendo rebocado. Cabos elétricos, ópticos ou combinação destes 22 podem ser conectados ao defletor para prover energia elétrica e carregar sinais de controle. Uma mangueira de alta pressão 21 também pode ser conectada ao defletor para prover ar a alta pressão para as pistolas pneumáticas.

[0052] A figura 3 é uma vista lateral do dispositivo defletor acoplado ao cabo de reboque entre o navio rebocador e um sub-arranjo de acordo com a presente invenção. O cabo de reboque 13 reboca o sub-conjunto 11 e o dispositivo defletor 15 pela água. O corpo central 19 está adaptado para ser conectado ao cabo de reboque 13 entre o navio rebocador e o sub-arranjo 11. Os cabos elétricos, ópticos ou combinação

destes 22 podem conter condutores de energia elétrica, condutores de sinal de controle e fibras ópticas para enviar e/ou receber energia elétrica e sinais de controle e são conectados ao corpo central 19. Também mostrada conectada ao corpo central 19 está uma mangueira de alta pressão 21 para fornecer ar em alta pressão para as pistolas pneumáticas. O anteparo 27 provê conexões para o cabo 22 e mangueira de alta pressão 21. Cordas 26 conectadas à bóia de sub-arranjo 25 suportam o dispositivo defletor 15. As unidades de posicionamento, a unidade GPS 16 e o sensor acústico 23 são mostrados montados à bóia 25 e fontes acústicas 14 são mostradas suspensas a partir da bóia 25.

[0053] A figura 4 é um diagrama esquemático de um esquema de controle para dirigir um arranjo de fontes de acordo com a presente invenção. A unidade de posicionamento 16, montada no sub-arranjo 11 (fig. 1) transmite a posição do sub-arranjo 11 para o sistema de navegação 17 localizado no navio rebocador 12 (fig. 1). O sistema de navegação 17 provê a informação de localização recebida da unidade de posicionamento 16 para o controlador a bordo 32. O controlador a bordo 32 pode ser um computador, um sistema de controle distribuído, um sistema de controle analógico ou outro dispositivo de controle conhecido por aqueles tendo experiência ordinária na técnica. O controlador a bordo 32 preferivelmente comunica-se com o controlador local 29 pelo umbilical 27, mas pode se comunicar através de uma transmissão sem fio. O umbilical 27 contém condutores para prover energia e sinais de controle para e a partir do corpo central 19. O controlador local 29 envia um sinal para o motor elétrico 31 que move o atuador 20, o qual por sua vez

move a asa 18. Quando a asa 18 se move, a força lateral imposta contra a asa pela água dirige o sub-arranjo 11 para a posição desejada. Sensores 28 detectam a posição angular da asa 18 e enviam esta informação de volta para o controlador local 29 e, opcionalmente, para o controlador a bordo 32 onde ela pode ser exibida para um operador ler.

[0054] A figura 5 é uma vista aérea de um sistema de pesquisa sísmica marítima com múltiplos arranjos de fontes instalados com cordas distanciadoras que acoplam sub-arranjos de fontes adjacentes juntos, sendo dirigidos com um dispositivo defletor em cada um dos arranjos de fontes de acordo com a presente invenção. Múltiplos sub-arranjos 11 são mostrados formando dois arranjos de fontes instalados com cordas distanciadoras 33 que acoplam sub-arranjos adjacentes 11 juntos. Cada um dos arranjos de fontes é mostrado sendo dirigido com um dispositivo defletor 15 ligado ao sub-arranjo 11 mais afastado da linha de centro do navio rebocador 12. As cordas distanciadoras 33 mantêm uma distância definida entre cada um dos sub-arranjos adjacentes 11 acoplados juntos com as cordas distanciadoras 33 ou podem opcionalmente incluir um guincho como descrito anteriormente. Um dispositivo defletor 15 pode então ser usado para dirigir os sub-arranjos acoplados 11 como uma unidade para uma posição desejada.

