



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

(21) **PI0905439-1 A2**



* B R P I 0 9 0 5 4 3 9 A 2 *

(22) Data de Depósito: 18/12/2009
(43) Data da Publicação: 21/06/2011
(RPI 2111)

(51) *Int.Cl.:*
E21B 33/035 2006.01
E21B 33/06 2006.01
E21B 33/064 2006.01
F15B 1/02 2006.01

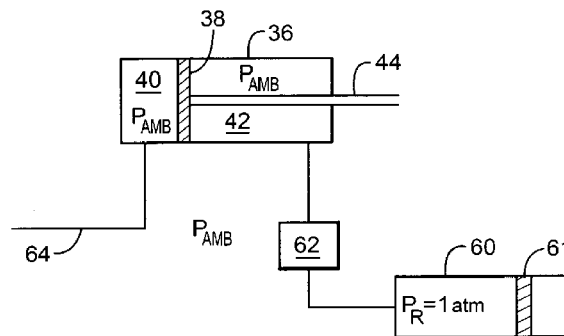
(54) Título: **DISPOSITIVO E MÉTODO DE GERAÇÃO DE FORÇA SUBMARINA**

(30) Prioridade Unionista: 18/12/2008 US 12/338,652

(73) Titular(es): HYDRIL USA MANUFACTURING LLC

(72) Inventor(es): RYAN GUSTAFSON

(57) **Resumo:** DISPOSITIVO E MÉTODO DE GERAÇÃO DE FORÇA SUBMARINA. Trata-se de um método e dispositivo submerso em água para gerar uma força sob a água. O dispositivo inclui um recipiente de baixa pressão (60) configurado para conter um volume de um primeiro fluido em um volume de baixa pressão, uma entrada (62d) conectada ao recipiente de baixa pressão (60) e configurada para trocar um segundo fluido com um invólucro externo (36), e uma válvula (62) conectada ao invólucro externo (36) e à entrada (62d) e configurada para separar uma fonte de pressão no invólucro externo (36) do recipiente de baixa pressão. Quando a válvula (62) for aberta, de modo que haja uma comunicação de fluxo entre o invólucro externo (36) e o recipiente de baixa pressão (60), causa um desequilíbrio de pressão no invólucro externo (36) que gera a força e o segundo fluido do invólucro externo (36) entra no recipiente de baixa pressão (60) e comprime o primeiro fluido.





“DISPOSITIVO E MÉTODO DE GERAÇÃO DE FORÇA SUBMARINA”

FUNDAMENTOS

CAMPO DA TÉCNICA

As modalidades da matéria ora revelada referem-se, genericamente, a métodos e sistemas e, mais particularmente, a mecanismos e técnicas de geração de uma força submarina.

DISCUSSÃO DOS ANTECEDENTES

No decorrer dos últimos anos, com o aumento do preço de combustíveis fósseis, o interesse no desenvolvimento de novos campos de produção aumentou substancialmente. Entretanto, a disponibilidade de campos de produção baseados em terra é limitada. Assim, a indústria estendeu agora a perfuração a locais *offshore*, que parecem conter uma grande quantidade de combustível fóssil.

As tecnologias existentes para extração do combustível fóssil de campos *offshore* utilizam um sistema 10 como mostrado na Figura 1. Mais especificamente, o sistema 10 inclui uma embarcação 12 que possui uma bobina 14 que fornece cabos de energia/comunicação 16 a um controlador 18. Uma bobina Mux pode ser usada para transmitir energia e comunicação. Alguns sistemas possuem enroladores de mangueira para transmitir fluido sob pressão ou um tubo resistente (conduto rígido) para transmitir o fluido sob pressão ou ambos. Outros sistemas podem possuir uma mangueira com comunicação ou linhas (piloto) para fornecer e operar funções debaixo da água. Entretanto, uma característica comum desses sistemas é sua profundidade de operação limitada. O controlador 18, que será discutido mais adiante nesse documento, fica disposto no fundo do mar, próximo ou no leito do mar 20. Nesse aspecto, observa-se que os elementos mostrados na Figura 1 não são representados em escala e nenhuma dimensão deve ser deduzida a partir da Figura 1.

A Figura 1 também mostra uma cabeça de poço 22 do poço submarino e uma tubulação de produção 24 que entra no poço submarino. No final da tubulação de produção 24 há uma sonda (não mostrada). Vários mecanismos, também não mostrados, são empregados para girar a tubulação de produção 24, e implicitamente a sonda, para estender o poço submarino.

Entretanto, durante a operação de perfuração normal, podem ocorrer eventos inesperados que poderiam danificar o poço e/ou o equipamento usado para perfuração. Tal evento é o fluxo descontrolado de gás, petróleo ou outros fluidos do poço a partir de uma formação subterrânea dentro do poço. Tal evento é, às vezes, referido como “pancada” ou uma “explosão” e pode ocorrer quando a pressão de formação exceder a pressão aplicada a essa pela coluna de fluido de perfuração. Esse evento é imprevisível e se nenhuma medida for tirada para impedir isso, o poço e/ou o equipamento associado pode ser danificado.

Outro evento que pode danificar o poço e/ou o equipamento associado é um ciclone ou um terremoto. Cada um desses fenômenos naturais pode danificar a integridade do poço e do equipamento associado. Por exemplo, devido aos fortes ventos produzidos por um ciclone na superfície do mar, a embarcação ou a plataforma que aciona o equipamento submarino começa a se desviar resultando no rompimento dos cabos de energia/comunicação ou outros elementos que conectam o poço à embarcação ou plataforma. Outros eventos que podem danificar a integridade do poço e/ou equipamento associado são possíveis conforme pode ser avaliado pelos versados na técnica.

Assim, um preventor de erupção (BOP) deve ser instalado na parte superior do poço para vedar o mesmo no caso de um dos eventos acima estar ameaçando a integridade do poço. O BOP é convencionalmente implementado como uma válvula para impedir a liberação de pressão tanto no espaço anular entre o revestimento e o tubo de perfuração ou no furo aberto

(ou seja, furo sem tubo de perfuração) durante as operações de perfuração ou finalização. A Figura 1 mostra BOPs 26 ou 28 que são controlados pelo controlador 18, comumente conhecido como um POD. O controlador de preventor de erupção 18 controla um acumulador 30 para fechar ou abrir os BOPs 26 e 28. Mais especificamente, o controlador 18 controla um sistema de válvulas para abrir e fechar os BOPs. O fluido hidráulico, que é usado para abrir e fechar as válvulas, é comumente pressurizado pelo equipamento sobre a superfície. O fluido pressurizado é armazenado em acumuladores sobre a superfície e no fundo do mar para operar os BOPs. O fluido armazenado no fundo do mar em acumuladores também pode ser usado para autocisalhamento e/ou para funções de suporte quando o controle do poço for perdido. O acumulador 30 pode incluir contêineres (recipientes) que armazenam o fluido hidráulico sob pressão e fornecem a pressão necessária para abrir e fechar os BOPs. A pressão do acumulador 30 é transportada por meio de tubo ou mangueira 32 para os BOPs 26 e 28.

Como entendido por um versado na técnica, em perfuração em águas profundas, para superar as altas pressões hidrostáticas geradas pela água do mar na profundidade de operação dos BOPs, o acumulador 30 deve ser inicialmente carregado a uma pressão acima da pressão submarina ambiente. Acumuladores típicos são carregados com nitrogênio, porém, à medida que as pressões de pré-carga aumentam, a eficiência de nitrogênio diminui acrescentando custos adicionais e peso, pois mais acumuladores são exigidos no fundo do mar para realizar a mesma operação na superfície. Por exemplo, um acumulador de 60 litros (L) na superfície pode possuir um volume utilizável de 24 L na superfície, porém, a 3000 m de profundidade da água o volume utilizável é menor que 4 L. Para mostrar que a pressão em águas profundas é dispendiosa, o equipamento para fornecer a alta pressão é volumoso, visto que o tamanho dos recipientes que fazem parte do acumulador

30 é grande, e a faixa de operação dos BOPs é limitada pela diferença de pressão inicial entre a pressão de carga e a pressão hidrostática na profundidade de operação.

Nesse aspecto, a Figura 2 mostra o acumulador 30 conectado
5 através da válvula 34 a um cilindro 36. O cilindro 36 pode incluir um pistão (não mostrado) que se move quando uma primeira pressão em um lado do pistão for maior que uma segunda pressão no outro lado do pistão. A primeira pressão pode ser a pressão hidrostática mais a pressão liberada pelo acumulador 30 enquanto a segunda pressão pode ser a pressão hidrostática. Portanto, o uso
10 de recipientes apertados para armazenar fluidos de alta pressão para operar um BOP torna a operação da plataforma *offshore* dispendiosa e exige a manipulação de partes grandes.

