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

(11) PI 1106090-5 B1

(22) Data do Depósito: 28/06/2011

(45) Data de Concessão: 29/09/2020

(54) Título: MÉTODO DE INSTALAÇÃO DE UMA BOIA DE PRODUÇÃO EM UM LOCAL DE ANCORAGEM SUBMARINA

(51) Int.Cl.: B63B 21/50; B63B 22/02; E21B 19/00; E21B 43/013.

(30) Prioridade Unionista: 29/06/2010 GB 10 10874.4.

(73) Titular(es): SUBSEA 7 LIMITED.

(72) Inventor(es): JULIAN ROMUALD TOMAS; ARNBJORN JOENSEN.

(86) Pedido PCT: PCT GB2011051223 de 28/06/2011

(87) Publicação PCT: WO 2012/001406 de 05/01/2012

(85) Data do Início da Fase Nacional: 24/10/2011

(57) Resumo: MÉTODO DE INSTALAÇÃO DE UMA BOIA DE PRODUÇÃO EM UM LOCAL DE ANCORAGEM SUBMARINA. A presente invenção refere-se a um método de instalação de uma boia de produção em um local de ancoragem submarina compreende flutuar uma boia de produção através de um local de ancoragem submarina; pendurar pelo menos uma amarra a partir da boia de produção na direção do local de ancoragem submarina, e submergir a boia de produção para uma profundidade que permite a conexão da ou de cada amarra ao local de ancoragem submarina. O aparelho adequado para uso com esse método também é descrito.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODO DE INSTALAÇÃO DE UMA BOIA DE PRODUÇÃO EM UM LOCAL DE ANCORAGEM SUBMARINA".**

[0001] A presente invenção refere-se a um método de instalação de uma boia, particularmente, mas não exclusivamente, uma boia de produção submarina utilizada em instalações de produção de hidrocarbono em águas profundas empregando configurações de elevadores híbridos. A invenção também fornece um aparelho para o tensionamento de uma boia de produção submarina a um local de ancoragem, particularmente, mas não exclusivamente, um local de ancoragem fornecido em uma fundação submarina.

[0002] Em campos de produção em águas profundas, ao invés da instalação de uma plataforma de produção fixa, é comum se ancorar uma embarcação flutuante de produção, armazenamento e descarga (FPSO) em um local adequado na superfície perto do campo. Os fluidos produzidos são recuperados a partir de poços submarinos para o leito do mar e então transportados ao longo de tubulações colocadas no leito do mar até a FPSO. Os fluidos são processados e armazenados na FPSO antes de serem transportados, normalmente por navios tanque, para uma instalação em terra para processamento/distribuição adicional.

[0003] A conexão entre a tubulação colocada no leito do mar e a FPSO é tipicamente fornecida por um elevador catenário de aço (SCR). O SCR é suspenso na água na direção axial por uma boia submarina amarrada ao leito do mar. Com tal disposição, o SCR se estende apenas da tubulação do leito do mar para a boia submarina onde é acoplado, através de conexão adequada, a um elevador flexível. O elevador flexível então pende entre a boia submarina e a FPSO. Esse sistema de conexão é algumas vezes chamado de "sistema desacoplado". Aqui, os movimentos de levantamento da

embarcação de superfície são desacoplados dos movimentos de boia submarina e, dessa forma, os SCRs pendem da mesma.

[0004] Para se corresponder às exigências operacionais, é importante que tais boias submarinas sejam mantidas em uma profundidade adequada e em um local adequado na água. Isso pode ser um problema devido à grande distancia entre a superfície e a fundação à qual a boia deve ser ancorada.

[0005] Outro problema é que as correntes de água localizadas exigem que as amarras se estendam da boia até o local de ancoragem em um ângulo variável. Se manuseadas incorretamente, isso pode causar áreas localizadas de força excessiva nas amarras adjacentes às conexões com a boia, o que pode, por sua vez, resultar em falha prematura das amarras.

[0006] De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção, é fornecido um método de instalação de uma boia de produção em um local de ancoragem submarina, o método compreendendo as etapas de:

flutuar uma boia de produção sobre um local de ancoragem submarina;

pender pelo menos uma amarra a partir da boia de produção de modo que a ou cada amarra se estenda a partir da boia de produção na direção do local de ancoragem submarina; e

submergir a boia de produção até uma profundidade que permita a conexão da ou de cada amarra com o local de ancoragem submarina.

[0007] Opcionalmente, a etapa de submersão da boia de produção compreende a etapa de submersão da boia de produção em uma primeira profundidade predeterminada antes de fazer pender a ou cada amarra a partir da boia de produção.

[0008] A etapa de submersão da boia de produção pode

compreender a suspensão de uma corrente com pesos conglomerados a partir de um par de embarcações fixadas em cada lado da boia de produção.

[0009] Opcionalmente, a boia de produção compreende um formato quadrado ou retangular e quatro amarras são penduradas a partir da boia de produção, uma em cada canto da boia de produção. Alternativamente, a boia de produção compreende um formato triangular e três amarras pendem da boia de produção, uma em cada canto da boia de produção, esse formato triangular pode fornecer cinemática de desenho aperfeiçoada.

[00010] A etapa de fixação da ou de cada amarra ao local de ancoragem submarina pode compreender a inclinação da boia de produção para um lado a fim de prender um par de amarras em um lado da boia de produção às fundações de ancoragem submarinas correspondentes nesse lado da boia de produção, e então a inclinação da boia de produção para o outro lado a fim de se prender um par de amarras no outro lado da boia de produção às fundações de ancoragem submarinas correspondentes nesse lado da boia de produção.

[00011] Opcionalmente, a etapa de inclinação da boia de produção é realizada pelo abaixamento da corrente e dos pesos conglomerados a partir de uma embarcação fixados em um lado da boia de produção e então da outra embarcação no outro lado da boia de produção. Alternativamente, a etapa de inclinação da boia é realizada pelo alagamento seletivo dos compartimentos de lastro dentro da boia.

[00012] Opcionalmente, o método compreende adicionalmente a fixação da boia de produção ao local de ancoragem submarina com pelo menos uma amarra adicional. Opcionalmente, o método compreende a fixação da boia de produção ao local de ancoragem submarina com quatro amarras adicionais para uma boia quadrada ou

retangular ou três amarras adicionais para uma boia triangular.

[00013] A etapa de fixação da boia de produção ao local de ancoragem submarina com pelo menos uma amarra adicional pode compreender a etapa de abaixamento de cada amarra adicional até que a extremidade inferior da ou de cada amarra seja adjacente ao local de ancoragem, e uma parte de fixação, tal como um módulo de tensionamento, na direção da extremidade superior da amarra seja adjacente à boia de produção, e então a fixação da extremidade inferior ao local de ancoragem e à parte de fixação à boia de produção. A etapa de abaixamento inclui opcionalmente o abaixamento da ou de cada amarra a partir de um guindaste fornecido em uma embarcação de suporte.

[00014] Opcionalmente, o método de instalação da boia compreende adicionalmente a etapa de fornecimento de aparelho de tensionamento entre a boia de produção e o local de ancoragem submarina. Opcionalmente, a etapa de fornecimento do aparelho de tensionamento compreende a fixação de um suporte do aparelho de tensionamento à boia de produção, prendendo a amarra com relação ao aparelho de tensionamento com uma disposição de retenção de amarra, fornecendo um elemento de articulação pivotável possuindo um canal de recebimento de amarra através do mesmo, o canal de recebimento possuindo um eixo geométrico longitudinal alinhado com um eixo geométrico de saída de amarra, e um encaixe de suporte adaptado para receber de forma articulada o elemento de articulação pivotável de modo que o movimento do eixo geométrico de saída de amarra fora de alinhamento com o eixo geométrico longitudinal de canal de recebimento resulte no movimento pivotado correspondente do elemento de articulação pivotável com relação ao encaixe.

[00015] O método de instalação de boia pode compreender as etapas de acionamento seletivo do ou de cada aparelho de

tensionamento a fim de ajustar de forma incrementada a tensão mantida pela ou por cada amarra. Opcionalmente, o método compreende a equalização substancial da tensão mantida por cada amarra.

[00016] De acordo com um segundo aspecto da presente invenção, é fornecido um aparelho de tensionamento para tensionar uma amarra que se estende entre uma primeira estrutura e uma segunda estrutura, o aparelho de tensionamento compreendendo:

um suporte para fixar o aparelho com relação à primeira estrutura;

uma disposição de retenção de amarra para prender a amarra com relação ao aparelho;

um elemento de articulação pivotável possuindo um canal de recebimento de amarra através do mesmo, o canal de recebimento possuindo um eixo geométrico longitudinal alinhado substancialmente com um eixo geométrico de saída de amarra;

e um encaixe de suporte adaptado para receber de forma articulada o elemento de articulação pivotável de modo que o movimento do eixo geométrico de saída de amarra fora de alinhamento com o eixo geométrico longitudinal do canal de recebimento resulte no movimento pivotado correspondente do elemento de articulação pivotável com relação ao encaixe.

[00017] Opcionalmente, a primeira estrutura é uma boia de produção submarina e a segunda estrutura é um local de ancoragem submarina.

[00018] Opcionalmente, o elemento de articulação pivotável e o encaixe de suporte são adaptados para permitir o movimento pivotado do aparelho em qualquer direção em torno de um ponto de pivotação a fim de ajustar o movimento correspondente do eixo geométrico de saída de amarra. Opcionalmente, o elemento de articulação pivotável

e o encaixe de suporte compreendem uma disposição de esfera e encaixe.

[00019] O elemento de articulação pivotável pode ser fornecido com uma extensão alongada para facilitar o movimento do elemento de articulação pivotável com o eixo geométrico de saída de amarra. Opcionalmente, a disposição de retenção de amarra é fornecida na extremidade inferior da extensão de alinhamento alongada. Isso fornece uma força de impulso maior na interface entre o elemento de articulação pivotável e o encaixe de suporte visto que o eixo geométrico de saída de amarra tende a mover para longe do alinhamento com o eixo geométrico longitudinal de canal de recebimento.

[00020] A disposição de retenção de amarra pode compreender um par de cotovelos de travamento adaptados para engatar as seções de corrente da amarra. O par de cotovelos de travamento pode ser energizado para permitir que os mesmos abram e fechem independentemente. Isso permite o alongamento da amarra.

[00021] Partes de suporte removíveis podem ser fornecidas entre o elemento de articulação pivotável e o encaixe de suporte. As superfícies de suporte das partes de suporte ou o elemento de articulação pivotável e/ou o encaixe de suporte podem ser fornecidas com um revestimento de baixa fricção para facilitar o movimento relativo um com o outro. O material das superfícies de suporte também pode ser adaptado para minimizar o desgaste através da vida útil do aparelho.

[00022] Opcionalmente, uma roldana de suporte pode ser fornecida acima do elemento de articulação pivotável a fim de controlar uma parte coletada da amarra tendo passado através do elemento de articulação pivotável. Opcionalmente, a roldana de suporte é fornecida em um braço de extensão alongada.

[00023] O elemento de articulação pivotável pode ser fornecido com uma placa de fixação de suporte de eixo adaptada para permitir a conexão com um suporte de eixo linear.

[00024] O aparelho de tensionamento também pode ser fornecido com um calibrador de tensão para monitorar a tensão na amarra fixada. Opcionalmente, o calibrador de tensão é integrado às partes de suporte.

[00025] As modalidades da presente invenção serão descritas agora, por meio de exemplo apenas, com referência aos desenhos em anexo, nos quais:

a figura 1 é uma vista lateral esquemática de um rebocador de manuseio de âncora rebocando a boia para fora de uma barca flutuante;

a figura 2 é uma vista em perspectiva esquemática do rebocador de manuseio de âncora rebocando a boia flutuante para o local desejado na superfície para submersão subsequente;

a figura 3 é uma vista inferior esquemática da boia antes da submersão. Um par de rebocadores de manuseio de âncora é conectado à boia que é localizada ao longo de uma embarcação de suporte;

a figura 4 é uma vista superior esquemática da disposição da figura 3;

a figura 5 é uma vista em perspectiva esquemática das primeiras quatro amarras se aproximando das fundações fornecidas no leito do mar abaixo da boia;

a figura 6 é uma vista lateral esquemática da boia submersa amarrada às fundações pelas primeiras quatro amarras, antes do destacamento dos rebocadores de manuseio de âncora;

a figura 7 é uma vista em perspectiva esquemática de uma quinta amarra e aparelho de tensionamento associado sendo

desdobrado a partir da embarcação de suporte;

a figura 8 é uma vista em perspectiva esquemática da quinta amarra se aproximando das fundações fornecidas no leito do mar abaixo da boia;

a figura 9 é uma ilustração esquemática da boia submarina totalmente amarrada;

a figura 10 é uma vista dianteira do aparelho de tensionamento de acordo com um segundo aspecto da invenção;

a figura 11 é uma vista lateral do aparelho de tensionamento da figura 10;

a figura 12 é uma vista em perspectiva de dois aparelhos de tensionamento montados em um canto da boia 10;

a figura 13 é uma vista dianteira do aparelho de tensionamento da figura 10 com um eixo geométrico de saída de amarra inclinado A-A;

a figura 14 é uma vista detalhada do elemento de esfera e encaixe do aparelho de tensionamento da figura 13; e

a figura 15 é uma vista lateral transversal do aparelho de tensionamento.