[0055] A figura 6 é uma vista aérea de múltiplos sub-arranjos 11 acoplados juntos com cordas distanciadoras 33, com cada arranjo de fontes sendo dirigido com um guincho 36 de acordo com a presente invenção. Nesta configuração, uma corda distanciadora 33 mantém a distância relativa entre um defletor 37 e os arranjos de fontes 38. O defletor 37 pode ser dedicado para os arranjos de fontes como mostrado, ou

alternativamente, o defletor 37 pode ser conectado com um cabo de flâmula sísmica que é conectado aos arranjos de fontes com uma corda distanciadora como mostrado na fig. 5. Um guincho 36 pode ajustar o comprimento da corda distanciadora 33 guinchando a corda distanciadora 33 para dentro ou para fora. À medida que o guincho 36 guincha a corda distanciadora 33 para dentro, o arranjo de fontes 38 move-se contra o defletor 37. À medida que o guincho 36 guincha a corda distanciadora 33 para fora, o arranjo de fontes 38 move-se para longe do defletor 37. O controlador a bordo 32 recebe um sinal transmitido pela unidade de GPS 16 montada em um dos sub-arranjos 11. O controlador a bordo 32 então transmite um sinal para o guincho 36 para guinchar a corda distanciadora 33 para dentro ou para fora, dirigindo assim o arranjo de fontes 11 para uma posição desejada ou mantendo uma posição desejada.

[0056] A figura 7 é uma vista de topo de um guincho usado para dirigir um arranjo de fontes de acordo com a presente invenção. O guincho 36 é ligado ao cabo de reboque 13 entre o navio rebocador 12 e o sub-arranjo 11 como mostrado na fig. 6. O carretel 40 gira para recolher ou soltar a corda distanciadora 33. O carretel 40 pode ser girado com um motor elétrico ou hidráulico 39 energizado a partir do cabo 22 (fig. 3). Baterias 35, ou outra unidade de armazenagem de energia, também podem ser incluídas para prover energia. Uma unidade controladora 41 pode ser provida para controlar o motor do guincho 39.

[0057] A figura 8 é uma vista aérea de um navio rebocador rebocando um único arranjo de fontes. O navio rebocador 12 está rebocando um único arranjo de fontes 38 compreendendo

três sub-arranjos. Por causa das forças exercidas no arranjo de fontes 38 enquanto ele está sendo rebocado na água, o arranjo de fontes 38 tende a seguir a linha de centro do navio rebocador 12. Para dirigir o arranjo de fontes 38 para qualquer lado da linha de centro, dois dispositivos defletores devem ser providos, para cada um dos sub-arranjos 11 mais afastados da linha de centro do navio rebocador 12. Alternativamente, um guincho 36 (fig. 7) pode substituir os dispositivos defletores 15. Alternativamente, caso o arranjo de fontes 38 deva ser dirigido para somente um lado da linha de centro do navio rebocador 12, então somente um dispositivo defletor 15 seria requerido.

[0058] Será entendido a partir da descrição anterior que várias modificações e mudanças podem ser feitas na configuração preferida da presente invenção sem se desviar de seu verdadeiro espírito. É pretendido que esta descrição seja para propósitos de ilustração somente e não deve ser interpretada em um sentido limitante. O escopo desta invenção deve ser limitado somente pela linguagem das reivindicações seguintes.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para posicionar um arranjo de fontes rebocado atrás de um navio compreendendo determinar a posição do arranjo de fontes (11,38), o referido método caracterizado pelo fato de compreender ainda dirigir, independentemente, um dispositivo defletor (15) acoplado ao arranjo de fontes (11, 38) para mover o arranjo de fontes (11, 38) para uma posição desejada, sendo que o dispositivo defletor (15) tem um corpo (19) e uma ou mais asas (18) que são posicionadas em uma distância lateral a partir do corpo (19) em uma direção transversal.
2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender, adicionalmente: controlar o dispositivo defletor (15) para dirigir o arranjo de fontes (11, 38) para a posição desejada.
3. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de compreender, adicionalmente: determinar a posição do arranjo de fontes (11, 38), e prover a posição para o controlador (24, 29, 32).
4. Método, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de compreender, adicionalmente: disparar uma fonte sísmica no arranjo de fontes (11, 38) quando o arranjo de fontes (11,38) estiver em uma posição desejada.
5. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de o dispositivo defletor (15) compreender, adicionalmente: um atuador (20) disposto dentro do corpo (19).
6. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de compreender, adicionalmente: transmitir um sinal de controle para o atuador (20); e mover uma ou mais asas (18) com o atuador (20), sendo que o movimento de uma ou mais asas (18) direciona o arranjo de fontes (11, 38).
7. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender, adicionalmente: acoplar,

independentemente, um segundo dispositivo defletor (15) direcionável para um segundo arranjo de fontes (11, 38) para controlar uma segunda posição do segundo arranjo de fontes (11, 38).

8. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender, adicionalmente:

- detectar sinais acústicos indicando obstruções na trajetória do arranjo de fontes (11, 38); e
- ajustar o dispositivo defletor (15) para direcionar desviando das obstruções detectadas.

9. Método, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de compreender, adicionalmente: operar um transdutor acústico e receptor em uma faixa típica para dispositivos sonares.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de compreender, adicionalmente: varrer o transdutor e receptor acústicos em muitas direções.

11. Sistema para pesquisa sísmica para uso em água, caracterizado pelo fato de compreender: um arranjo de fontes (11, 38) rebocado por um primeiro cabo de reboque (13); um defletor (15) defletindo um segundo cabo de reboque (13); uma corda distanciadora (33) acoplando o primeiro cabo de reboque (13) ao segundo cabo de reboque; e um guincho (36) ligado à corda distanciadora (33), sendo que o guincho (36) ajusta um comprimento da corda (33) distanciadora para modificar uma posição do arranjo de fontes (11, 38).

12. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de compreender, adicionalmente, um controlador (24, 29, 32) para controlar a posição do arranjo de fontes (11, 38).

13. Sistema, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de compreender, adicionalmente, uma unidade de sistema de posicionamento (16, 17) ligada ao arranjo de

fontes (11, 38), sendo que a unidade de sistema de posicionamento (16, 17) provê um sinal para informar ao controlador (24, 29, 32) a posição do arranjo de fontes (11, 38).

14. Sistema, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de uma fonte sísmica no arranjo de fontes (11, 38) ser disparada quando o arranjo de fontes (11, 38) estiver em uma localização desejada.

15. Sistema, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de o controlador (24, 29, 32) ser posicionado em uma localização selecionada a partir de um navio rebocador (12), um guincho (36), e combinações destes.

16. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de o guincho (36) compreender: um carretel (40) para enrolar a corda distanciadora (33) sobre o guincho (36); um atuador (20) para girar o carretel (40); e um alojamento adjacente ao carretel (40).

17. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de compreender, adicionalmente, um transdutor e receptor acústicos, acoplados ao arranjo de fontes (11, 38); e um controlador (24, 29, 32), sendo que o controlador ajusta o guincho (36) para direcionar desviando da obstrução localizada pelo transdutor e receptor acústicos.