Ainda em relação à Figura 2, a válvula 34 pode ser fornecida entre o acumulador 30 e o cilindro 36 para controlar o tempo de aplicação da
15 pressão suplementar do acumulador 30. A pressão suplementar pode ser gerada pelo acumulador 30, de acordo com uma modalidade exemplificativa, fornecendo, por exemplo, 16 garrafas de 300 L, sendo que cada uma transporta nitrogênio sob pressão. A Figura 3 mostra tal exemplo de uma garrafa 50. A Figura 3 mostra que uma garrafa 50 possui uma primeira câmara
20 52 que inclui nitrogênio sob pressão e uma segunda câmara 54, separada por uma bexiga ou pistão 56 da primeira câmara 52. A segunda câmara 54 é conectada ao tubo 32 e inclui fluido hidráulico. Quando o controlador 18 instrui o acumulador 30 a liberar sua pressão, cada garrafa 50 usa a pressão de nitrogênio para mover a bexiga 56 em direção ao tubo 32 de modo que a
25 pressão suplementar seja fornecida através do tubo 32 até o cilindro 36.

Consequentemente pode ser desejado fornecer sistemas e métodos que evitam os problemas e desvantagens anteriormente descritos, ou seja, baixa eficiência, questões de segurança relacionadas às altas pressões

de pré-carga de superfície, tamanho e peso avantajados do acumulador, etc.

DESCRIÇÃO RESUMIDA

De acordo com uma modalidade exemplificativa, há um dispositivo submerso em água para gerar uma força sob a água. O dispositivo
5 inclui um recipiente de baixa pressão configurado para conter um volume de um primeiro fluido em um volume de baixa pressão; uma entrada conectada ao recipiente de baixa pressão e configurada para trocar um segundo fluido com um invólucro externo; e uma válvula conectada ao invólucro externo e à
10 entrada e configurada para separar uma fonte de pressão no invólucro externo do recipiente de baixa pressão. Quando a válvula for aberta, de modo que haja uma comunicação de fluxo entre o invólucro externo e o recipiente de baixa pressão, ocorre um desequilíbrio de pressão no invólucro externo que gera a força e o segundo fluido do invólucro externo entra no recipiente de baixa pressão e comprime o primeiro fluido.

15 De acordo com outra modalidade exemplificativa, há um método de geração de uma força movendo um pistão dentro de um invólucro externo de um dispositivo submerso na água, sendo que o pistão divide o invólucro externo em uma câmara de fechamento e uma câmara de abertura e a câmara de abertura se comunica com um recipiente de baixa pressão através de um
20 tubo dotado de uma válvula, sendo que a válvula separa uma fonte de pressão em uma câmara de abertura do recipiente de baixa pressão, e o recipiente de baixa pressão contendo um volume de um primeiro fluido. O método inclui aplicar de uma primeira pressão às câmaras de fechamento e abertura, onde a primeira pressão é gerada por um peso da água em uma determinada
25 profundidade do dispositivo; aplicar uma segunda pressão ao primeiro fluido do recipiente de baixa pressão, sendo que a segunda pressão é menor que a primeira pressão; abrir a válvula entre a câmara de abertura e o recipiente de baixa pressão de modo que um segundo fluido da câmara de abertura se mova

dentro do recipiente de baixa pressão e comprima o primeiro fluido; e gerar a força produzindo um desequilíbrio de pressão sobre o pistão.

Ainda de acordo com outra modalidade exemplificativa, há um dispositivo de ativação de preventor de erupção. O dispositivo inclui um
5 recipiente de baixa pressão configurado para conter um volume de um primeiro fluido em um volume de baixa pressão; uma entrada conectada ao recipiente de baixa pressão e configurada para trocar um segundo fluido com um invólucro externo; uma válvula conectada ao invólucro externo e à entrada e configurada para separar uma fonte de pressão no invólucro externo do
10 recipiente de baixa pressão; e ao menos um preventor de gaveta inclusive conectado a um pistão do invólucro externo e configurado para receber a força e fechar gavetas para cisalhar um tubo entre as gavetas, e um preventor de erupção anular conectado a um pistão do invólucro externo e configurado para receber a força para vedar um furo de poço. Quando a válvula for aberta, de
15 modo que haja uma comunicação de fluxo entre o invólucro externo e o recipiente de baixa pressão, ocorre um desequilíbrio de pressão no invólucro externo que gera a força e o segundo fluido do invólucro externo entra no recipiente de baixa pressão e comprime o primeiro fluido.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

20 Os desenhos em anexo, que estão incorporados e constituem uma parte do relatório descritivo, ilustram uma ou mais modalidades e, juntamente com a descrição, explicam essas modalidades. Nos desenhos:

A Figura 1 é um diagrama esquemático de uma plataforma offshore convencional;

25 A Figura 2 é um diagrama esquemático de um dispositivo submerso na água para gerar uma força com base em um acumulador;

A Figura 3 é um diagrama esquemático de um recipiente para produzir pressão suplementar;

A Figura 4 é um diagrama esquemático de um dispositivo submerso na água para gerar uma força sem um acumulador de acordo com uma modalidade exemplificativa;

5 A Figura 5 é um gráfico que ilustra a dependência de uma pressão relativa a um volume de um fluido dentro do dispositivo submerso de acordo com uma modalidade exemplificativa;

A Figura 6 é um diagrama esquemático de um dispositivo submerso na água que ilustra várias pressões que atuam sobre o dispositivo;

10 A Figura 7 é um diagrama esquemático de um dispositivo submerso na água para gerar uma força com base em um acumulador de acordo com uma modalidade exemplificativa;

A Figura 8 é um gráfico que ilustra várias dependências de pressão com volume de acordo com as modalidades exemplificativas;

15 A Figura 9 é um diagrama esquemático de um dispositivo submerso na água para gerar uma força de acordo com uma modalidade exemplificativa;

A Figura 10 é um diagrama esquemático de um dispositivo submerso na água para gerar uma força de acordo com outra modalidade exemplificativa;

20 As Figuras 11A e B são diagramas esquemáticos de uma válvula que conecta o BOP ao dispositivo submerso na água para gerar a força; e

A Figura 12 é um fluxograma que ilustra as etapas realizadas por um método para gerar uma força de acordo com uma modalidade exemplificativa.

25

DESCRIÇÃO DETALHADA

A seguinte descrição das modalidades exemplificativas se refere aos desenhos em anexo. As referências numéricas similares em desenhos diferentes identificam os elementos similares ou parecidos. A seguinte

descrição detalhada não limita a invenção. De preferência, o escopo da invenção é definido pelas reivindicações em anexo. As modalidades a seguir são discutidas, para simplicidade, em relação à terminologia e estrutura de sistemas BOP. Entretanto, as modalidades que serão discutidas a seguir não são limitadas a esses sistemas, porém podem ser aplicadas a outros sistemas que exigem o fornecimento de força quando a pressão ambiente estiver alta como em um ambiente submarino.

A referência ao longo do relatório descritivo a “uma modalidade” ou “qualquer modalidade” significa que um recurso, estrutura, ou característica particular descrito em conjunto com uma modalidade está incluído em ao menos uma modalidade do assunto descrito. Assim, o aspecto das frases “em uma modalidade” ou “em qualquer modalidade” em vários lugares ao longo do relatório descritivo não está se referindo necessariamente à mesma modalidade. Ademais, os recursos, estruturas ou características particulares podem ser combinados de qualquer maneira em uma ou mais modalidades.

Como discutido acima em relação à Figura 2, o acumulador 30 é volumoso devido à baixa eficiência de nitrogênio em altas pressões. Visto que os campos offshore ficam localizados cada vez mais profundos (no sentido de que a distância da superfície do mar até o leito do mar está se tornando cada vez maior), os acumuladores à base de nitrogênio se tornam menos eficazes devido ao fato de que a diferença entre a pressão de carga inicial para a pressão hidrostática local diminui para uma determinada carga inicial de câmara 52, assim, exigindo que o tamanho dos acumuladores aumente (é necessário utilizar 16 garrafas de 320 L), e aumentando o preço para implementar e manter os acumuladores.

De acordo com uma modalidade exemplificativa, uma nova disposição, como mostrado na Figura 4, pode ser usada para gerar a força F. A Figura 4 mostra um invólucro 36 que inclui um pistão 38 capaz de se mover

dentro do invólucro 36. O pistão 38 divide o invólucro 36 em uma câmara 40, definida pelo cilindro 36 e o pistão 38. A câmara 40 é denominada câmara de fechamento. O invólucro 36 também inclui uma câmara de abertura 42 como mostrado na Figura 4.