Desdobramento Inicial e Amarra da Boia às Fundações

[00026] Com referência às figuras de 1 a 6, as etapas iniciais envolvidas na instalação de uma boia submarina 10 em um local adequado no leito do mar serão descritas. No final dessa primeira fase de desdobramento, a boia será amarrada a quatro fundações submarinas por quatro amarras.

[00027] Como ilustrado na figura 1, a boia 10 é inicialmente armazenada em uma barca flutuante 12. Um primeiro rebocador A é fixado a um ponto de reboque adequado na boia 10 com a corrente 14A. O rebocador A é acionado para frente para puxar a boia 10 para fora da barca 12 e para a superfície da água. Com referência à figura

2, o rebocador A então reboca a boia 10 para o local necessário na superfície.

[00028] Como ilustrado na figura 3, uma vez no local necessário na superfície, o rebocador B é então fixado ao lado oposto da boia 10 com a corrente 14B de modo que a boia 10 esteja flutuando na superfície entre os dois rebocadores A e B. Os rebocadores A e B e a boia 10 são adjacentes a uma embarcação de suporte V.

[00029] A amarra T1 e um aparelho de tensionamento associado 16 (a ser descrito em detalhes subsequentemente) são então suspensos da embarcação V por um guindaste 18 de modo que a amarra T1 seja suspensa a partir de um canto da boia 10. Isso é repetido mais três vezes para as amarras T2, T3 e T4 até que as quatro amarras sejam suspensas a partir dos quatro cantos da boia 10. Nesse ponto, um comprimento curto das correntes 14A e 14B está na água. Os pesos conglomerados de corrente (não ilustrados) são localizados no convés dos rebocadores A e B.

[00030] A boia 10 é fornecida com determinados compartimentos de lastro (aproximadamente 15 a 20% do deslocamento total da boia 10) que terá deslocamento suficiente para flutuar o peso da boia 10 mais quatro amarras T1 a T4, com alguma flutuabilidade reserva. Todos os compartimentos restantes são alagados. Esses compartimentos de lastro são projetados para suportar pressão excessiva interna e externa (aproximadamente 0,5 a 0,6 MPa (5 a 6 bars)). Mangueiras pendentes são encaixadas aos compartimentos de lastro a fim de garantir que, antes do início de cada etapa de abaixamento, uma pressão excessiva interna (0,2 a 0,3 MPa (2 a 3 bars)) exista. Os compartimentos restantes (aproximadamente 80 a 85%) serão projetados para suportar aproximadamente 0,3 MPa (3 bar) de pressão excessiva interna ou externa a fim de lidar com quaisquer variações de pressão. O deslocamento desses

compartimentos fornecerá a flutuabilidade para transportar parte da carga útil (fluidos de produção, SCRs, amarra e pesos flexíveis) além de tensões de amarra. Durante a instalação da boia 10 esses compartimentos serão totalmente abertos para o mar para evitar qualquer dano decorrente do diferencial de pressão hidrostática excessivo.

[00031] A fim de iniciar a submersão da boia 10 e amarras anexadas T1 a T4, os rebocadores A e B começam a liberar lentamente mais corrente 14A e 14B até que uma série de pesos conglomerados 20 (figura 6) seja desdobrada a partir da parte traseira de seu convés e para dentro da água. As correntes 14A, 14B são então liberadas adicionalmente nos fios de trabalho 15A, 15B conectados às mesmas. Quanto mais o comprimento de fio de trabalho 15A, 15B é desdobrado, mais pesos conglomerados 20 serão suspensos pela boia 10 ao invés dos rebocadores A e B. Eventualmente, o peso combinado suspenso a partir da boia 10 estará então em equilíbrio com a flutuabilidade da boia 10. A boia 10 começará lentamente a submergir.

[00032] Um curto tempo deve então ser permitido com a boia 10 submersa pouco abaixo da superfície, sem liberação de mais fio de trabalho 15A, 15b dos rebocadores A e B. Isso permite que todos os compartimentos de pressão baixa na boia 10 alaguem por completo garantindo que nenhuma bolha de ar esteja presente.

[00033] Um veículo operado remotamente (ROV) pode ser utilizado, se necessário, para inspecionar as "marcações de peso conglomerado" a fim de confirmar a flutuabilidade da boia 10 e, dessa forma, determinar que todos os compartimentos de pressão baixa da boia 10 estão totalmente alagados. Isso é feito pela identificação (aproximadamente) da conexão mais inferior nos pesos conglomerados 20, que corresponderá inerentemente ao peso do peso

conglomerado 20 e corrente sendo transportado apenas pela boia 10.

[00034] Os rebocadores A, B então continuam a liberar fio 15A, 15B em etapas incrementadas de aproximadamente 20 a 30 metros a fim de abaixar de forma incrementada a boia 10 até que seja posicionada aproximadamente na profundidade operacional necessária abaixo da superfície.

[00035] Com referência à figura 5, essa submersão incrementada é continuada até que os conectores de fundação 22 das amarras T1, T2, T3, T4 sejam localizados aproximadamente de 5 a 10 metros acima do leito do mar. Os rebocadores A e B são então manobrados até que os conectores 22 sejam alinhados com locais de ancoragem adequados nas fundações submarinas F1, F2, F3, F4.

[00036] A combinação dos conectores 22 com as fundações F1 a F4 é realizada pela inclinação da boia 10. A inclinação é alcançada pela liberação do fio de trabalho 15A do rebocador A por uma quantidade relativamente pequena até que mais peso seja suspenso a partir desse lado da boia 10 do que do outro lado da boia 10. Isso abaixa a boia 10 nesse lado, enquanto o rebocador B mantém o mesmo comprimento do fio de trabalho liberado 14A, e, dessa forma, a altura da boia, em seu lado.

[00037] Uma vez que o lado da boia 10 foi inclinado o suficiente, os conectores 22 das amarras T3 e T4 estão perto o suficiente para atracar com uma interface de conector correspondente nas fundações F3 e F4. Se necessário, um ROV pode ser utilizado para auxiliar com quaisquer pequenos ajustes na posição das amarras T3 e T4 de modo que possam ser presas às fundações F3 e F4.

[00038] Com ambas as amarras T3 e T4 presas às fundações F3 e F4, o rebocador A então interrompe a liberação do fio de trabalho 15A até que as amarras T3 e T4 assumam uma posição da carga flutuante da boia 10 para longe da corrente 14A.

[00039] O rebocador A é agora mantido estacionário. O rebocador B pode liberar o fio de trabalho 15B a fim de abaixar esse lado da boia 10. O rebocador B continua a liberar o fio de trabalho 15B até que os conectores de fundação 22 das amarras T1 e T2 estejam perto o suficiente para atracar as fundações F1 e F2 de forma similar ao descrito anteriormente para as amarras T3 e T4. Agora, com ambas as amarras T1 e T2 presas às fundações F1 e F2, e ambas as amarras T3 e T4 presas às fundações F3 e F4, o rebocador B então interrompe a liberação do fio de trabalho 15B até que as amarras T1 e T2 assumam uma posição da carga flutuante da boia 10 longe da corrente 14B.

[00040] Todos os quatro cantos da boia 10 são agora presos às fundações F1 a F4 por amarras T1 a T4, respectivamente. Os rebocadores A e B agora enrolam seus fios de trabalho 15A, 15B até que a carga flutuante da boia 10 seja retida apenas pelas amarras T1 a T4. Os rebocadores A e B podem agora ser desconectados da boia 10 e recuperar seus pesos conglomerados de corrente 20, e as correntes 14A, 14B para seus respectivos convés.

Instalação das Quatro Amarras Restantes

[00041] Com referência à figura 7, a boia 10 é agora retida pelas quatro primeiras amarras T1 a T4 (uma em cada canto). A fim de acomodar o peso das quatro amarras adicionais T5 a T8, a boia 10 pode ter seu lastro adequadamente removido (por exemplo, em aproximadamente 600 toneladas; 200 toneladas em cada amarra existente) antes da segunda fase onde o restante das quatro amarras é instalado. A flutuabilidade reserva também pode ser fornecida (por exemplo, aproximadamente 50 toneladas em cada amarra existente).

[00042] Um conjunto de módulos de tensionamento restantes 16 é fornecido no lado da embarcação V. Um conector de fundação 22 e sinalizador de profundidade (não ilustrado) são fixados à primeira

extremidade de cada amarra antes do desdobramento da embarcação V. A amarra é então passada por cima do convés da embarcação V e liberada até que a extremidade superior da amarra esteja fora do carretel e no convés da embarcação V. O comprimento da amarra passada para dentro da água pode ser monitorado utilizando-se o sinalizador de profundidade.

[00043] Uma corrente superior 48 (discutida abaixo em maiores detalhes) no módulo de tensionamento 16 é ajustada para garantir que haja folga grande durante a conexão das fundações F1 a F4 e a boia 10. O topo da amarra é então fixado à corrente superior 48 e conectado ao módulo de tensionamento 16 e suportes de eixo lineares 42. Dessa forma, as amarras restantes T5 a T8 podem ser desdobradas.

[00044] Para desdobrar a amarra T5, por exemplo, o guindaste 18 é fixado ao módulo de tensionamento 16 e assume a carga da amarra T5. O guindaste 18 é então manobrado até que a carga seja liberada do lado da embarcação V. A amarra T5 e módulo de tensionamento associado 16 são agora abaixados pelo guindaste 18 até que o conector de fundação 22 esteja a poucos metros acima do leito do mar (vide figura 8). A embarcação V e/ou o guindaste 18 são agora manobrados, se necessário, até que o conector de fundação 22 esteja próximo da fundação necessária; nesse caso a fundação F2.

[00045] A amarra T5 é agora liberada adicionalmente até que o conector de fundação 22 atraque com a fundação (novamente, um ROV pode ser utilizado para facilitar a atracação).

[00046] Na extremidade superior da amarra T5, a embarcação V e/ou o guindaste 18 é manobrado para permitir a combinação do módulo de tensionamento 16 com a boia 10. Como ilustrado na figura 12, os suportes 24 dos módulos de tensionamento 16 combinam com as partições correspondentes na boia 10 para fornecer uma fixação

segura. O guindaste 18 pode agora ser desconectado da amarra T5. As amarras restantes T6 a T8 são desdobradas de forma similar.

[00047] As amarras T1 a T8 são, portanto, desdobradas em torno da boia 10 em pares onde existe uma primeira amarra (desdobrada na primeira fase) e uma segunda amarra (desdobrada na segunda fase) em cada canto da boia 10. Apesar de a segunda amarra de cada par (amarras T5 a T8) ter uma folga relativa nesse estágio, todas as amarras T1 a T8 podem, subsequentemente, ser tensionadas de modo que mantenham as mesmas cargas ou cargas similares uma da outra, utilizando um método de tensionamento descrito em detalhes abaixo. Como ilustrado na figura 9, a boia 10 é agora presa às fundações F1 a F4 através de amarras T1 a T8.

Tensionamento de Amarra de Boia

[00048] A maior parte dos materiais sofrerá várias fases de extensão quando submetidos a um alto grau de tensão. Inúmeros materiais diferentes podem ser utilizados para as amarras atualmente descritas; no entanto, fio em espiral revestido é comumente disponível e é utilizado na modalidade atualmente descrita.

[00049] Enquanto algumas características de extensão são bem conhecidas e facilmente previsíveis utilizando-se teste, modelagem e/ou análise matemática, algumas características de extensão não são precisamente previsíveis. Apesar das mesmas poderem causar apenas imprecisões mínimas em um comprimento curto de fio, através de comprimentos maiores, digamos de 2000 metros, essas imprecisões são grandes o suficiente para tornar as características gerais da extensão do fio suficientemente imprevisíveis para exigir solução. Esse problema é adicionalmente composto pela expansão e contração térmicas, extensão decorrente de rotação, e extensão decorrente de desgaste do fio.