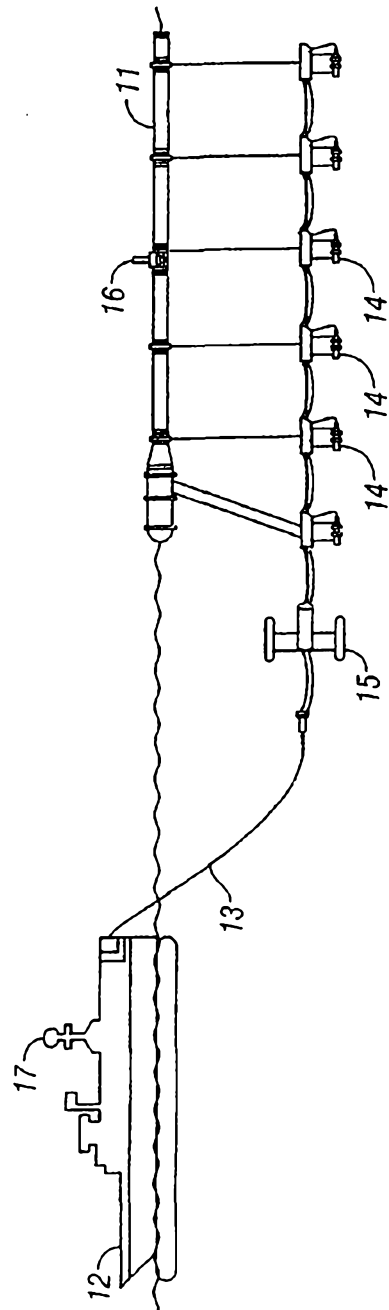


FIG.1

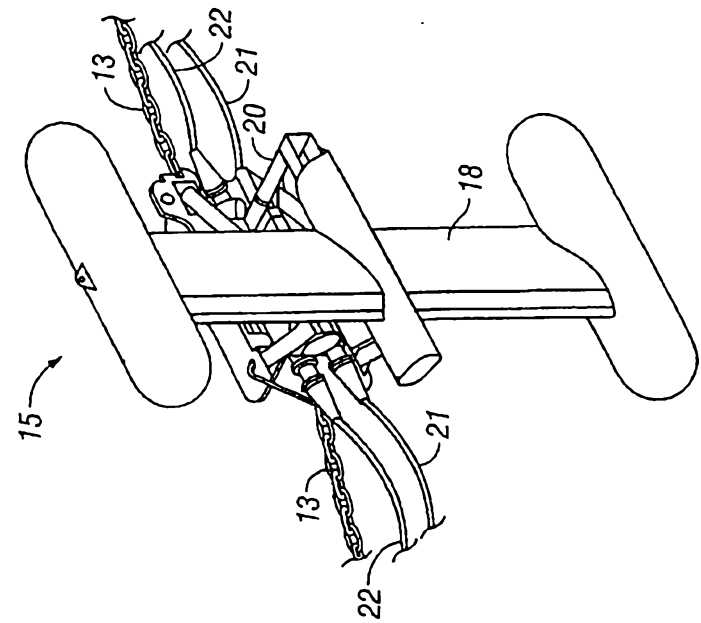


FIG. 2A

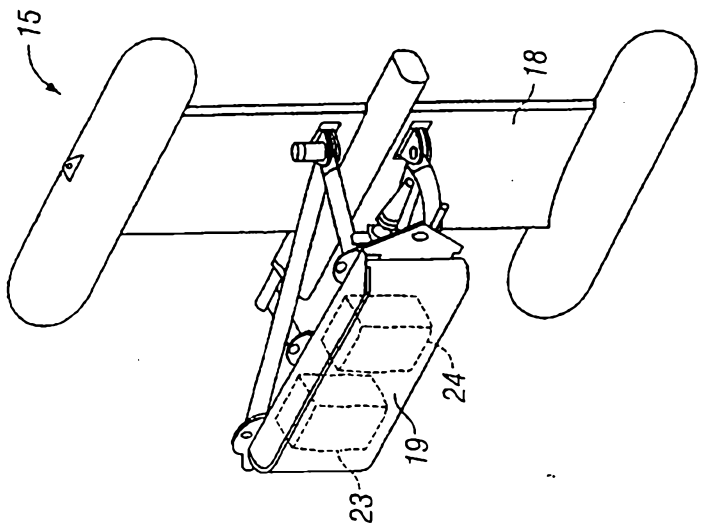


FIG. 2B