5 A pressão em ambas as câmaras 40 e 42 pode ser igual, ou seja, a pressão do mar (pressão ambiente). A pressão ambiente em ambas as câmaras 40 e 42 pode ser obtida permitindo que a água do mar entre livremente nessas câmaras. Assim, visto que não há diferença de pressão em cada lado do pistão 38, o pistão 38 está em repouso.

10 Quando for necessário que uma força seja fornecida para ativar uma peça do equipamento, a haste 44 associada ao pistão 38 deve ser movida. Isso pode ser obtido gerando um desequilíbrio de pressão sobre dois lados do pistão 38.

 Embora a modalidade exemplificativa, que é mostrada na Figura
15 4, descreva como gerar a força submarina sem o uso dos acumuladores, entretanto, como será discutido posteriormente, de acordo com outra modalidade exemplificativa, os acumuladores ainda podem ser usados para fornecer a pressão suplementar. A Figura 4 mostra o invólucro 36 (que pode ser um cilindro) que inclui o pistão 38 e uma haste 44 conectada ao pistão 38.
20 A câmara de abertura 42 pode ser conectada a um recipiente de armazenamento de baixa pressão 60. Uma válvula 62 pode ser inserida entre a câmara de abertura 42 e o recipiente de baixa pressão 60 para controlar as pressões entre a câmara de abertura e o recipiente 60. O recipiente de baixa pressão 60 pode incluir um pistão 61 que é colocado no recipiente de baixa
25 pressão 60 para deslizar dentro do recipiente de baixa pressão 60 de modo a dividir um fluido compressível, dentro do recipiente de baixa pressão 60, do invólucro 36. O recipiente de baixa pressão 60 pode incluir uma bexiga ou um

elemento de vedação em vez do pistão 61. O fluido compressível (primeiro fluido) pode ser, por exemplo, ar.

O recipiente de armazenamento de baixa pressão 60 pode possuir qualquer formato e pode ser feito de aço, ou qualquer material que seja capaz de suportar as pressões da água do mar. Entretanto, a pressão inicial dentro do recipiente de baixa pressão é de cerca de 1 atm ou menos para aprimorar a eficiência, quando o recipiente estiver no nível do mar. Após o recipiente ser reduzido para o leito do mar, a pressão dentro do recipiente pode se tornar maior, visto que o nível do mar exerce uma alta pressão sobre as paredes do recipiente, assim, comprimindo o gás para dentro. Outros fluidos, exceto ar, podem ser usados para preencher o recipiente de baixa pressão. Entretanto, a pressão dentro do recipiente 60 é menor do que a pressão ambiente P_{amb} , que é aproximadamente 350 atm a 4000 m de profundidade.

Como mostrado na Figura 4, quando não houver a necessidade de fornecer a força, a pressão tanto nas câmaras de fechamento como de abertura é P_{amb} , enquanto a pressão dentro do recipiente 60 é aproximadamente $P_r = 1$ atm. Quando uma força aplicada à haste 44 for exigida para a atuação de uma peça do equipamento na plataforma, a válvula 62 se abre de modo que a câmara de abertura 42 possa se comunicar com o recipiente de armazenamento de baixa pressão 60. As alterações de pressão a seguir ocorrem na câmara de fechamento 40, a câmara de abertura 42 e o recipiente 60. A câmara de fechamento 40 permanece na pressão ambiente visto que mais água do mar entra através do tubo 64 na câmara de fechamento 40 à medida que o pistão 38 começa a se mover da esquerda para a direita na Figura 4. A pressão na câmara de abertura 42 diminui à medida que a baixa pressão P_r se torna disponível através da válvula 42, ou seja, a água do mar (segundo fluido, que pode ser incompressível) da câmara de abertura 42 se move até o recipiente 60 para equalizar as pressões entre a câmara de

abertura 42 e o recipiente 60. Assim, um desequilíbrio de pressão é causado entre a câmara de fechamento 40 e a câmara de abertura 42 e esse desequilíbrio de pressão ativa o movimento do pistão 38.

A Figura 5 mostra um gráfico da pressão versus volume da câmara de fechamento 40 e o recipiente 60. A pressão da câmara de fechamento 40 permanece substancialmente constante (veja curva A) enquanto o volume da câmara de fechamento 40 se expande de um pequeno volume inicial, V_1 , para um volume final maior, V_2 , enquanto a pressão no recipiente 60 aumenta levemente de aproximadamente 1 atm devido ao líquido recebido da câmara de abertura 42, como mostrado pela curva B.

Assim, de acordo com uma modalidade exemplificativa, uma grande força F é obtida sem utilizar nenhum recipiente carregado com nitrogênio em alta pressão. Portanto, o sistema mostrado na Figura 4 proporciona vantajosamente uma solução de custo reduzido para gerar uma força à medida que o recipiente de baixa pressão 60 é preenchido com, por exemplo, ar na superfície do nível do mar. Ademais, o dispositivo para gerar a força pode possuir um tamanho pequeno visto que o tamanho do recipiente de baixa pressão é menor comparado com os acumuladores existentes. Em uma modalidade exemplificativa, o recipiente de baixa pressão pode ser um contêiner de aço inoxidável que possui um volume de 250l. Outra vantagem do dispositivo mostrado na Figura 4 é a possibilidade de retroajustar facilmente as plataformas de águas profundas existentes com tal dispositivo.

De acordo com uma modalidade exemplificativa mostrada na Figura 6, um exemplo numérico é fornecido para avaliar a eficácia do recipiente de baixa pressão 60. O exemplo mostrado na Figura 6 não pretende limitar as modalidades exemplificativas, porém apenas oferecer ao leitor um melhor entendimento da força gerada pelo recipiente de baixa pressão 60. A Figura 6 mostra o invólucro 36 que inclui o pistão 38 com as várias pressões atuando

sobre esse. Mais especificamente, a pressão na câmara de fechamento 40 é P_{AMB} , a pressão na câmara de abertura é P_{ATM} , quando a câmara de abertura 42 se comunicar com o recipiente de baixa pressão 60, e a pressão que atua sobre a haste 44 for P_{MUD} , que é a pressão de coluna ou pressão de furo de poço dependendo da aplicação. A força líquida F_{NET} , que é calculada nesse exemplo, é constante ao longo de todo o curso do pistão. Isso é diferente dos dispositivos convencionais onde a força diminui à medida que o pistão no acumulador se move devido à pressão perdida à medida que o gás nitrogênio se expande. De preferência, uma pressão constante poderia garantir pressão/força suficientes para cortar o tubo de perfuração quando necessário.

Supondo que P_{AMB} seja 4.500 psi, P_{ATM} seja 14.5 psi, P_{MUD} seja 15.000 psi, D1 seja 22 in, e D2 seja 5,825 in, a força líquida F_{NET} é determinada por:

$$F_{NET} = P_{AMB}(\pi/4)(D1)^2 - P_{ATM}(\pi/4)[(D1)^2 - (D2)^2] - P_{MUD}(\pi/4)(D2)^2 = 1.298.850 \text{ lbf}$$

Supondo que P_{ATM} seja 4.500 psi, a força de abertura líquida F_{NET} é -284.639 lbf. De acordo com uma modalidade exemplificativa, a pressão ambiente (alta pressão) pode estar entre 200 e 400 atm e a P_{ATM} (baixa pressão) pode estar entre 0,5 e 10 atm.

De acordo com outra modalidade exemplificativa, o recipiente de baixa pressão 60 pode ser usado em conjunto com acumuladores à base de nitrogênio como mostrado na Figura 7. A câmara de fechamento 40 do invólucro 36 é conectada não só à água do mar através do tubo 64 como também ao acumulador 30 que é capaz de fornecer pressão suplementar. Quando apropriado, condições são obtidas, uma válvula 66 pode fechar o fornecimento de água do mar à câmara de fechamento 40 e a válvula 46 pode ser aberta para permitir que a pressão suplementar do acumulador 30 atinja a câmara de fechamento 40. De acordo com uma modalidade exemplificativa, o líquido hidráulico do acumulador 30 se mistura com a água do mar a partir da

câmara de fechamento 40. De acordo com outra modalidade exemplificativa, outro pistão (não mostrado) separa o líquido hidráulico do acumulador 30 da água do mar dentro da câmara de fechamento 40. Opcionalmente, a válvula 66 se abre quando a pressão no acumulador 30 se torna menor do que um limite pré-ajustado. A variação de pressão como uma função de volume do acumulador 30 é ilustrada pelo formato de C na Figura 8. Assim, a pressão suplementar (curva C) diminui à medida que o pistão 38 se move, produzindo uma força suplementar decrescente sobre a haste 44. O perfil de curva C é determinado por uma equação apropriada de estado para o gás particular usado no acumulador 30, dependendo se a temperatura ou transferência de calor for considerada constante ou desprezível, ou seja, se a alteração de estado do gás for isotérmica ou adiabática, respectivamente.