[00050] Adicionalmente, as fundações de ancoragem podem estar

em profundidades diferentes uma da outra devido à ondulação e/ou inclinação do leito do mar.

[00051] É, portanto, insuficiente se criar as amarras T1 a T8 exatamente do mesmo comprimento e assumir que as mesmas assumirão partes iguais da carga. Para se resolver isso é necessário se ter alguma forma de ajuste de tensão para garantir que cada amarra compartilhe substancialmente a mesma carga. O módulo de tensionamento 16 da presente invenção fornece essa capacidade e será descrito agora em detalhes com referência em particular às figuras de 10 a 15. A operação do módulo de tensionamento é descrita no contexto do tensionamento de uma boia submarina nas fundações submarinas; no entanto, pode ser igualmente utilizada para tensionar outras amarras e correntes. Por exemplo, pode ser utilizada para amarrar uma boia de superfície a uma estrutura submarina ou de superfície, ou puxar SCRs, umbilicais ou elevadores flexíveis. Adicionalmente, os módulos de tensionamento 16 podem ser utilizados horizontalmente no leito do mar, por exemplo, para ancorar as operações de pré-tensionamento (onde dois espalhamentos de âncora opostos são tensionados um contra o outro para pré-configurar a amarração por âncoras do tipo de dragagem em leito).

[00052] O módulo de tensionamento 16 compreende um suporte 24, uma disposição de manutenção de amarra na forma de batentes decorrente 26, e um elemento de articulação pivotável 28 suportado em um encaixe de suporte pivotável 30 fixado ao suporte 24. O elemento de articulação pivotável fornece um elemento "esférico" e o encaixe de suporte 30 fornece um elemento de "encaixe" de uma junta de "esfera e encaixe".

[00053] A junta de esfera e encaixe é mais bem ilustrada em seção transversal da figura 14. Compreende um elemento esférico 22 possuindo um colar superior 32, uma parte esférica 34, e uma seção

inferior alongada 36 possuindo um canal através da mesma que recebe conexões 38 de uma corrente superior 48 ao longo de um eixo geométrico de saída A-A (que é inclinado na figura 14). O colar superior 32 é fornecido com hastes de suporte de eixo 40 que permitem que um suporte de eixo linear 42 seja fixado às mesmas.

[00054] O encaixe 30 suporta o lado de baixo da parte esférica 34 e é fornecido com partes de suporte removíveis 44 que fornecem uma superfície de suporte para a parte esférica 34. As partes de suporte 44 e/ou a superfície de suporte da parte esférica 34 podem compreender um material de suporte de alta resistência tal como PTFE e/ou materiais de fluoropolímero.

[00055] As partes de suporte podem compreender um material elastomérico laminado possuindo camadas de elastômero aderidas a insertos metálicos ou compostos. A estrutura de múltiplas camadas permite que as características mecânicas da junta sejam ajustadas durante a fabricação a fim de adequar à aplicação em particular. Tais elastômeros laminados correspondem às especificações técnicas mais rígidas em termos de espaços, cargas, pressão, condições operacionais, ambiente e vida útil. A esse respeito, o tamanho e, dessa forma, a área de superfície de suporte ativa entre a parte esférica 34 e o encaixe 30/partes de suporte 44 pode ser projetada durante a fabricação para suportar uma pressão de suporte específica dependente do material de suporte escolhido.

[00056] Com referência às figuras de 10 a 13 e à figura 15, os elementos guia alongados 46 são fixados ao fundo do elemento esférico 22. Esses elementos guia 46 possuem um par de batentes de corrente 26 fixados entre suas extremidades inferiores. Os batentes de corrente 26 juntos formam um mecanismo de roda dentada que engata as conexões 38 de uma corrente superior 48 conectada a um fio de amarra T (que pode ser qualquer uma das amarras T1 a T8).

[00057] Um braço reto 50 se estende a partir do colar superior 32 do elemento esférico 22 e termina com uma roldana de suporte de corrente 52. Um peso morto 60 é anexado à extremidade livre da corrente superior 48.

[00058] O suporte de eixo linear 42 pode ser qualquer suporte de eixo linear capaz de operar em um ambiente submarino e sob tal carga. Na modalidade atualmente descrita, o suporte de eixo linear 42 possui um par de pistões hidráulicos 54 conectados um ao outro em sua extremidade superior por uma placa 56 que possui um par de cotovelos de travamento 58 montados na mesma.

[00059] Como descrito anteriormente, as amarras T1 a T8 são conectadas em pares na boia 10 (um par em cada um dos quatro cantos da boia 10). Apesar de um suporte de eixo linear 42 poder ser conectado a cada módulo de tensionamento 16, apenas um suporte de eixo linear 42 precisa ser fornecido para cada par, como ilustrado na figura 12. Alternativamente, um suporte de eixo linear 42 e o módulo de tensionamento 16 podem ser fornecidos para cada amarra; isso auxilia na equalização das cargas de amarra visto que a tensão mantida por um suporte de eixo linear 42 do par pode ser prontamente comparada com a tensão mantida pelo outro suporte de eixo linear 42 do par.

[00060] Cada suporte de eixo linear 42 é conectado a uma tubulação de controle de tensionamento (não ilustrada) que possui mangueiras hidráulicas conectadas à embarcação de suporte V. Um pacote de energia hidráulica submarina (não ilustrado) pode ser montado na boia 10 perto dos suportes de eixo lineares 42. Energia elétrica alternativa/adicional pode ser suprida por cabos a partir da embarcação de superfície V. Um pacote de energia hidráulica também pode ser fornecido em um ROV adjacente à boia 10 se necessário.

[00061] As amarras desdobradas na segunda fase (amarras T5 a

T8) precisam combinar a tensão das amarras desdobradas na primeira fase (amarras T1 a T4) em cada par. As segundas amarras relativamente folgadas (T5 a T8), portanto, exigirão tensionamento. Isso é alcançado pela passagem do suporte de eixo linear 42 até que a amarra com folga se torne suficientemente tensionada. Em se fazendo isso, os cotovelos de travamento 58 são engatados com a corrente superior 48 e os pistões 54 do suporte de eixo linear 42 são estendidos. Isso faz com que a corrente superior 48 seja puxada para dentro o que, portanto, aumenta a tensão da amarra T. Os cotovelos de travamento 58 são então desengatados da corrente 48, os pistões 54 são retraídos, e os cotovelos de travamento 58 são então reengatados em um ponto inferior da corrente 48 pronto para o próximo passo. Isso é repetido em passos de aproximadamente duas conexões até que a tensão necessária seja alcançada na amarra T. É possível se monitorar a tensão na amarra T utilizando-se os suportes de eixo lineares 42 pelo monitoramento da pressão hidráulica nos suportes de eixo 42 propriamente ditos à medida que se aproximam da pressão e tensão de amarra necessária predeterminada.

[00062] Com as amarras T1 a T8 igualmente tensionadas, o nível (profundidade) e altitude (lista e acabamento) da boia 10 podem ser determinados para se determinar se algum ajuste é necessário. Se os ajustes forem necessários, os cantos da boia 10 podem ser abaixados ou elevados na água pelo passo dos suportes de eixo lineares 42 por quantidades incrementadas até que o posicionamento desejado seja alcançado.

[00063] Uma vez que a posição final e orientação da boia 10 são alcançadas, a força hidráulica fornecida pelos suportes de eixo lineares 42 é relaxada a fim de se transferir gradualmente a carga para os batentes de corrente 26. Com a carga mantida pelos batentes de corrente 26, os suportes de eixo lineares 42 podem ser desengatados

da corrente superior 48.

[00064] Se a boia 10 flutuar diretamente acima das fundações de ancoragem F1 a F4, o eixo geométrico de saída A-A das amarras T1 a T8 será substancialmente vertical. Essa situação é representada pelas figuras 10 e 11. No entanto, devido às correntes dentro da água, durante a vida útil operacional do sistema (e durante os ajustes de tensionamento mencionados acima), a boia 10 tipicamente não flutuará diretamente acima das fundações F1 a F4. Ao invés disso, a boia 10 e as amarras anexadas T1 a T8 normalmente desviarão de tal alinhamento de modo que os eixos geométricos de saída A-A das amarras T1 a T8 sejam inclinados com relação ao plano flutuante da boia 10. Essa situação é apresentada nas figuras de 12 a 15.

[00065] A disposição de esfera e encaixe incorporada ao aparelho de tensionamento da presente invenção permite que o aparelho de tensionamento ajuste a posição em reação a tais inclinações do eixo geométrico de saída A-A, como descrito abaixo.

[00066] Na extremidade da boia de cada amarra, a carga de tensão na amarra é mantida pelo engate entre os batentes de corrente 26 e as conexões 38 da corrente superior 48 como descrito anteriormente. Visto que os batentes de corrente 26 são fornecidos no fundo dos elementos guia alongados 46, qualquer mudança na inclinação da amarra T (devido a, por exemplo, uma mudança na corrente de água impressa na boia 10) fará com que o elemento esférico 22 pivolte e oscile de forma correspondente no encaixe 30. A distância entre os batentes de corrente 26 e a junta de esfera e encaixe fornece um braço de impulso maior para facilitar tal movimento. Isso é desejável visto que a força de fricção entre a parte esférica 34 do elemento esférico 22 e as partes 44 do encaixe 30 são altas em vista da magnitude da carga de tensão das amarras T.

[00067] Esse movimento do elemento esférico 22 mantém o

aparelho em linha com o eixo geométrico de saída de amarra A-A que, dessa forma, garante que todas as partes da corrente superior 48 estejam sobtensão apenas. Não existe qualquer dobra na corrente superior 48 para causar uma sobrecarga localizada ou desgaste com o tempo. A única parte da corrente superior 48 que não está linhada com o eixo geométrico de saída A-A é a extremidade muito superior da corrente superior 48 que passa através da roldana 52; no entanto, isso não é submetido à tensão da amarra T devido à ação de retenção dos batentes de corrente 26.

[00068] Uma vez que os ajustes de tensionamento acima são realizados, alguns compartimentos predeterminados da boia 10 podem ter seu lastro removido até que a flutuabilidade extra (net up thrust) seja igual, ou quase igual, em cada canto da boia 10. Isso pode ser alcançado pela conexão de mangueiras de nitrogênio a partir da embarcação de suporte V para uma "tubulação de lastro de instalação".

[00069] Cada suporte de eixo linear 42 é então movido para cima por aproximadamente metade de uma conexão de corrente para assumir a carga dos batentes de corrente 26 e travar a pressão hidráulica nos suportes de eixo lineares 42 (para monitorar a tensão em todas as amarras T). O bombeamento de um gás inerte, tal como nitrogênio, para compartimentos designados é então iniciado em estágios durante o monitoramento do aumento de tensão nas amarras T. Com as amarras T se aproximando da tensão nominal, o compartilhamento de carga e atitude da boia 10 é monitorado. Se necessário, as amarras individuais podem ser ajustadas para melhorar o compartilhamento de carga antes da total remoção de lastro da boia 10. A boia 10 tem então seu lastro removido até que todos os compartimentos designados tenham sido esvaziados. A tensão de amarra total medida é então comparada com a tensão pretendida real.

Se as exigências forem correspondidas, então todas as válvulas nos compartimentos sem lastro são fechadas e as linhas de remoção de lastro são desconectadas.

[00070] A boia 10 é agora lastreada em condições de impulsão ascendente operacional nominal. A profundidade e atitude da boia 10 podem agora ser finalmente ajustadas e as cargas de amarra otimizadas como se segue:

[00071] Garantir que todos os suportes de eixo lineares 42 estejam transportando as cargas de amarra, isto é, batentes de corrente 26 não são engatados; determinar a profundidade da boia 10 para determinar se as exigências são para elevar ou abaixar a boia 10; determinar o ajuste e lista para determinar se o ajuste da boia 10 é necessário; verificar o compartilhamento de carga individual de cada canto da boia 10 e ajustar as amarras T como necessário para equalizar a tensão entre as amarras T; quando completo, relaxar os suportes de eixo lineares 42 até que as correntes 48 sejam travadas nos batentes de corrente 26 e a pressão esteja fora dos suportes de eixo lineares 42; recuperar a linha de descida hidráulica, tubulação e suportes de eixo lineares 42.

[00072] O sistema descrito, portanto, fornece um método aperfeiçoado de desdobramento de boias submarinas para uma profundidade adequada e garantia que sejam mantidos nessa profundidade independentemente de graus variáveis de extensão de amarração. Adicionalmente, a capacidade do aparelho de tensionamento em articular com as mudanças no ângulo de amarra ajuda a minimizar o risco de força excessiva nas amarras adjacentes às conexões com a boia que pode, portanto, aperfeiçoar a confiabilidade e vida útil do serviço das amarras e da boia.