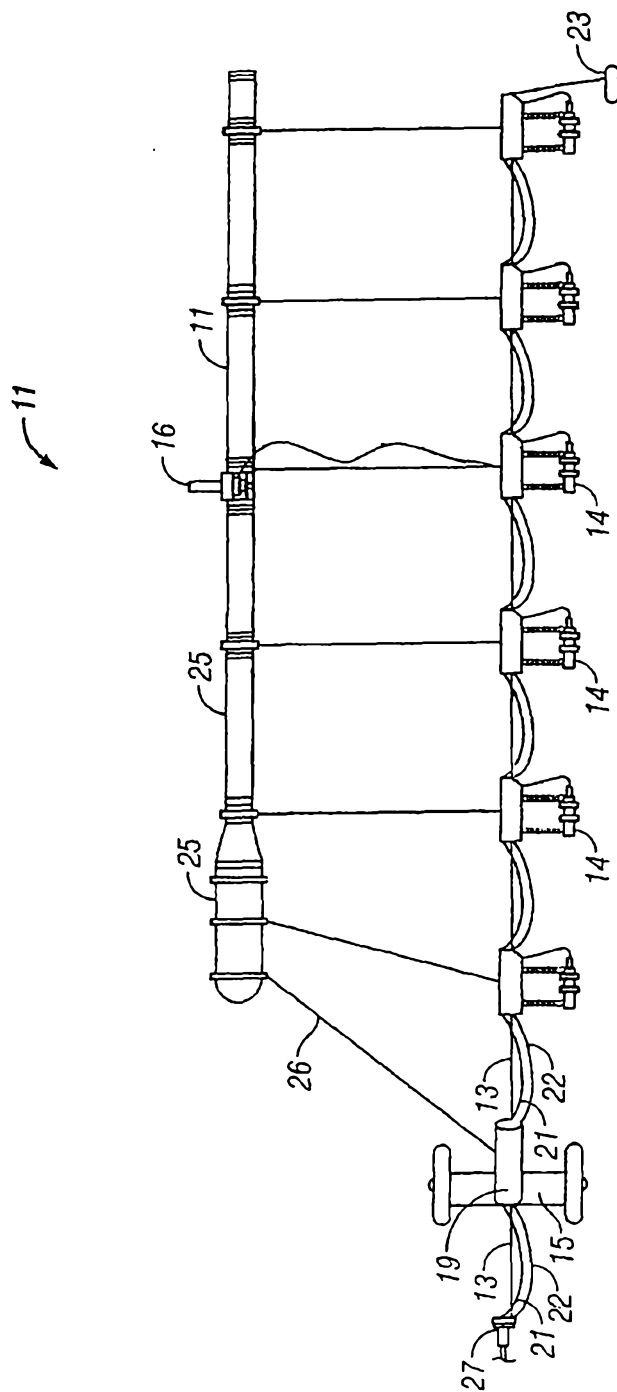


FIG.3

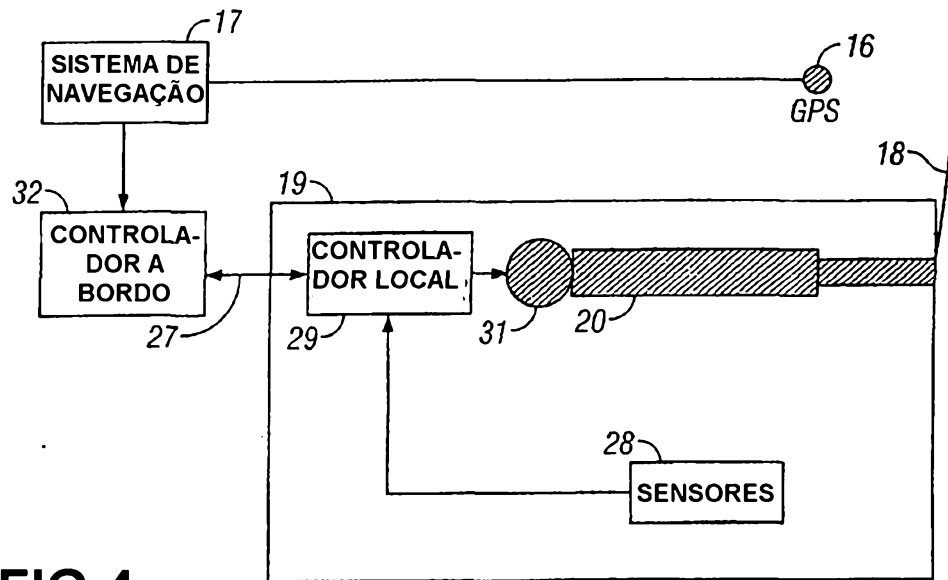


FIG.4

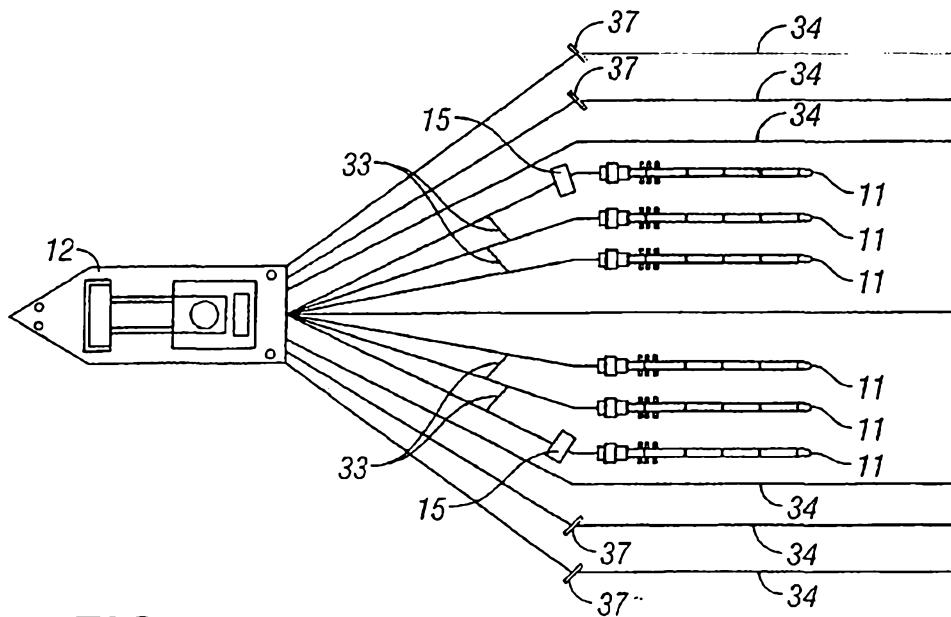


FIG.5