Entretanto, como um versado na técnica conhece, o produto de pressão e volume de um gás ideal é proporcional à temperatura de gás, como ilustrado pela curva C na Figura 8. Assim, em um acumulador convencional, quando a pressão dos recipientes for liberada a um dispositivo específico, a pressão diminui à medida que o volume aumenta. Em contrapartida, a pressão na câmara de fechamento 40 não se altera inversamente proporcional com o aumento de volume dessa câmara como mostrado pela curva A na Figura 5, ou seja, a pressão permanece substancialmente constante quando o volume da câmara de fechamento 40 aumenta.

Entretanto, quando a pressão suplementar do acumulador 30 for combinada com a baixa pressão do recipiente de baixa pressão 60, a pressão exercida sobre o pistão 38 da câmara de fechamento 40 possui o perfil mostrado pela curva D na Figura 8, ou seja, uma alta pressão que diminui levemente com o movimento do pistão 38. De acordo com uma modalidade exemplificativa, a pressão do acumulador 30, P_{AC} , pode ser liberada após o recipiente de armazenamento de baixa pressão 60 ser ativado, produzindo

assim o perfil de pressão mostrado pela curva E na Figura 8. Observa-se que de acordo com esse perfil, a pressão na câmara de fechamento é P_{amb} após a válvula 62 ser aberta e aumentar para $P_{amb} + P_{AC}$ quando a pressão suplementar do acumulador 30 se tornar disponível.

5 O pico na pressão mostrado na Figura 8 no perfil E pode ser vantajoso, como discutido a seguir. Retornando para a Figura 1, o BOP é mostrado incluindo dois elementos 26 e 28. O elemento 28 pode ser um preventor de erupção anular enquanto o elemento 26 pode ser um preventor de gaveta. O preventor de erupção anular 28 é uma válvula, que pode ser
10 instalada acima do preventor de gaveta 26 para vedar o espaço anular entre o tubo e o furo do poço ou, se nenhum tubo estiver presente, o próprio furo de poço. O preventor de erupção anular não corta (cisalha) as linhas ou tubos presentes no furo do poço, porém apenas veda o poço. Entretanto, se o preventor de erupção anular não conseguir vedar o furo do poço ou não for
15 suficiente, o preventor de gaveta pode ser ativado.

O preventor de gaveta usa gavetas para vedar a pressão em um furo que possui ou não um tubo. Se o furo incluir um tubo, o preventor de gaveta precisa de força suficiente para cisalhar (cortar) o tubo e quaisquer cabos que podem estar próximos ou dentro do tubo de modo que o poço seja
20 completamente fechado, para impedir a liberação de pressão para a atmosfera.

Assim, os dispositivos de fornecimento de força discutidos nas modalidades exemplificativas podem ser usados para fornecer a força necessária ao preventor de erupção anular, o preventor de gaveta, ambos, etc. Outras aplicações da força que fornecem modalidades exemplificativas podem
25 ser previstas por um versado na técnica, como, por exemplo, aplicar a força a qualquer válvula submarina sobre o conjunto BOP ou árvores de produção.

Várias válvulas e pilotos podem ser adicionadas entre cada câmara e o recipiente de baixa pressão 60 e/ou acumulador 30 como será

avaliado pelos versados na técnica. Dois diagramas exemplificativos que mostram a implementação do recipiente de baixa pressão 60 são mostrados nas Figuras 9 e 10. Entretanto, esses exemplos pretendem facilitar o entendimento do leitor e não limitar as modalidades exemplificativas. A Figura 9 mostra o cilindro 36 conectado ao tubo 64 e o recipiente de baixa pressão 60 através da válvula 62. A válvula 62 é conectada a uma válvula de êmbolo 68 que é conectada a um acumulador piloto 70. O acumulador piloto 70 pode ser, por exemplo, um recipiente de 2,5 L. O acumulador piloto 70 pode ser conectado, através de um acoplador 72 a um piloto de válvula de autocisalhamento 74 e um piloto de ativação de autocisalhamento 76. Uma porta I é fornecida para conectar a linha 64 à água do mar e uma porta II é conectada ao acoplador 72 e a um piloto de desativação de autocisalhamento. Em outra modalidade exemplificativa mostrada na Figura 10, a válvula de êmbolo 68 é substituída por uma válvula que é conectada ao piloto de válvula 74.

A válvula 62 é discutida em mais detalhes em relação às Figuras 11A e B. A Figura 11A mostra o invólucro 36 conectado ao recipiente de baixa pressão 60 através de uma válvula corrediça 67 e a válvula 62. A válvula corrediça 67 pode ser um tipo de inclinação de mola para impedir o ingresso de água do mar e manter a posição correta de passagem. A válvula 62 (que é produzida junto à Hydril, Houston, Texas, US) pode ser uma válvula trifásica de 2 posições que é carregada por mola para manter sua posição. Como mostrado na Figura 11A, a câmara de abertura 42 é conectada a uma porta de ventilação 62a na válvula 62 que é sempre aberta para a água do mar. Entretanto, a porta 62b da válvula 62, que é conectada ao recipiente de baixa pressão 60, é bloqueada para manter a pressão baixa no recipiente de baixa pressão 60. Quando atuado por um piloto externo (não mostrado), um carretel interno da válvula se move comprimindo a mola 62c, bloqueando a porta de

ventilação 62a, e abrindo a câmara de abertura 42 para o recipiente de baixa pressão 60. Após a válvula 62 ser orientada pelo piloto externo como mostrado na Figura 11B, onde uma comunicação livre é permitida entre a câmara de abertura 42 e o recipiente de baixa pressão 60. O elemento 62e mostrado na
5 Figura 11A bloqueia a porta de ventilação 62a na Figura 10B.

De acordo com uma modalidade exemplificativa, ilustrada na Figura 12, há um método para gerar uma força movendo um pistão dentro de um invólucro externo de um dispositivo submerso em água, sendo que o pistão divide o invólucro externo em uma câmara de fechamento e uma câmara de
10 abertura e a câmara de abertura se comunica com um recipiente de baixa pressão através de um tubo que possui uma válvula, sendo que a válvula separa uma fonte de pressão na câmara de abertura do recipiente de baixa pressão, e o recipiente de baixa pressão contendo um volume de um primeiro fluido. O método inclui uma etapa 1200 de aplicação de uma primeira pressão
15 às câmaras de fechamento e abertura, onde a primeira pressão é gerada por um peso da água em uma determinada profundidade do dispositivo, uma etapa 1210 de aplicação de uma segunda pressão ao primeiro fluido do recipiente de baixa pressão, sendo que a segunda pressão é menor que a primeira pressão, uma etapa 1220 de abertura da válvula entre a câmara de abertura e o
20 recipiente de baixa pressão de modo que um segundo fluido da câmara de abertura se mova para dentro do recipiente de baixa pressão e comprima o primeiro fluido, e uma etapa 1230 de geração da força produzindo um desequilíbrio de pressão sobre o pistão.

De acordo com uma modalidade exemplificativa, um ou mais
25 sensores de pressão podem ser inseridos no recipiente de baixa pressão 60 para monitorar sua pressão. Quando o sensor de pressão determinar que a pressão dentro do recipiente 60 está longe de 1 atm, o operador da plataforma é informado desse fato de modo que o operador possa contar com outro

gerador de força para fechar o preventor de gaveta no caso de uma emergência ou para substituir o recipiente 60. Alternativamente, o recipiente 60 pode ser proporcionado com um equipamento hidráulico (não mostrado) que inicia o bombeamento da água para fora do recipiente quando o sensor
5 perceber que a pressão dentro do recipiente está acima de um determinado limite. Em outra modalidade exemplificativa, o equipamento hidráulico pode bombear a água para fora do recipiente 60 após a válvula 62 ser aberta e o preventor de gaveta ser fechado. Observa-se que após o recipiente 60 ser preenchido com água esse não pode ser usado para gerar a força, a menos
10 que a baixa pressão seja restabelecida dentro do recipiente 60.

De acordo com outra modalidade exemplificativa, mais de um recipiente 60 pode ser usado tanto de maneira simultânea como sequencial, ou uma combinação dessas. Ademais, ao menos um recipiente 60 pode ser conectado a um dispositivo que esvazia o recipiente 60 da água do mar após a
15 válvula 62 ser aberta e a água do mar entrar no recipiente. Assim, de acordo com essa modalidade, o recipiente 60 pode ser reutilizado múltiplas vezes.