[00073] Modificações e aperfeiçoamentos podem ser realizados no acima exposto sem se distanciar do escopo da invenção, por exemplo:

[00074] Apesar de oito amarras no total serem utilizadas na modalidade descrita, o método e aparelho são igualmente adequados para amarrar uma boia utilizando mais ou menos amarras. Por exemplo, três ou seis amarras podem ser utilizadas em uma boia triangular.

[00075] Na modalidade descrita, os módulos de tensionamento 16 são basicamente utilizados para tensionar amarras de boia. No entanto, os módulos de tensionamento 16 podem ser utilizados para tensionar qualquer elemento alongado com modificação mínima ou nenhuma. Por exemplo, podem ser utilizados para pré-tensionar tubulações colocadas no leito do mar onde a tubulação propriamente dita compreende uma amarra. Isso pode ser útil para impedir o "deslocamento de tubulação" (onde o ciclo de expansão e contração térmico da tubulação acoplada à topografia do leito do mar apresentam a tendência de tais instalações realizarem o movimento de roda dentada incrementada pela inclinação do leito do mar).

REIVINDICAÇÕES

1. Método de instalação de uma boia de produção (10) em um local de ancoragem submarina, que compreende as etapas de:

flutuar uma boia de produção (10) sobre um local de ancoragem submarina;

pendurar pelo menos uma amarra (T1, T2, T3, T4) a partir da boia de produção (10) de modo que a ou cada amarra se estenda a partir da boia de produção (10) na direção do local de ancoragem submarina;

submergir a boia de produção (10) para uma profundidade que permita a conexão da ou de cada amarra (T1, T2, T3, T4) com o local de ancoragem submarina;

caracterizado pelo fato de que:

a etapa de submergir a boia de produção (10) compreende a etapa de submergir a boia de produção (10) para uma primeira profundidade predeterminada antes de pendurar a ou cada amarra (T1, T2, T3, T4) na boia de produção (10).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de** que a etapa de submergir a boia de produção (10) pode compreender suspender uma corrente (14) com pesos conglomerados (20) a partir de um par de embarcações anexadas a cada lado da boia de produção (10).

3. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado pelo fato de** que a boia de produção (10) compreende um formato quadrado ou retangular e quatro amarras (T1, T2, T3, T4) pendem a partir da boia de produção (10), uma em cada canto da boia de produção (10).

4. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado pelo fato de** que a boia de produção (10) compreende um formato triangular e três amarras pendem a partir da boia de

produção (10), uma em cada canto da boia de produção (10).

5. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **caracterizado pelo fato de** que a etapa de fixação da ou de cada amarra (T1, T2, T3, T4) ao local de ancoragem submarina pode compreender a inclinação da boia de produção (10) para um lado a fim de prender um par de amarras em um lado da boia de produção (10) às fundações de ancoragem submarinas correspondentes nesse lado da boia de produção (10), e então inclinar a boia de produção (10) para o outro lado a fim de prender um par de amarras no outro lado da boia de produção (10) às fundações de ancoragem submarinas correspondentes nesse lado da boia de produção (10).

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, quando dependente da reivindicação 2, **caracterizado pelo fato de** que a etapa de inclinação da boia de produção (10) é realizada pelo abaixamento da corrente (14) e pesos conglomerados (20) adicionalmente a partir de uma embarcação fixada a um lado da boia de produção (10) e então a partir da outra embarcação anexada ao outro lado da boia de produção (10).

7. Método, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado pelo fato de** que a etapa de inclinação da boia de produção (10) é realizada pelo alagamento seletivo dos compartimentos de lastro dentro da boia de produção (10).

8. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, **caracterizado pelo fato de** que compreende adicionalmente a fixação da boia de produção (10) ao local de ancoragem submarina com pelo menos uma amarra adicional (T5, T6, T7, T8).

9. Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo fato de** que compreende a fixação da boia de produção (10) ao local de ancoragem submarina com quatro amarras adicionais para uma boia quadrada ou retangular ou mais três amarras para uma boia

triangular.

10. Método, de acordo com a reivindicação 8 ou 9, **caracterizado pelo fato de** que a etapa de fixação da boia de produção (10) ao local de ancoragem submarina com pelo menos uma amarra adicional compreende a etapa de abaixar a ou cada amarra adicional (T5, T6, T7, T8) até que a extremidade inferior da ou de cada amarra seja adjacente à localização de ancoragem, e uma parte de fixação, tal como um módulo de tensionamento (16), na direção da extremidade superior da amarra seja adjacente à boia de produção (10), e então a fixação da extremidade inferior ao local de ancoragem e a parte de fixação à boia de produção (10).

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado pelo fato de** que a etapa de abaixar inclui o abaixamento da ou de cada amarra adicional (T5, T6, T7, T8) a partir de um guindaste (18) fornecido em uma embarcação de suporte.

12. Método de instalação de uma boia de produção (10) em um local de ancoragem submarina, que compreende as etapas de:

flutuar uma boia de produção (10) sobre um local de ancoragem submarina;

pendurar pelo menos uma amarra (T1, T2, T3, T4) a partir da boia de produção (10) de modo que a ou cada amarra se estenda a partir da boia de produção (10) na direção do local de ancoragem submarina;

submergir a boia de produção (10) para uma profundidade que permita a conexão da ou de cada amarra (T1, T2, T3, T4) com o local de ancoragem de submarina;

caracterizado pelo fato de que:

a etapa de fixar a ou cada amarra (T1, T2, T3, T4) ao local de ancoragem submarina compreende a etapa de inclinação da boia de produção (10) para um lado a fim de submergir o dito um lado à

uma profundidade mais profunda para prender um par de amarras em um lado da boia de produção (10) às fundações de ancoragem submarinas correspondentes nesse um lado da boia de produção (10), e então inclinar a boia de produção (10) para o outro lado a fim de prender um par de amarras no outro lado da boia de produção (10) às fundações de ancoragem submarinas correspondentes nesse lado da boia de produção (10).

13. Método, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado pelo fato de** que a etapa de submergir a boia de produção (10) compreende suspender uma corrente (14) com pesos conglomerados (20) a partir de um par de embarcações anexadas a cada lado da boia de produção (10).

14. Método, de acordo com a reivindicação 12 ou 13, **caracterizado pelo fato de** que a boia de produção (10) compreende uma formato quadrado ou retangular e quatro amarras (T1, T2, T3, T4) pendem a partir da boia de produção (10), uma em cada canto da boia de produção (10).

15. Método, de acordo com a reivindicação 12 ou 13, **caracterizado pelo fato de** que a boia de produção (10) compreende um formato triangular e três amarras pendem a partir da boia de produção (10), uma em cada canto da boia de produção (10).

16. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 15, **caracterizado pelo fato de** que a etapa de inclinação da boia de produção (10) é realizada pelo abaixamento da corrente (14) e pesos conglomerados (20) adicionalmente a partir de uma embarcação fixada a um lado da boia de produção (10) e então a partir da outra embarcação anexada ao outro lado da boia de produção (10).

17. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 15, **caracterizado pelo fato de** que a etapa de

inclinação da boia de produção (10) é realizada pelo alagamento seletivo dos compartimentos de lastro dentro da boia de produção (10).

18. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 17, **caracterizado pelo fato de** que em que o método compreende ainda prender a bóia de produção (10) ao local de ancoragem submarino com pelo menos uma outra corrente (T5, T6, T7, T8).

19. Método, de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado pelo fato de** que o método compreende anexar a boia de produção (10) ao local de ancoragem submarina com mais quatro amarras para uma boia quadrada ou retangular ou mais três amarras para uma boia triangular.

20. Método, de acordo com a reivindicação 18 ou 19, **caracterizado pelo fato de** que a etapa de anexar a boia de produção (10) ao local de ancoragem submarina com pelo menos uma amarra adicional compreende a etapa de abaixar a ou cada amarra adicional (T5, T6, T7, T8) até que a extremidade inferior da ou cada amarra esteja adjacente ao local de ancoragem, e uma porção de fixação, como um módulo de tensionamento (16), em direção à extremidade superior da amarra esteja adjacente à boia de produção (10), e depois anexar a extremidade inferior ao local de ancoragem e a parte de fixação à boia de produção (10).

21. Método, de acordo com a reivindicação 20, **caracterizado pelo fato de** que a etapa de abaixar inclui abaixar o ou cada amarra adicional (T5, T6, T7, T8) de um guindaste (18) fornecido em uma embarcação de suporte.