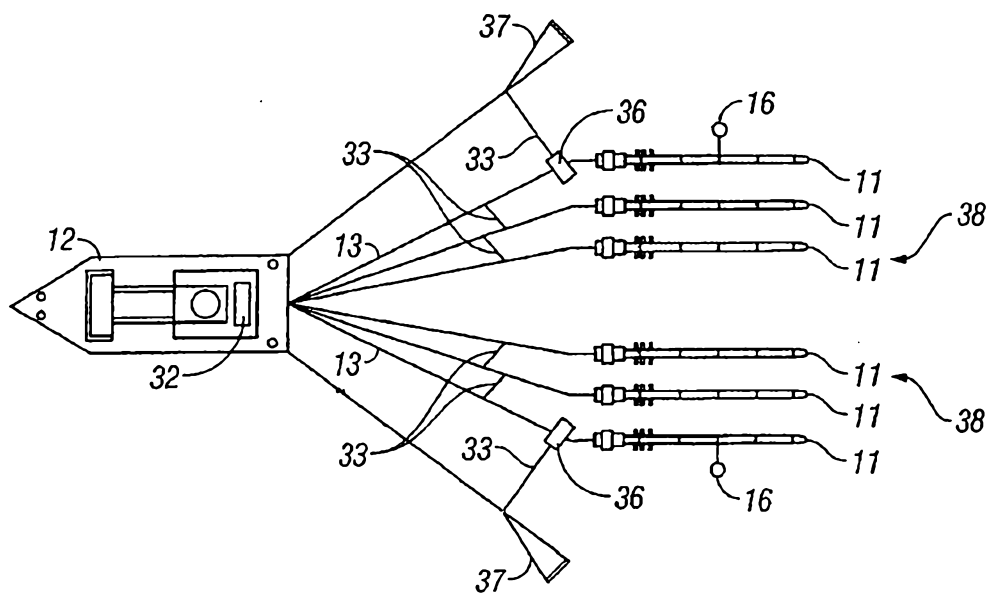


FIG. 6

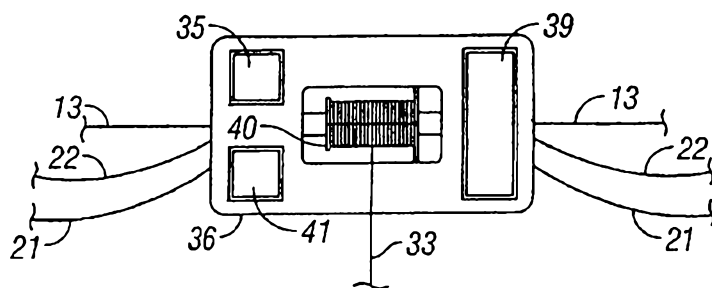


FIG. 7

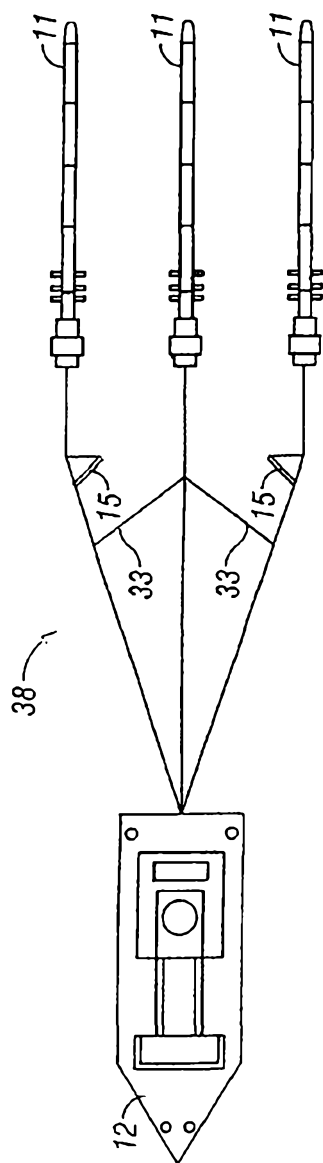


FIG.8