De acordo com outra modalidade exemplificativa, a diferença de pressão entre (i) a pressão da água do mar a 2000 a 4000 m na câmara de fechamento e (ii) a pressão atmosférica dentro do recipiente 60 gera uma força
20 adequada para fechar o preventor de gaveta. Entretanto, se o leito do mar for mais fundo que 4000 m do nível do mar, adaptadores (por exemplo, válvulas de redução de pressão) podem ser usados para reduzir a diferença de pressão de modo que o preventor de gaveta não seja danificado pela diferença de pressão excessiva. Em contrapartida, se o leito do mar estiver situado a menos de 2000
25 m da superfície do mar, a diferença de pressão pode não ser suficiente para criar força suficiente para fechar o preventor de gaveta. Assim, de acordo com uma modalidade exemplificativa, os acumuladores podem ser usados para suplementar a pressão hidrostática. Entretanto, mesmo que nenhum

acumulador seja usado, a força pode ser gerada desde que haja uma diferença de pressão entre a câmara de abertura e o recipiente de armazenamento de baixa pressão.

5 As modalidades exemplificativas descritas fornecem um sistema e um método para gerar uma força no fundo do mar com um consumo reduzido de energia e em um baixo custo. Deve ser entendido que essa descrição não pretende limitar a invenção. Em contrapartida, as modalidades exemplificativas pretendem abranger alternativas, modificações e equivalentes, que estão incluídas no espírito e escopo da invenção como definido pelas reivindicações
10 em anexo. Ademais, na descrição detalhada das modalidades exemplificativas, inúmeros detalhes específicos são apresentados para proporcionar um amplo entendimento da invenção reivindicada. Entretanto, um versado na técnica poderia entender que várias modalidades podem ser praticadas sem tais detalhes específicos.

15 Embora as características e elementos das presentes modalidades exemplificativas sejam descritas nas modalidades em combinações particulares, cada característica ou elemento pode ser usado separadamente ou em várias combinações com ou sem outras características e elementos descritos aqui.

20 Essa descrição escrita usa exemplos para descrever a invenção, inclusive o melhor modo, e também para permitir que qualquer versado na técnica pratique a invenção, inclusive criando e utilizando qualquer dispositivo ou sistema e realizando qualquer método incorporado. O escopo patenteável da invenção é definido pelas reivindicações, e pode incluir outros exemplos
25 sugeridos pelos versados na técnica. Tais outros exemplos pretendem estar dentro do escopo das reivindicações e se esses possuírem elementos estruturais que não se diferem da linguagem literal das reivindicações, ou se

esses incluem elementos estruturais equivalentes com diferenças insubstanciais das linguagens literais das reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

1. DISPOSITIVO SUBMERSO EM ÁGUA PARA GERAR UMA FORÇA SOB A ÁGUA, sendo que o dispositivo é caracterizado pelo fato de que compreende:

5 um recipiente de baixa pressão (60) configurado para conter um volume de um primeiro fluido em uma baixa pressão;

uma entrada (62d) conectada ao recipiente de baixa pressão (60) e configurada para trocar um segundo fluido com um invólucro externo (36); e

10 uma válvula conectada (62) ao invólucro externo (36) e à entrada (62d) e configurada para separar uma fonte de pressão no invólucro externo (36) do recipiente de baixa pressão (60),

em que quando a válvula (62) for aberta, de modo que haja uma comunicação de fluxo entre o invólucro externo (36) e o recipiente de baixa pressão (60), ocorre um desequilíbrio de pressão no invólucro externo (36) que
15 gera a força e o segundo fluido do invólucro externo (36) entra no recipiente de baixa pressão (60) e comprime o primeiro fluido.

2. DISPOSITIVO DE ACORDO COM A REIVINDICAÇÃO 1, que compreende adicionalmente:

20 um pistão (61) posicionado no recipiente de baixa pressão (60) e configurado para deslizar dentro do recipiente de baixa pressão (60) para dividir o primeiro fluido do invólucro externo (36) de modo que o segundo fluido do invólucro externo (36) seja separado do primeiro fluido.

3. DISPOSITIVO DE ACORDO COM A REIVINDICAÇÃO 1, que compreende adicionalmente:

25 uma bexiga (61) posicionada no recipiente de baixa pressão (60) e configurada como uma barreira para dividir o recipiente de baixa pressão (60) do invólucro externo (36) de modo que o segundo fluido do invólucro externo (36) seja separado do primeiro fluido.

4. DISPOSITIVO DE ACORDO COM A REIVINDICAÇÃO 1, que compreende adicionalmente:

um elemento de metal de vedação (61) posicionado no recipiente de baixa pressão (60) e configurado como uma barreira para dividir o recipiente de baixa pressão (60) do invólucro externo (36) de modo que o segundo fluido do invólucro externo (36) seja separado do primeiro fluido.

5. DISPOSITIVO DE ACORDO COM A REIVINDICAÇÃO 1, que compreende adicionalmente:

o invólucro externo (36); e
um preventor de gaveta (26) conectado a um pistão (38) posicionado no invólucro externo (36) e configurado para receber a força e fechar as gavetas para cisalhar um tubo entre as gavetas.

6. DISPOSITIVO DE ACORDO COM A REIVINDICAÇÃO 1, compreendendo adicionalmente:

o invólucro externo (36); e
um preventor de erupção anular (28) conectado a um pistão (38) posicionado no invólucro externo (36) e configurado para receber a força de modo a vedar um furo de poço (24).

7. DISPOSITIVO DE ACORDO COM A REIVINDICAÇÃO 1, compreendendo adicionalmente:

o invólucro externo (36); e
um acumulador (30) conectado a uma câmara de fechamento (40) do invólucro externo (36) e configurado para fornecer uma pressão suplementar à câmara de fechamento (40).

8. DISPOSITIVO DE ACORDO COM A REIVINDICAÇÃO 1, compreendendo adicionalmente:

o invólucro externo (36); e

uma unidade de controle (74, 76) configurada para ativar a válvula (62) de modo que uma câmara de abertura (42) do invólucro externo (36) se comunique através de um fluxo com o recipiente de baixa pressão (60).

5 9. DISPOSITIVO DE ACORDO COM A REIVINDICAÇÃO 1, em que o invólucro (36) é um cilindro e o primeiro fluido é compressível.

10 10. MÉTODO DE GERAÇÃO DE UMA FORÇA AO MOVER UM PISTÃO (38) DENTRO DE UM INVÓLUCRO EXTERNO (36) DE UM DISPOSITIVO SUBMERSO EM ÁGUA, sendo que o pistão (38) divide o invólucro externo (36) em uma câmara de fechamento (40) e uma câmara de abertura (42) e a câmara de abertura (42) se comunica com um recipiente de baixa pressão (60) através de um tubo que possui uma válvula (62), sendo que a válvula (62) separa uma fonte de pressão na câmara de abertura (42) do recipiente de baixa pressão (60), e o recipiente de baixa pressão (60) que contém um volume de um primeiro fluido, sendo que o método é caracterizado
15 pelo fato de que compreende:

aplicar uma primeira pressão às câmaras de fechamento (40) e abertura (42), onde a primeira pressão é gerada por um peso da água em uma determinada profundidade do dispositivo;

20 aplicar uma segunda pressão ao primeiro fluido do recipiente de baixa pressão (60), sendo que a segunda pressão é menor que a primeira pressão;

25 abrir a válvula (62) entre a câmara de abertura (42) e o recipiente de baixa pressão (60) de modo que um segundo fluido da câmara de abertura (42) se mova para dentro do recipiente de baixa pressão (60) e comprima o primeiro fluido; e

geração de força, produzindo um desequilíbrio de pressão sobre o pistão (38).

11. DISPOSITIVO DE ATIVAÇÃO DE PREVENTOR DE ERUPÇÃO, caracterizado pelo fato de que compreende:

um recipiente de baixa pressão (60) configurado para conter um volume de um primeiro fluido em uma baixa pressão;

5 uma entrada (62d) conectada ao recipiente de baixa pressão (60) e configurada para trocar um segundo fluido com um invólucro externo (36);

 uma válvula (62) conectada ao invólucro externo (36) e à entrada (62d) e configurada para separar uma fonte de pressão no invólucro externo (36) do recipiente de baixa pressão; e

10 ao menos um entre

 um preventor de gaveta (26) conectado a um pistão (38) do invólucro externo (36) e configurado para receber a força e fechar as gavetas para cisalhar um tubo entre as gavetas, ou

 um preventor de erupção anular (28) conectado a um pistão (38) do invólucro externo (36) e configurado para receber a força de modo a cisalhar um furo de poço (24),

 em que quando a válvula (62) for aberta, de modo que haja uma comunicação de fluxo entre o invólucro externo (36) e o recipiente de baixa pressão (60), causa um desequilíbrio de pressão no invólucro externo (36) que gera a força e o segundo fluido do invólucro externo (36) entra no recipiente de baixa pressão (60) e comprime o primeiro fluido.