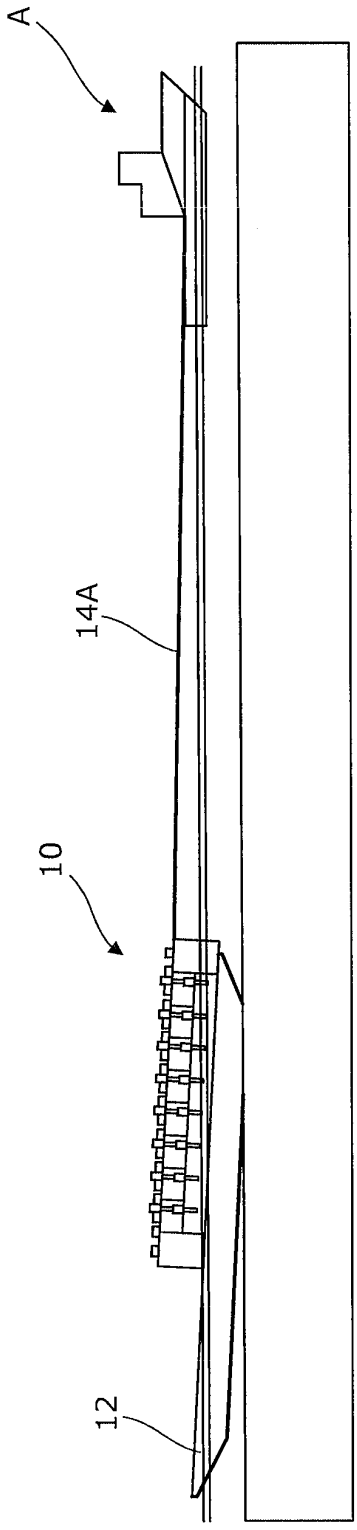


Fig. 1

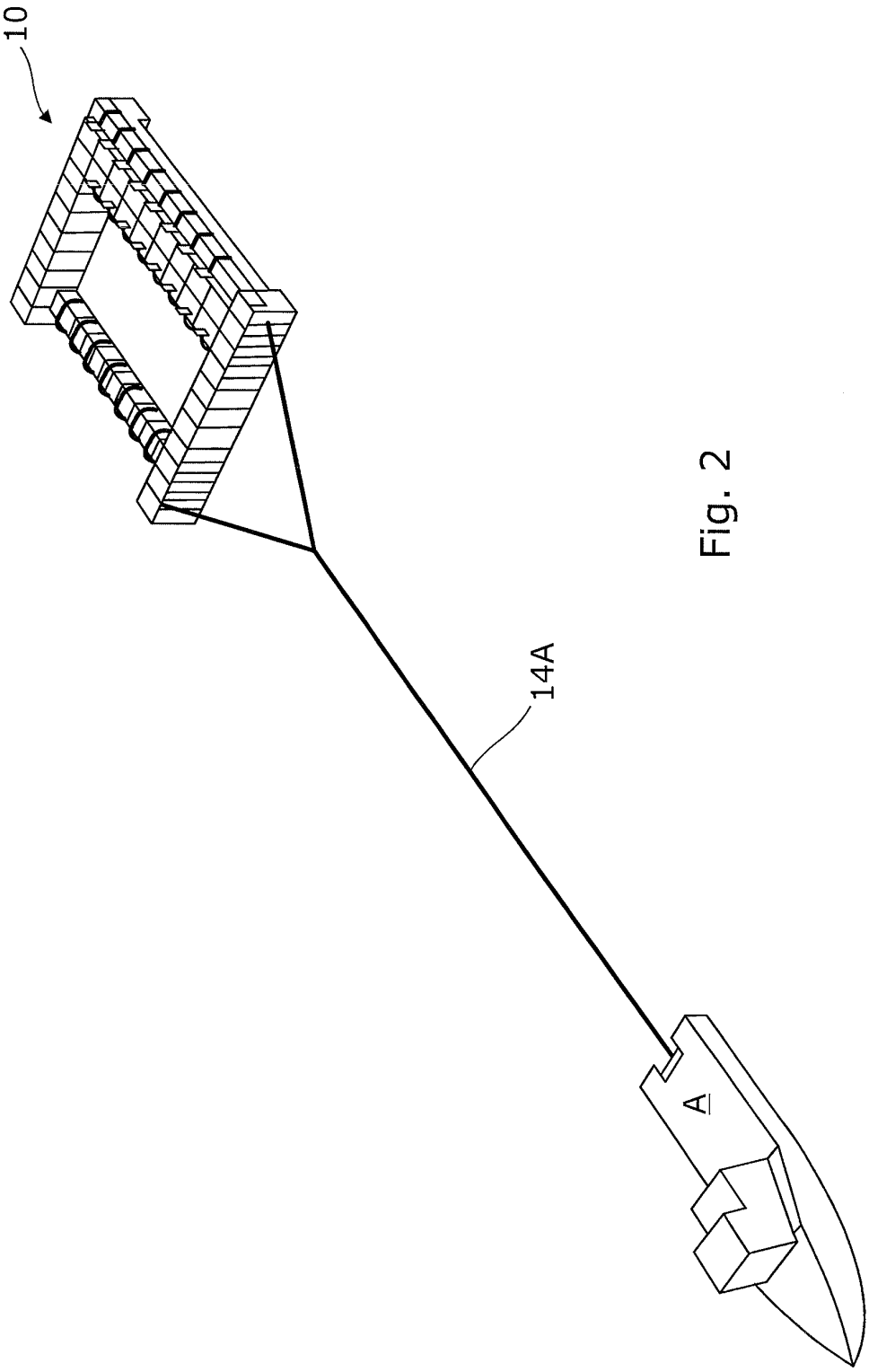


Fig. 2

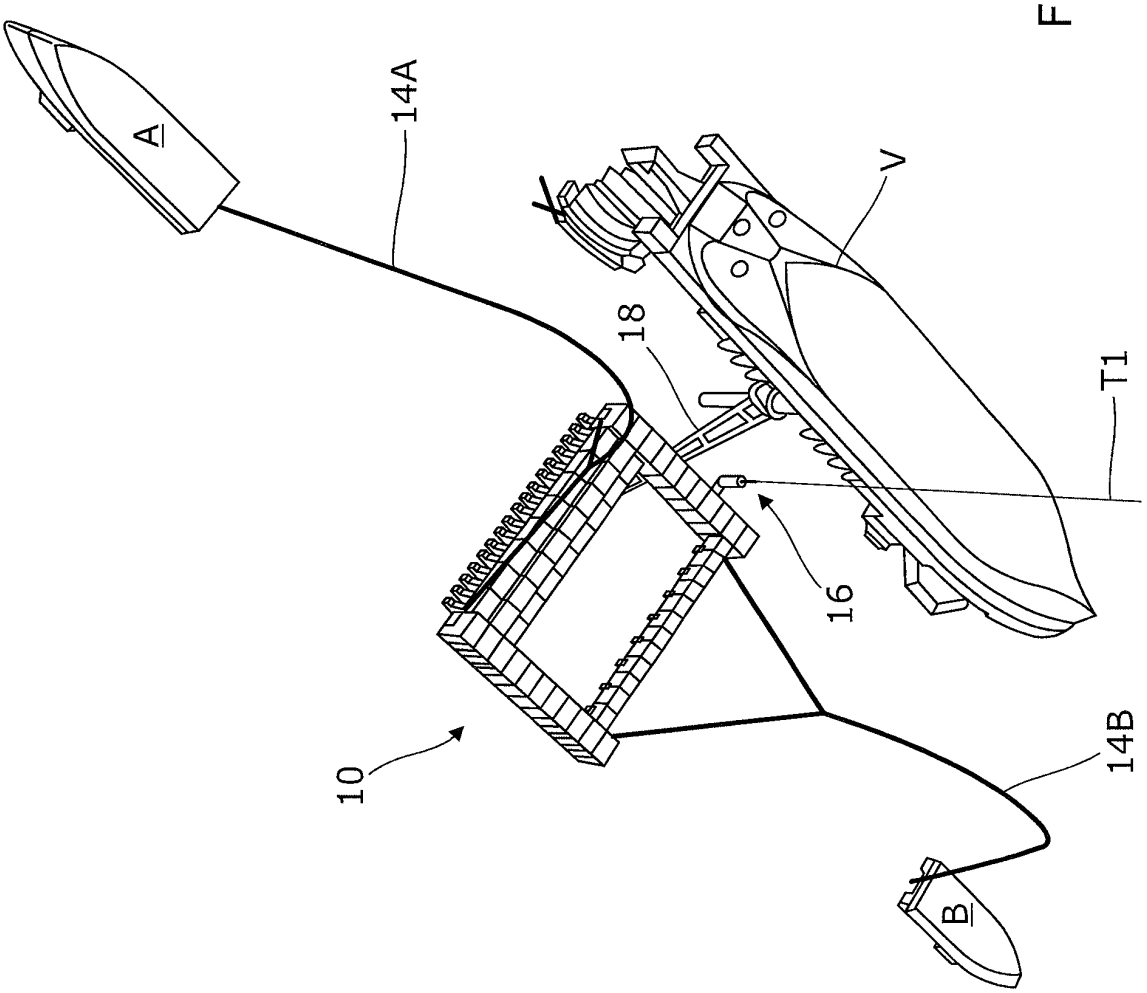


Fig. 3

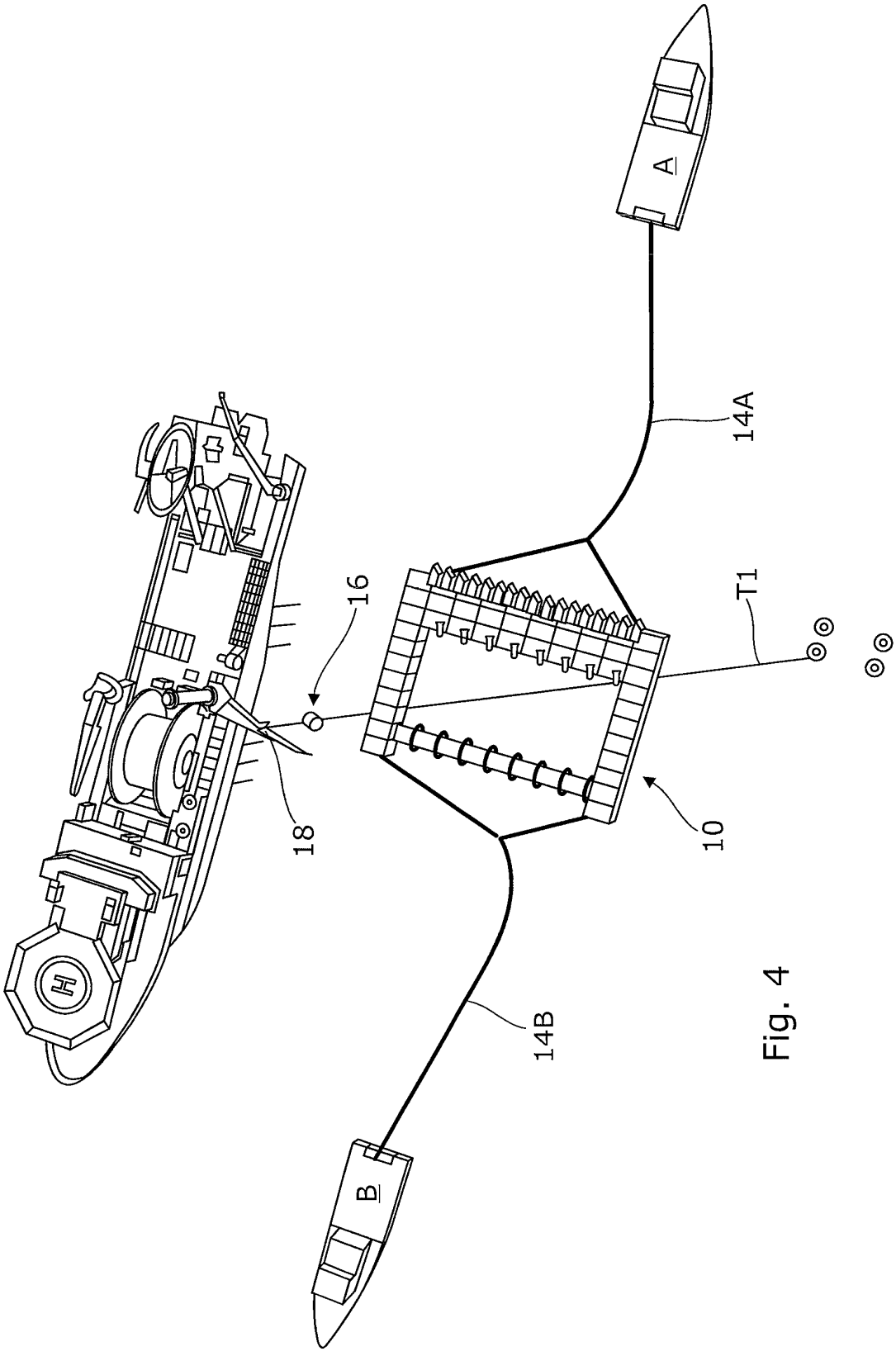