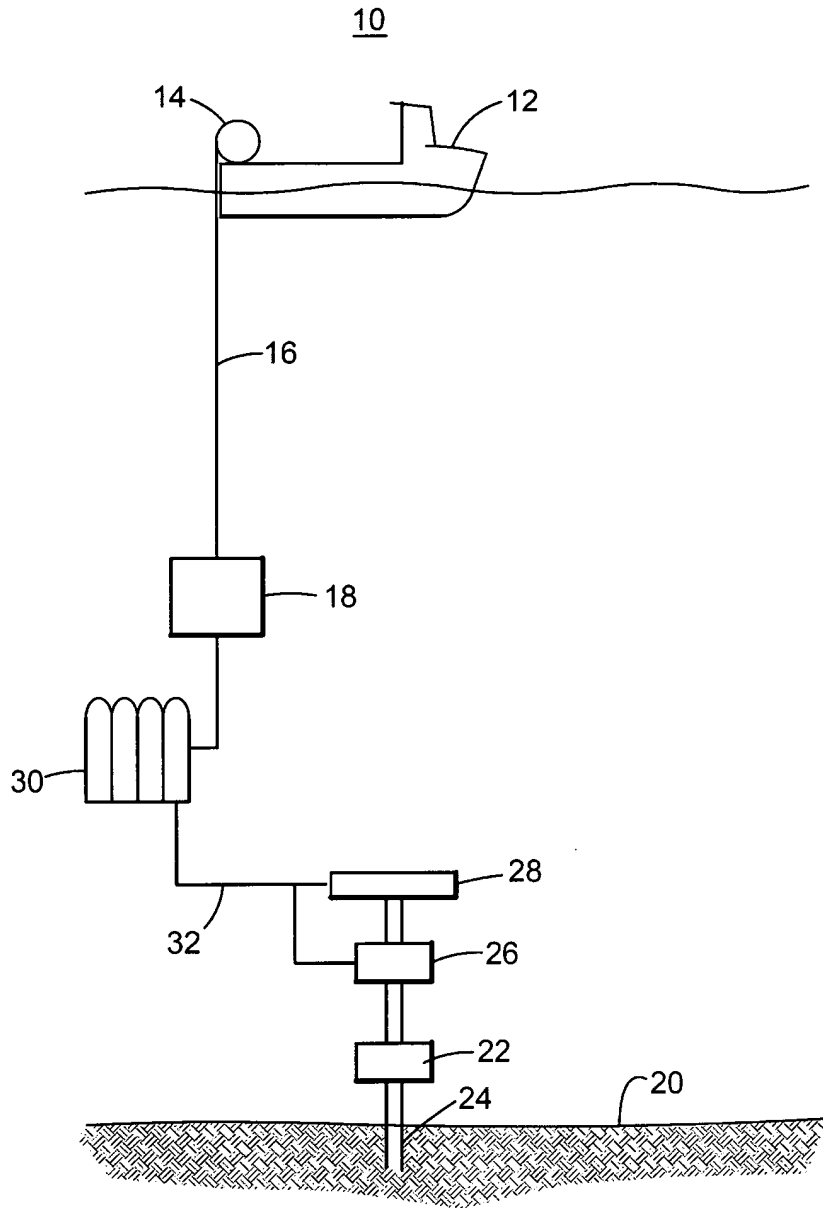


Fig. 1

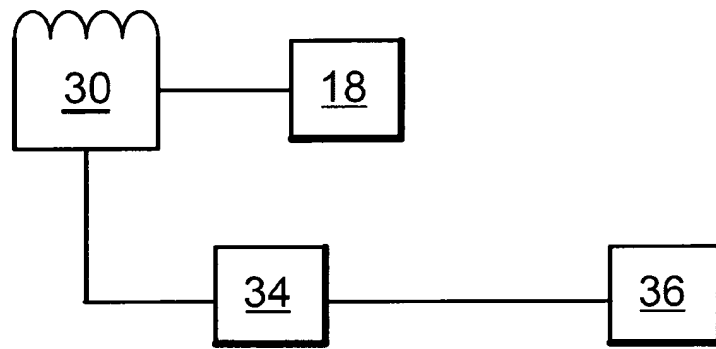


Fig. 2

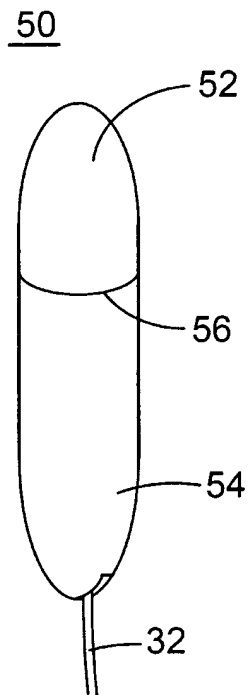


Fig. 3

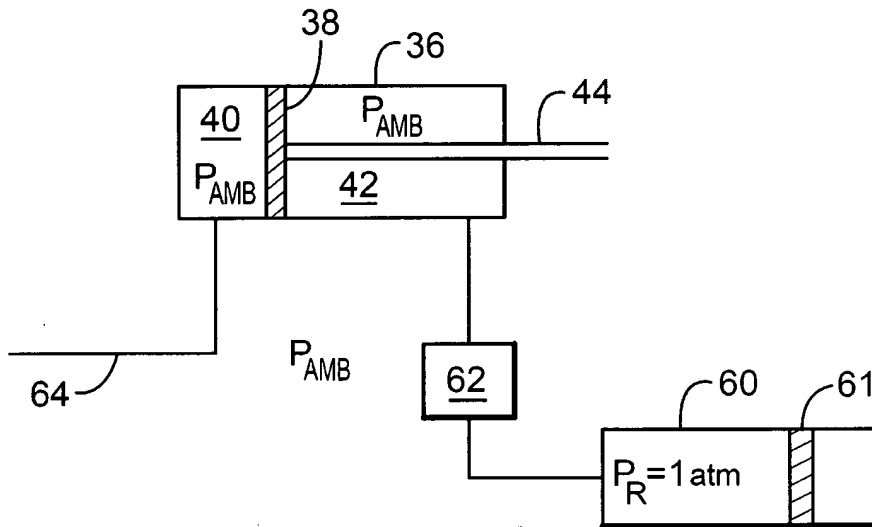
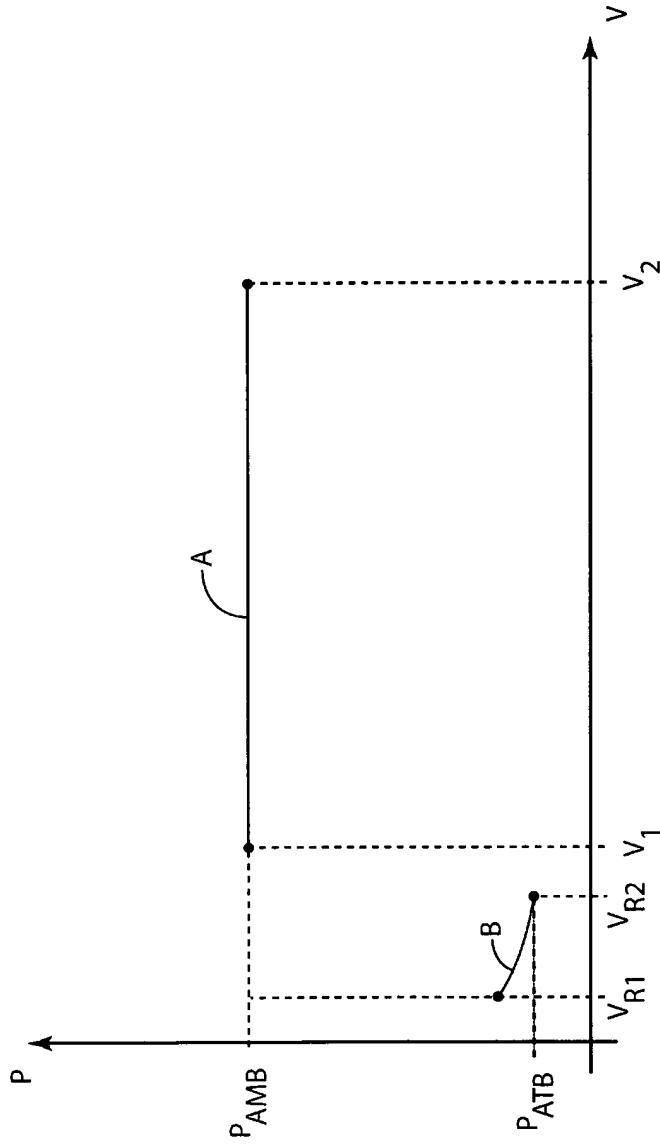
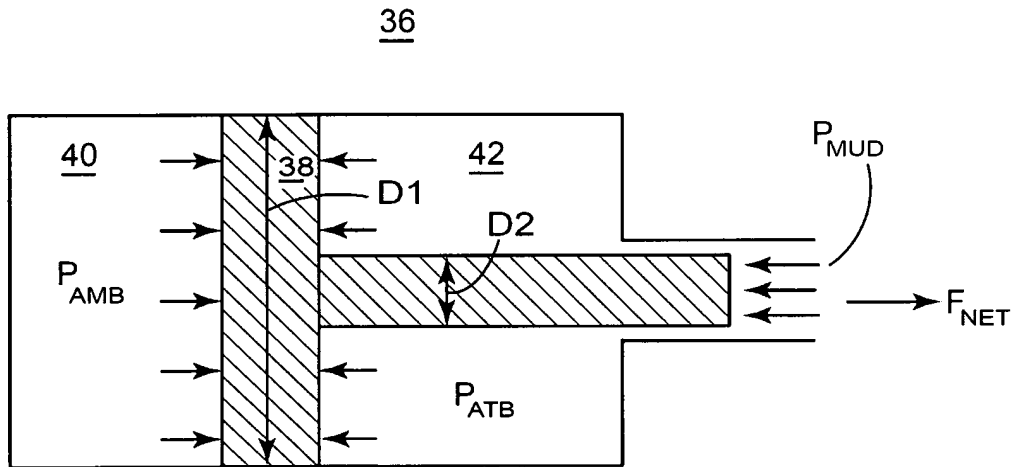