Fig. 4

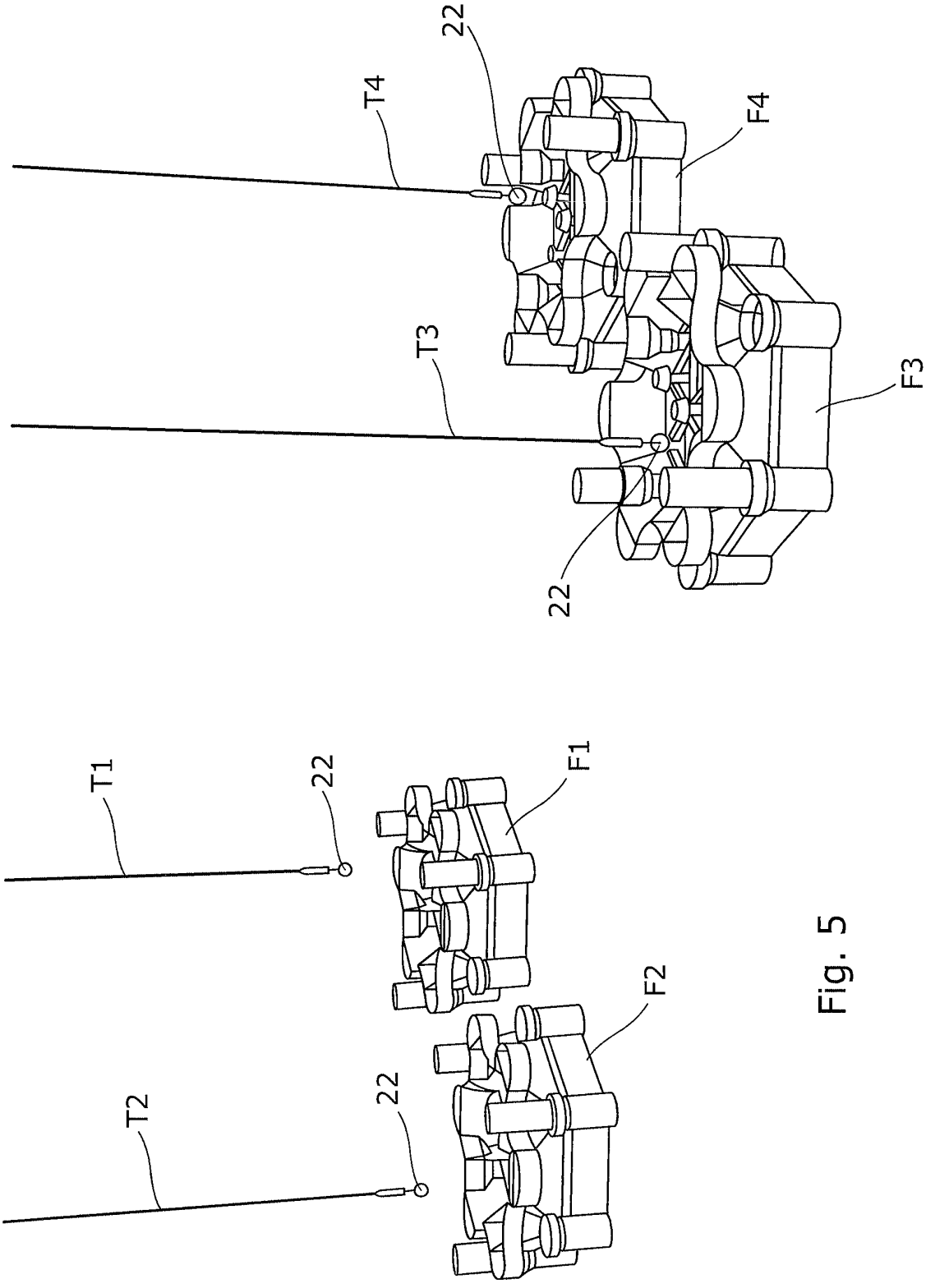


Fig. 5

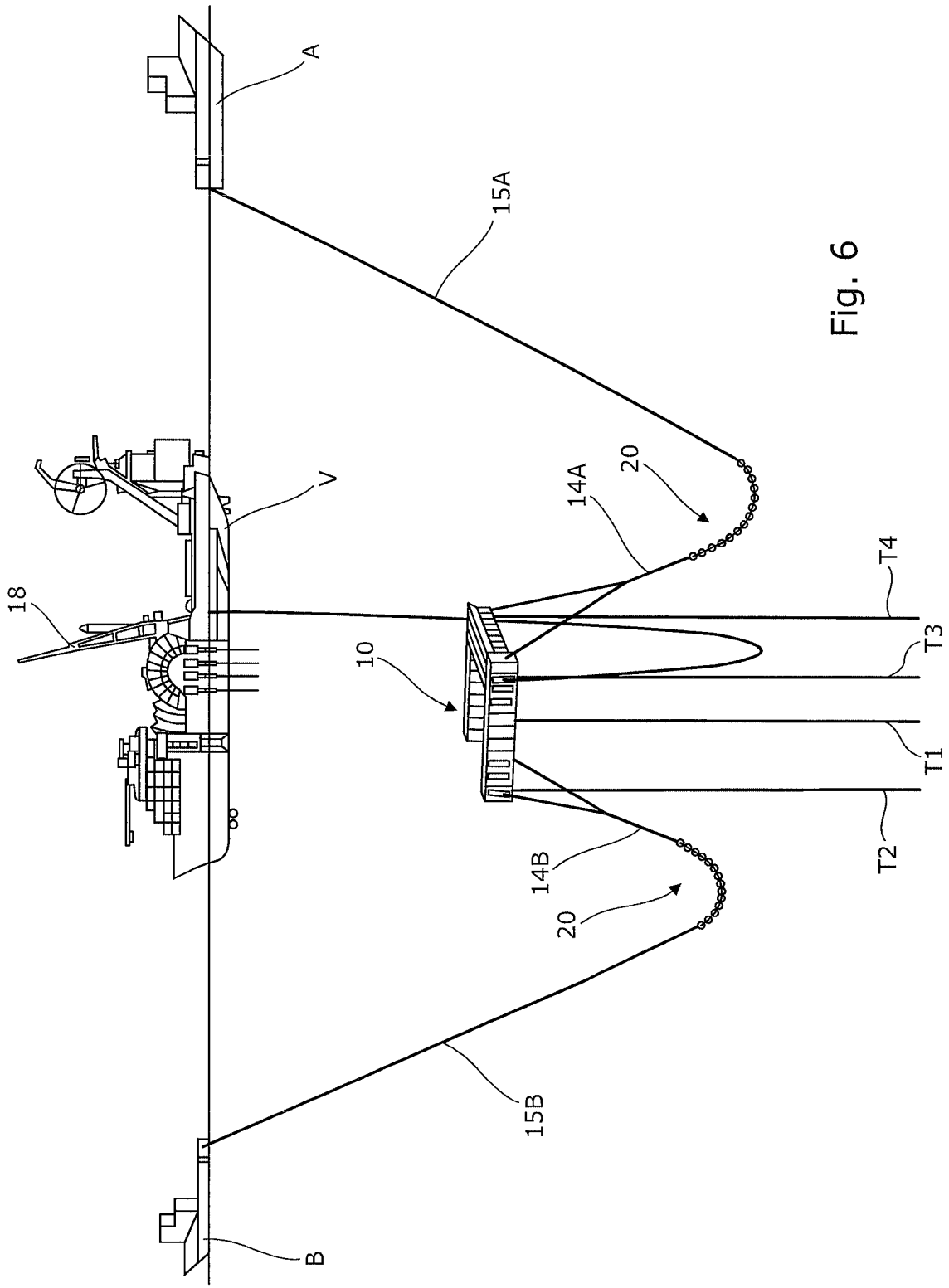


Fig. 6

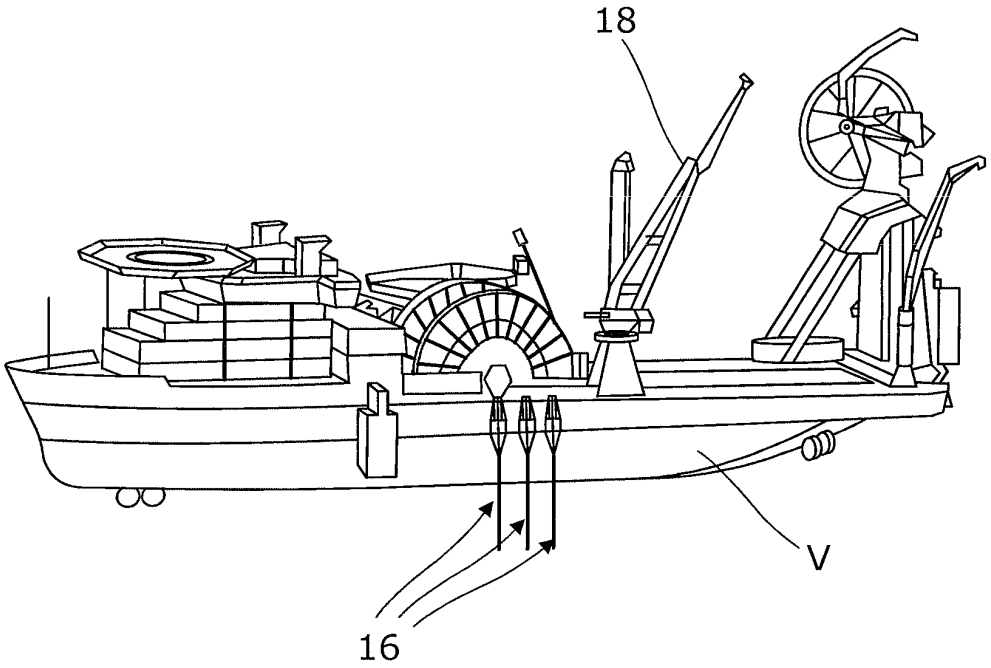
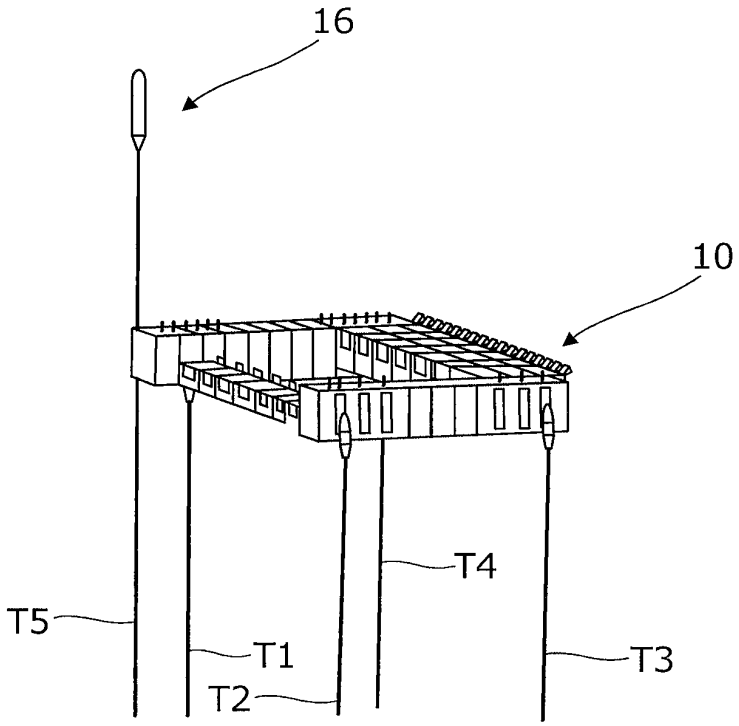


Fig. 7



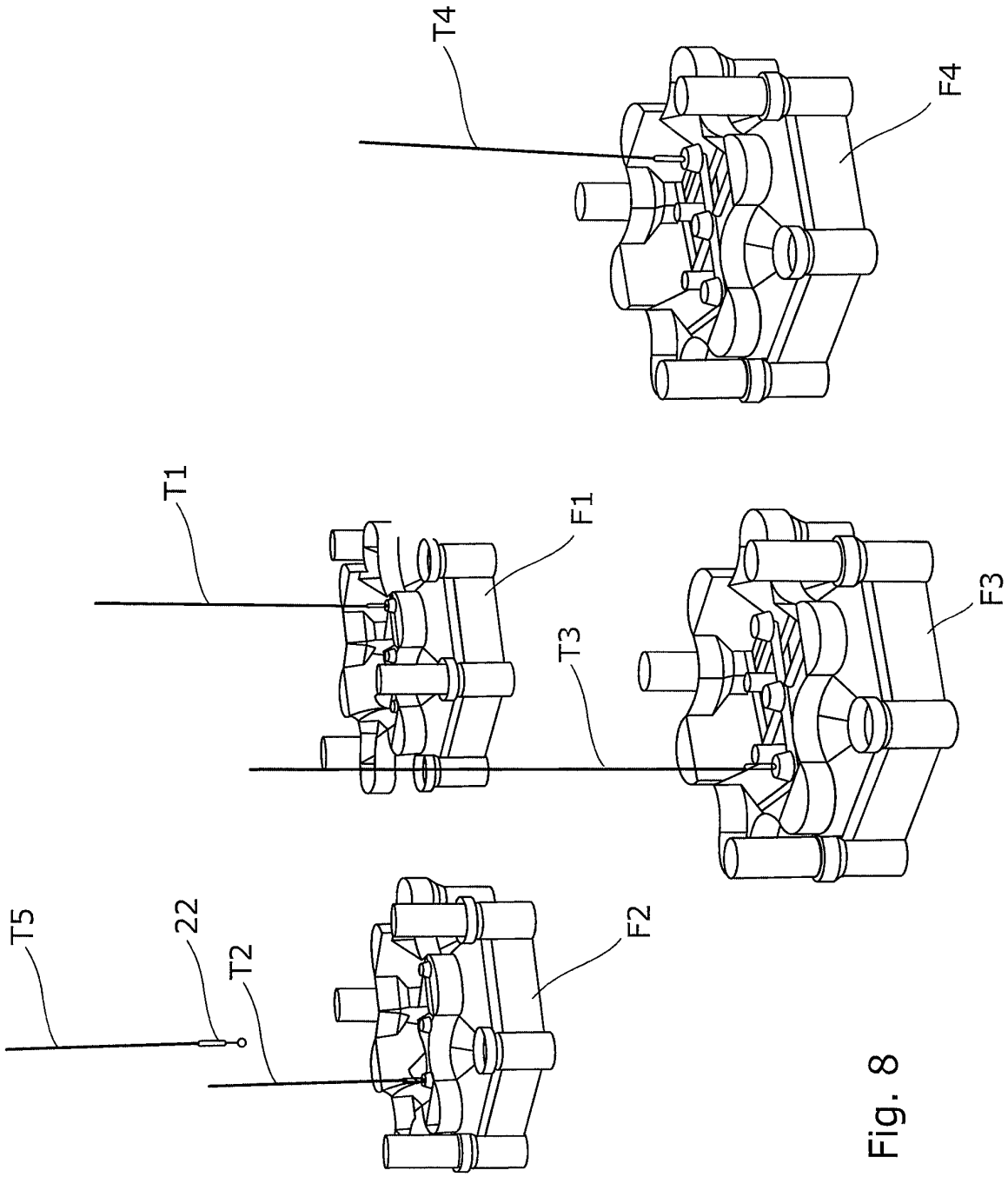


Fig. 8

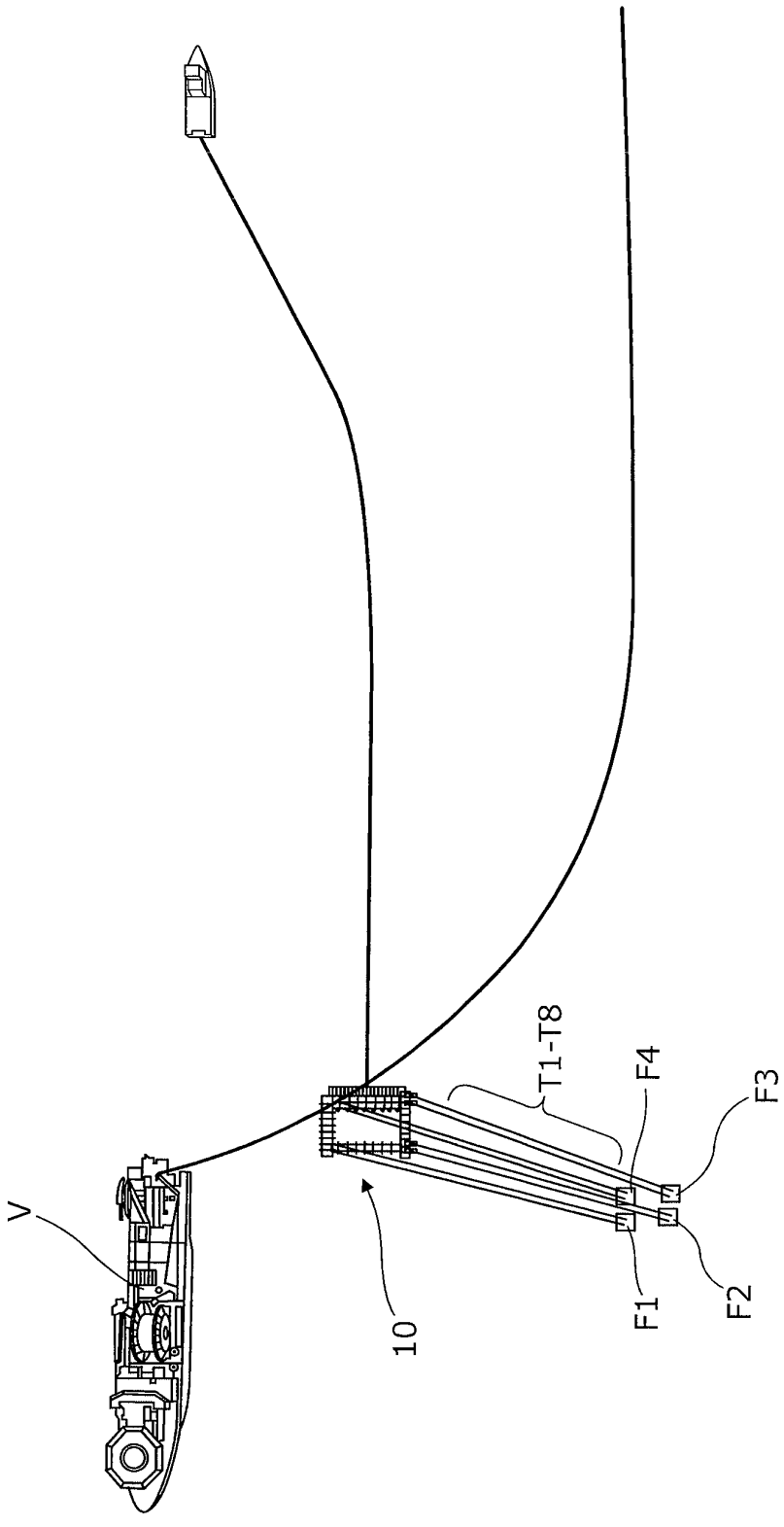


Fig. 9

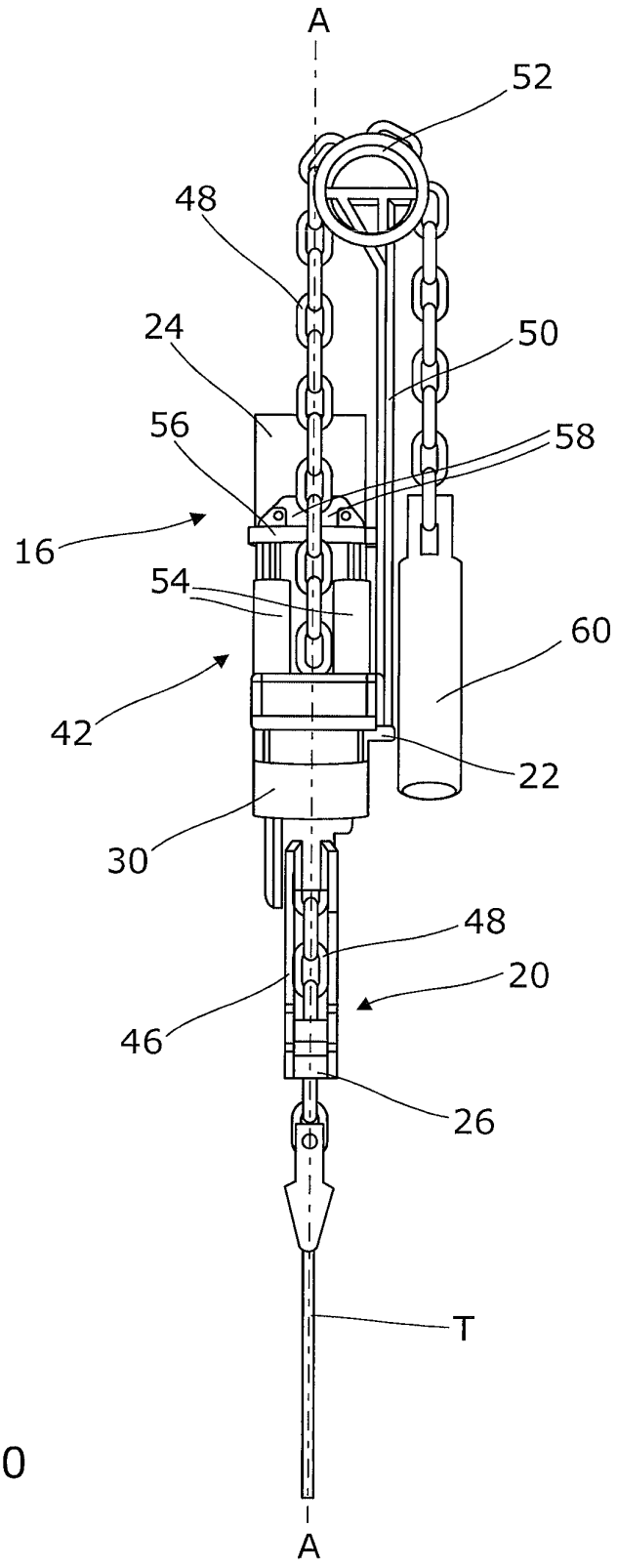


Fig. 10

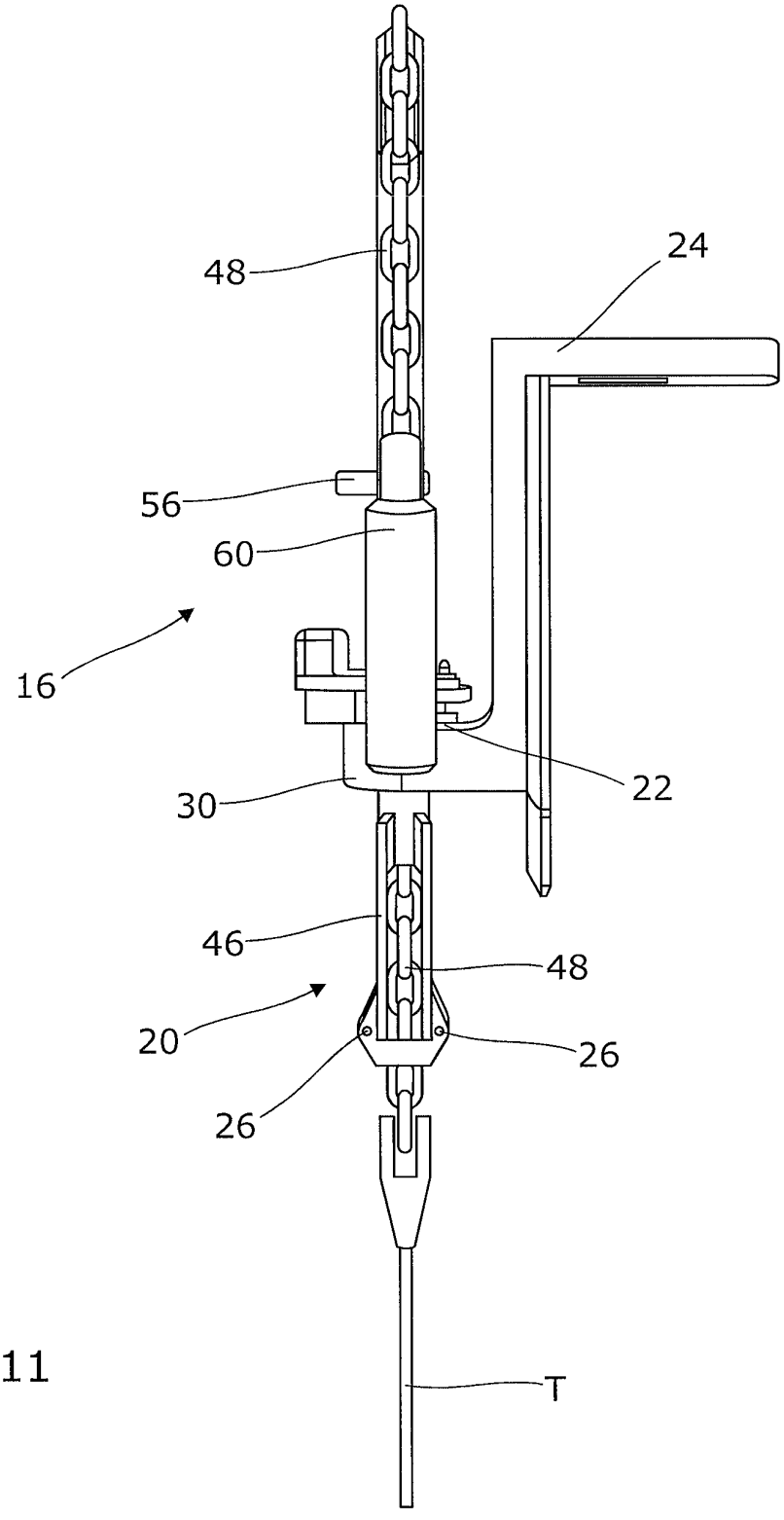