Fig. 4

Fig. 5



**Fig. 6**

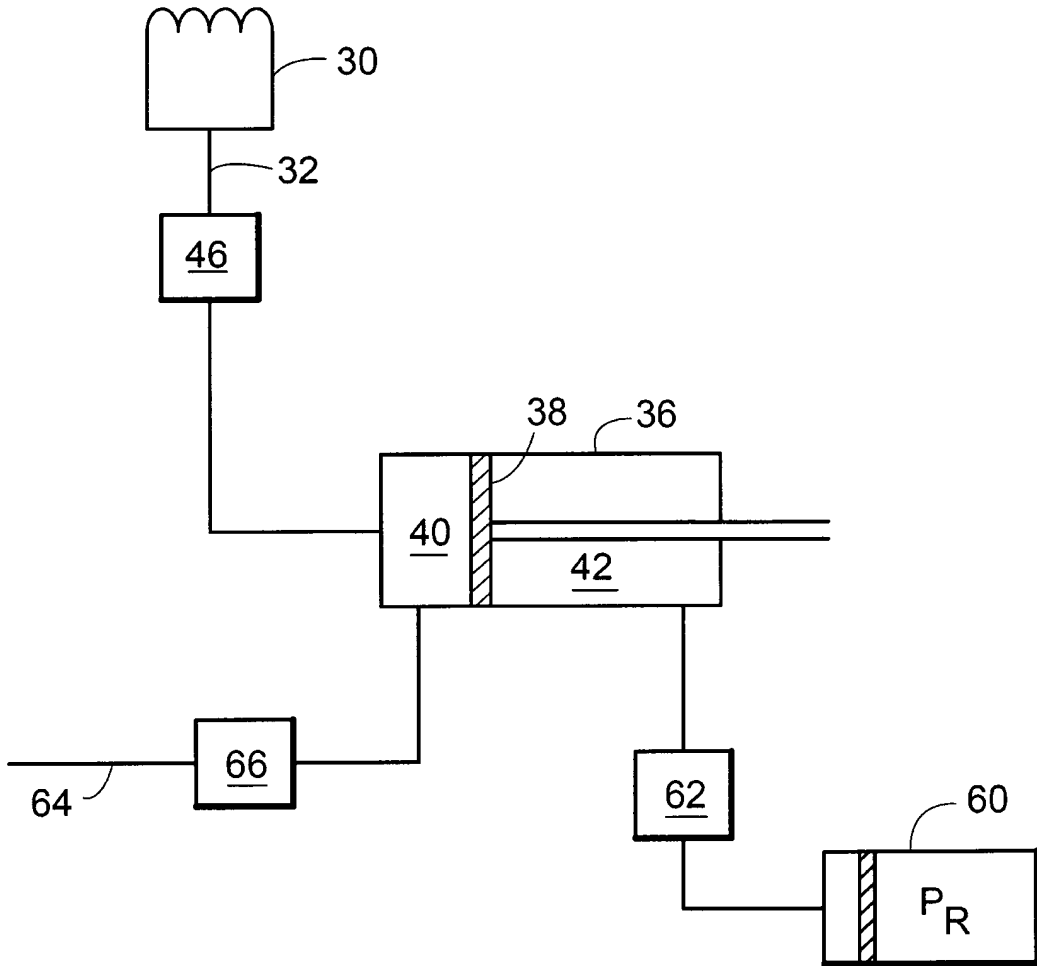


Fig. 7

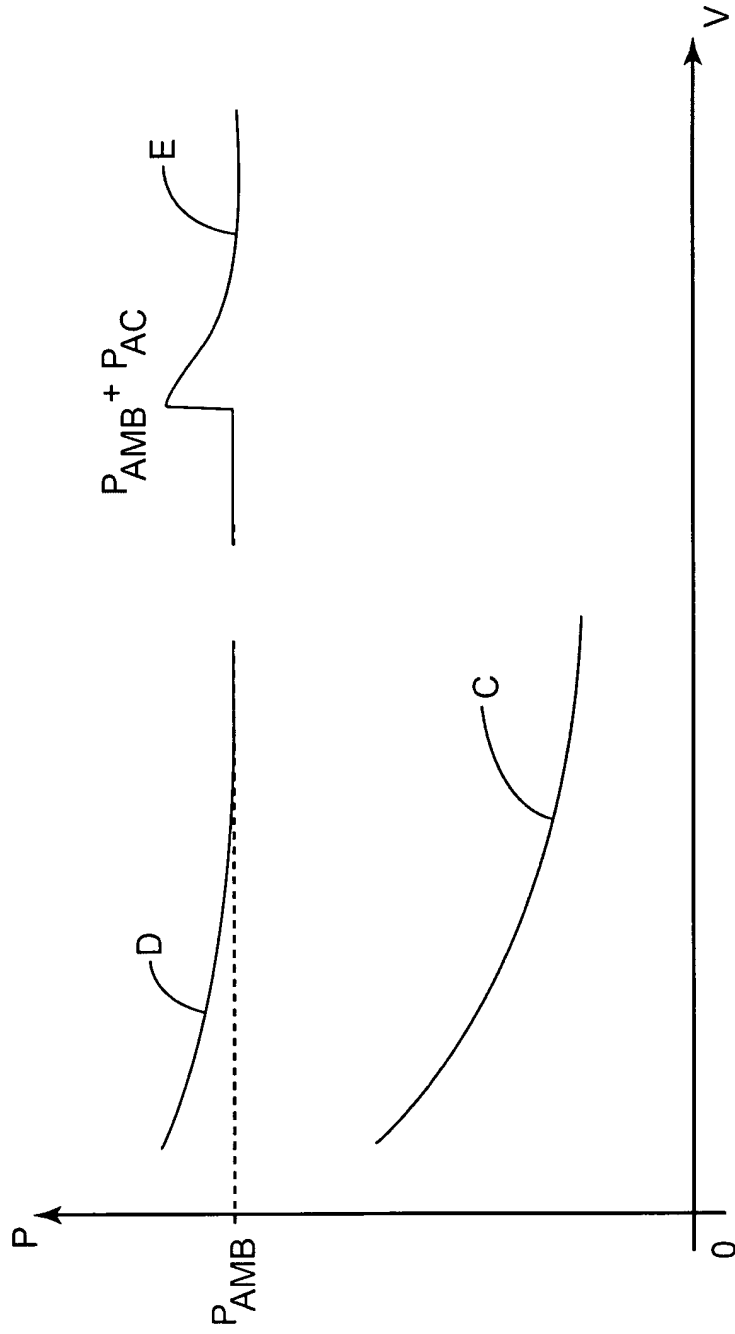
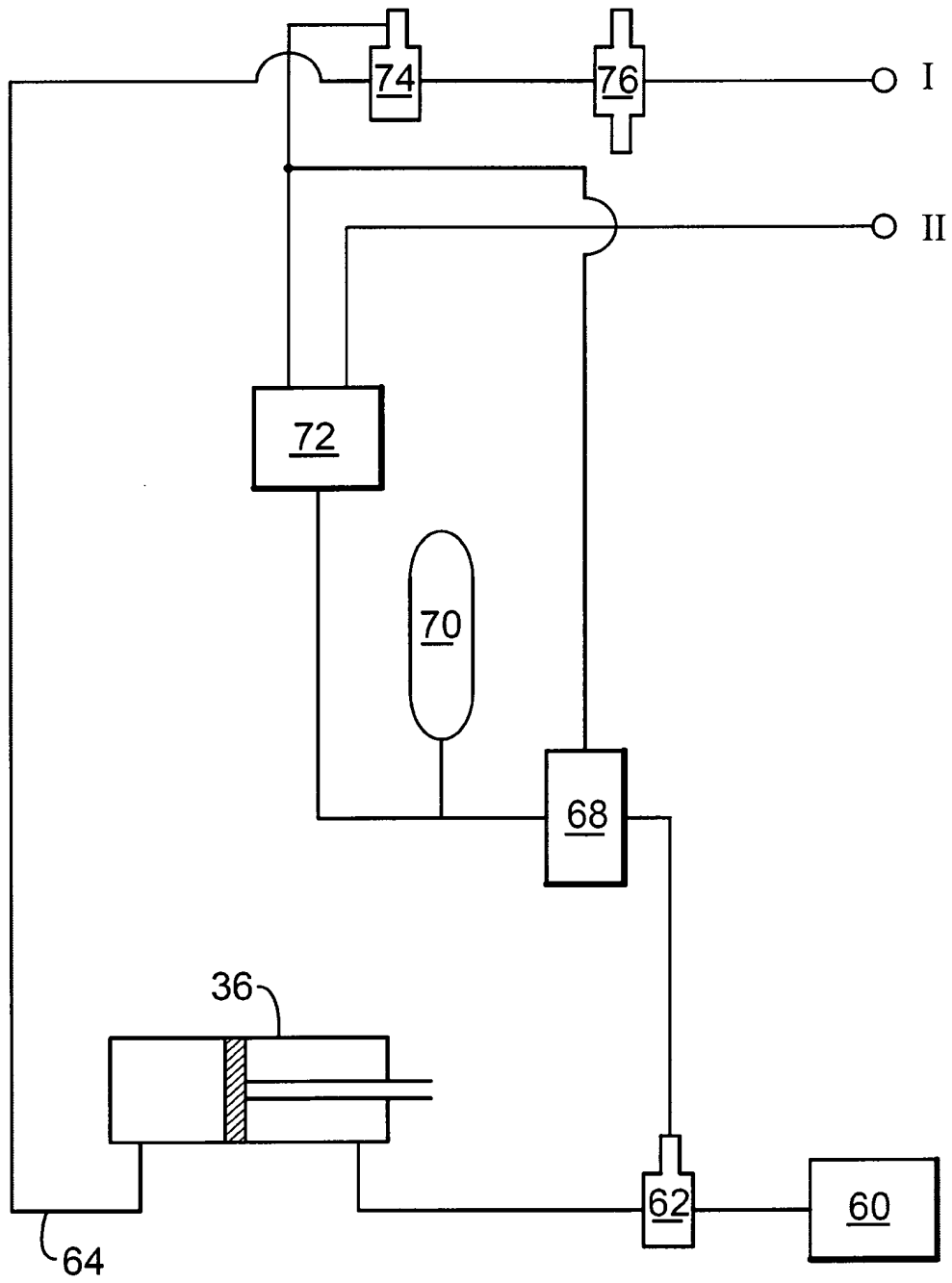