Fig. 11

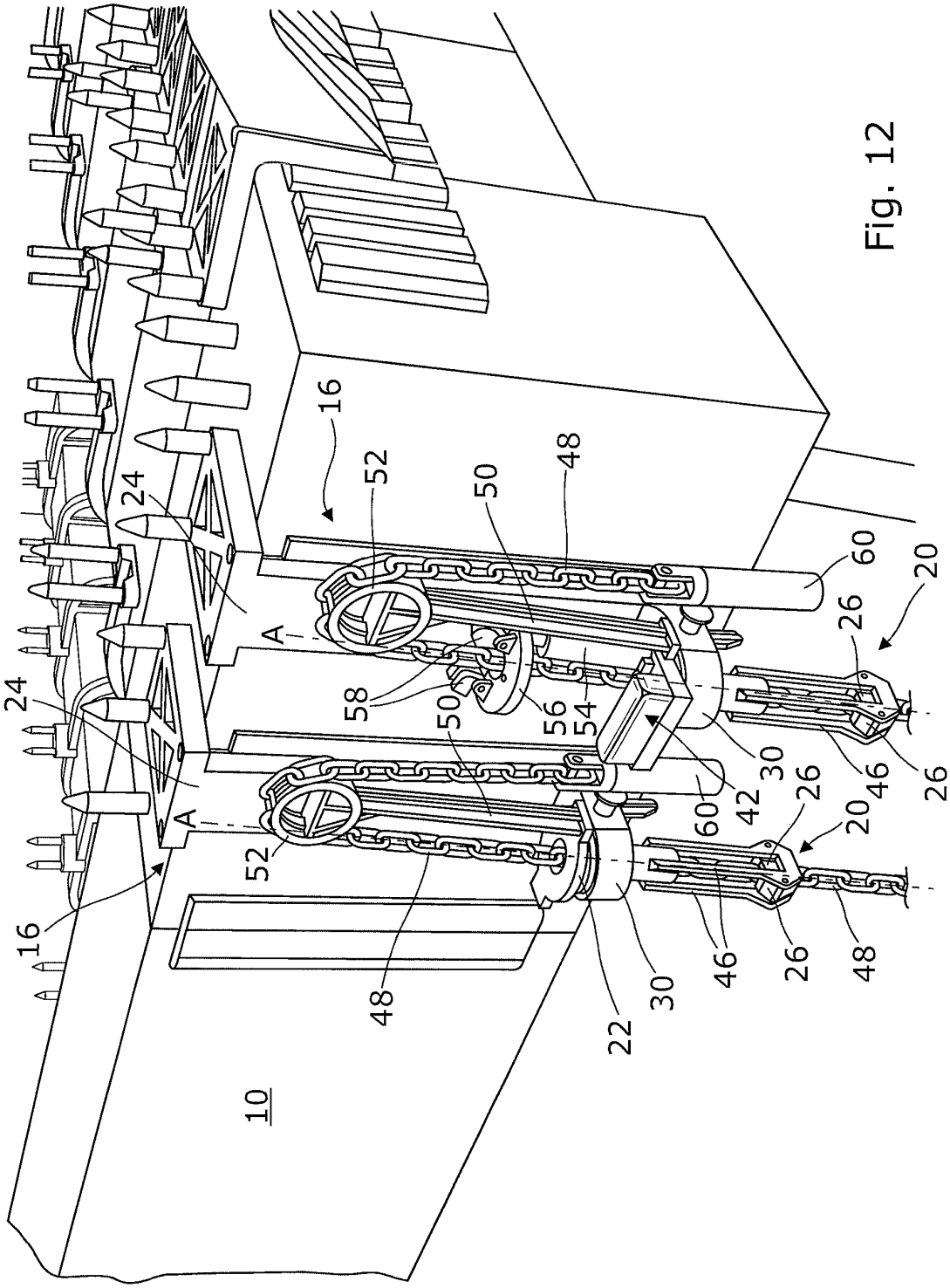


Fig. 12

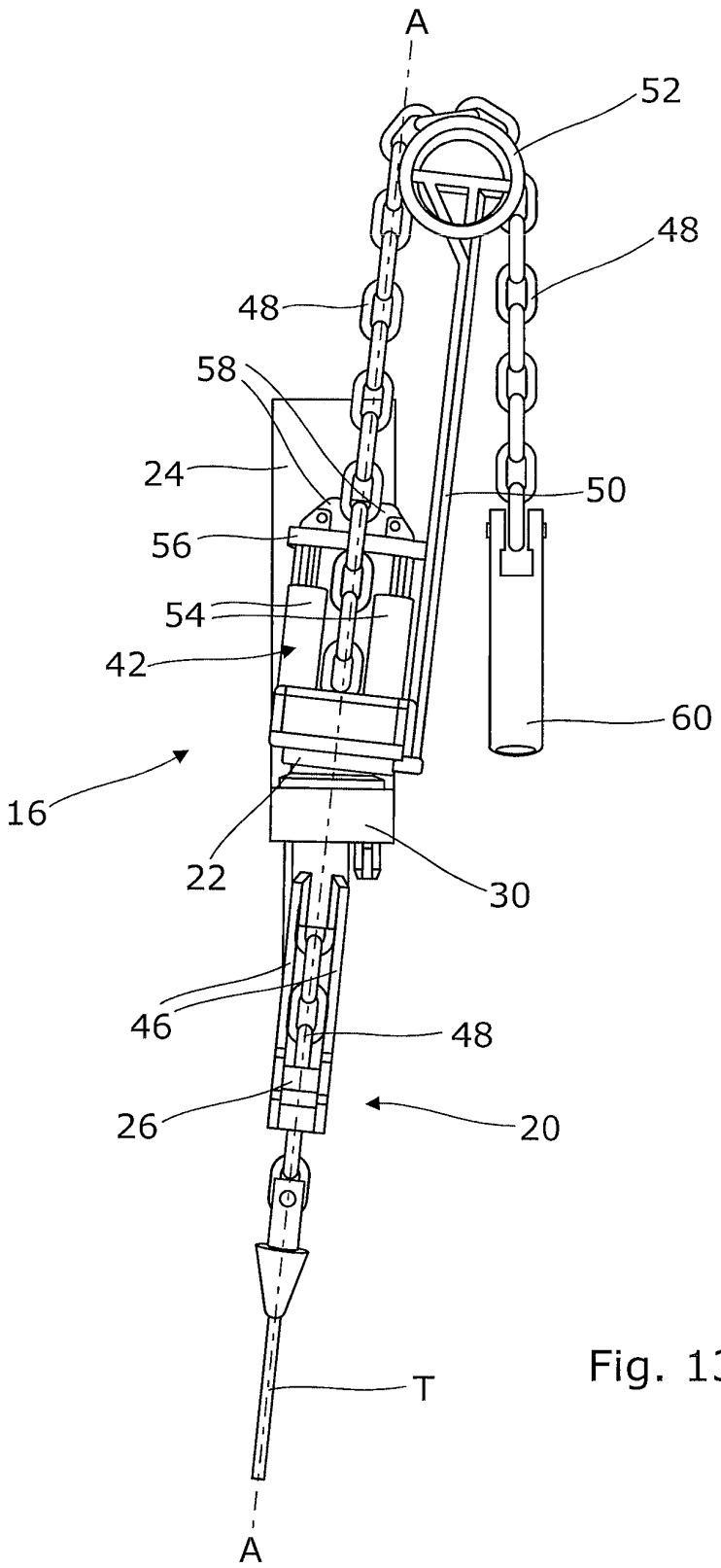


Fig. 13

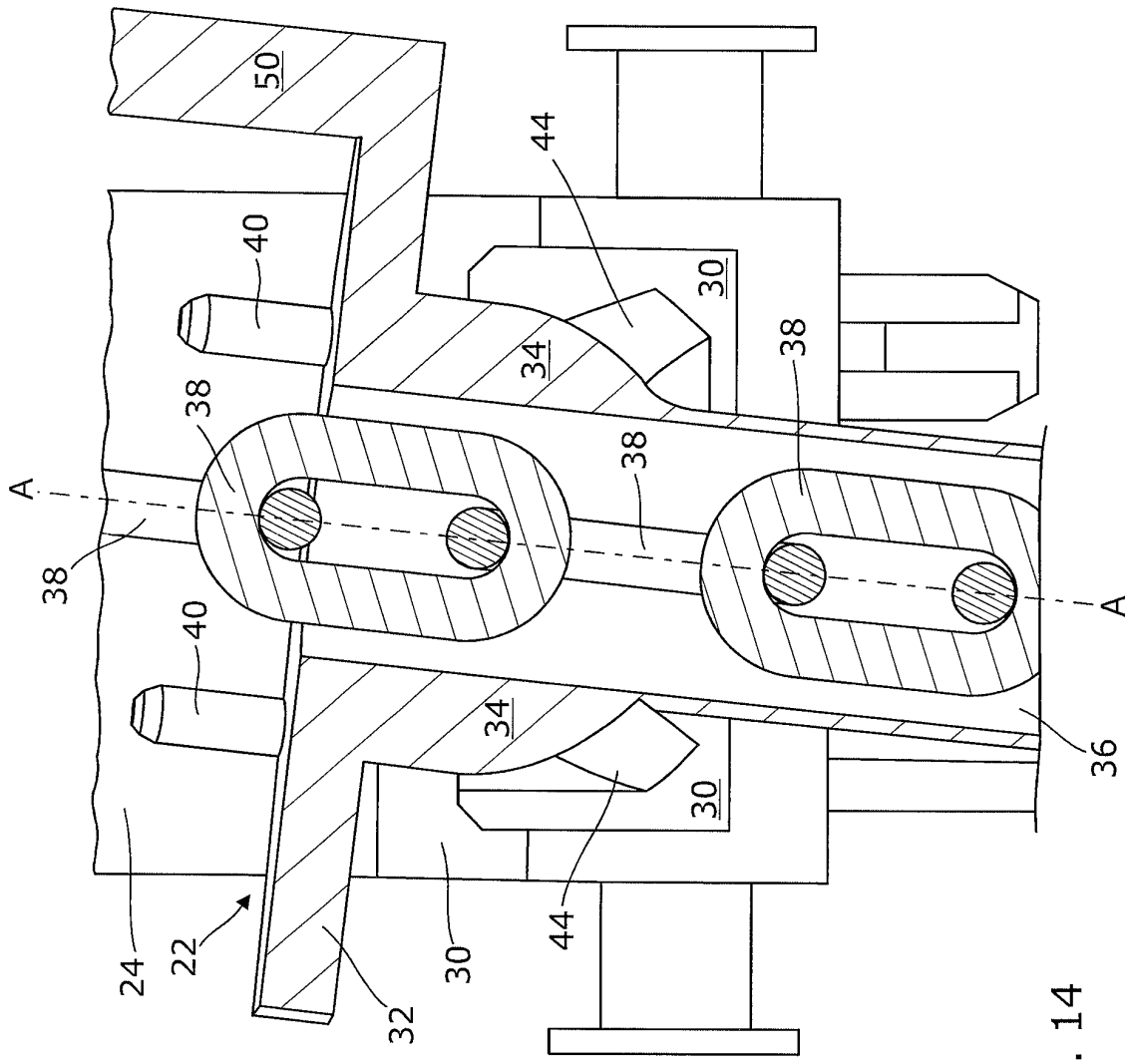


Fig. 14

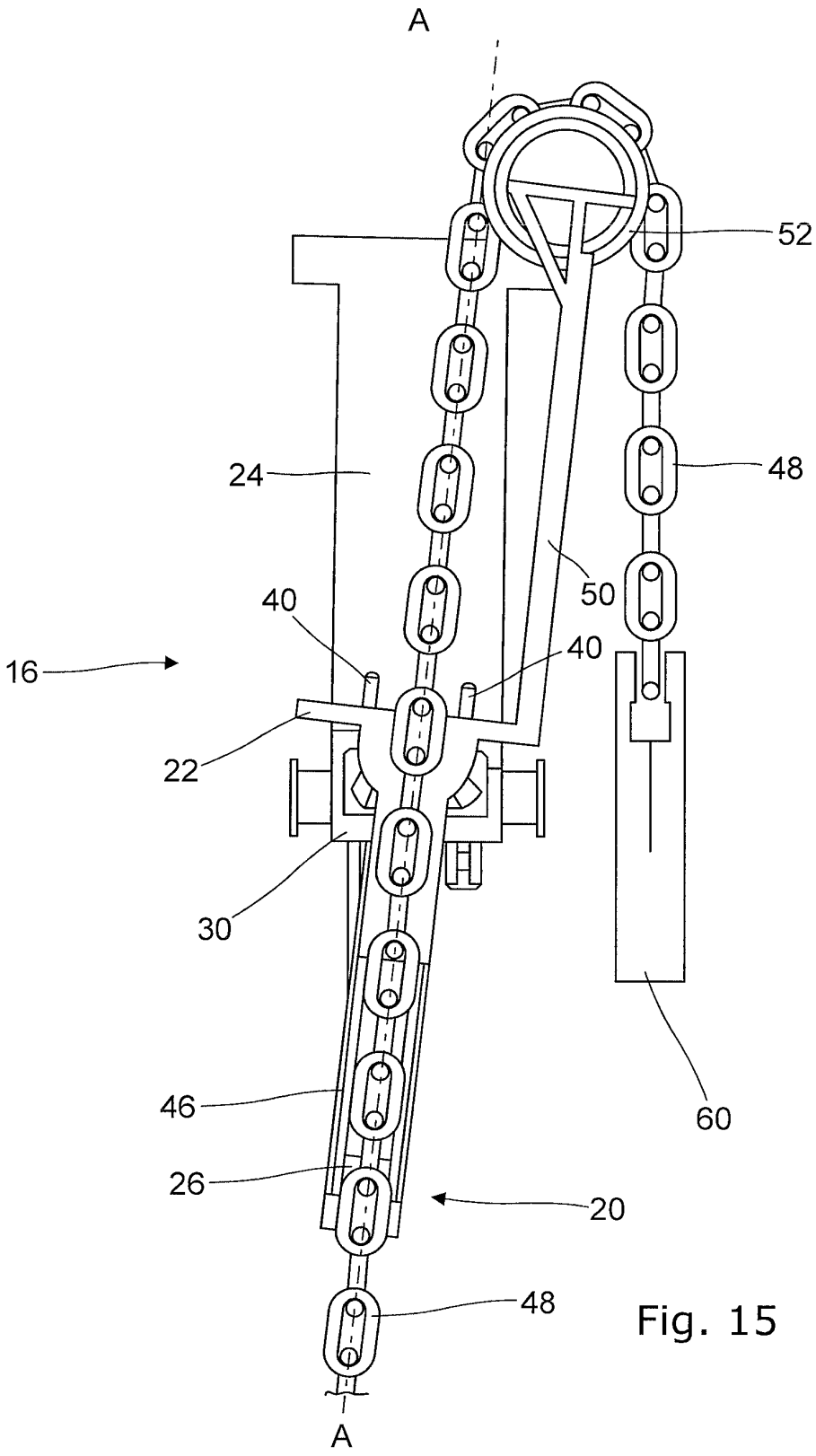


Fig. 15