Fig. 8

**Fig. 9**

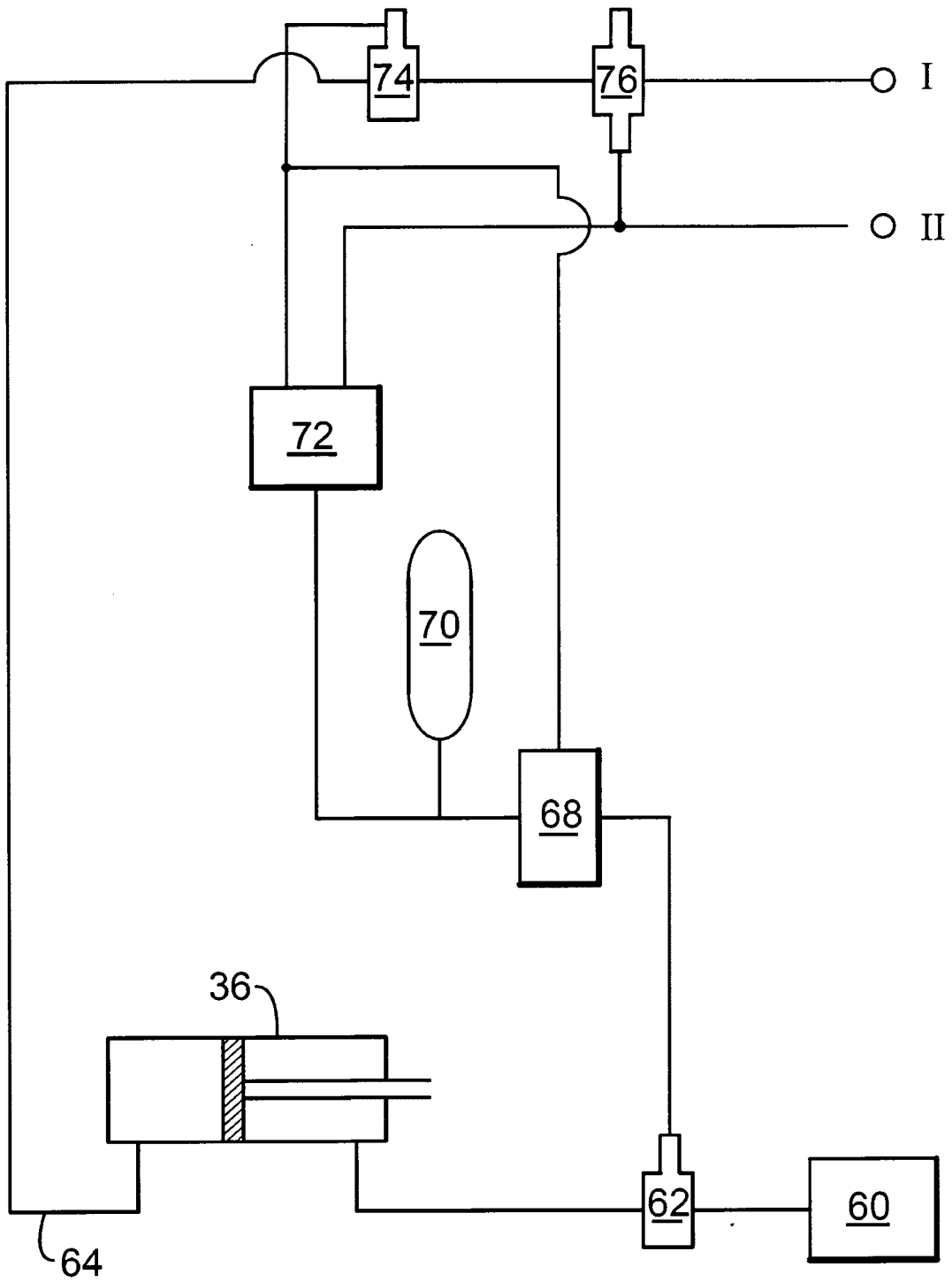


Fig. 10

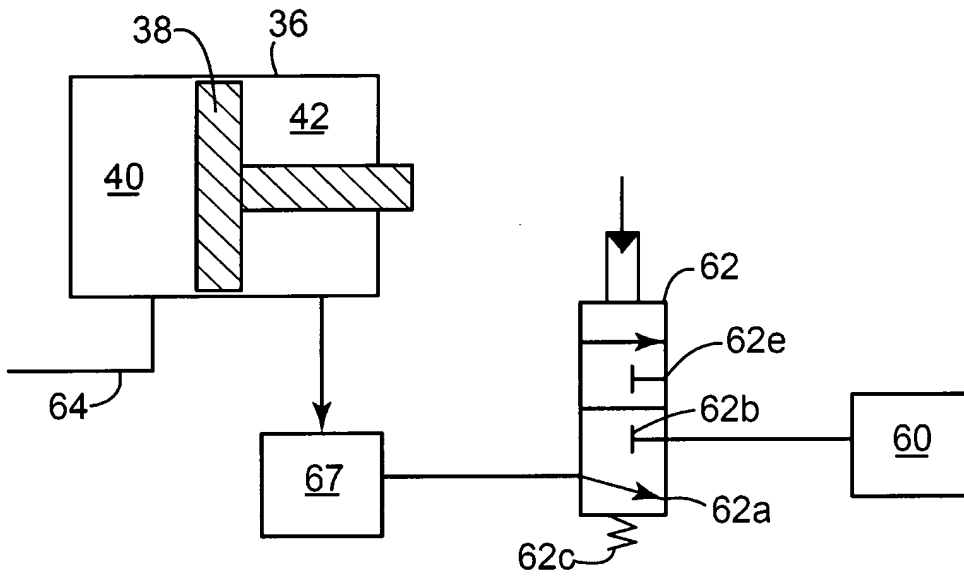


Fig. 11a

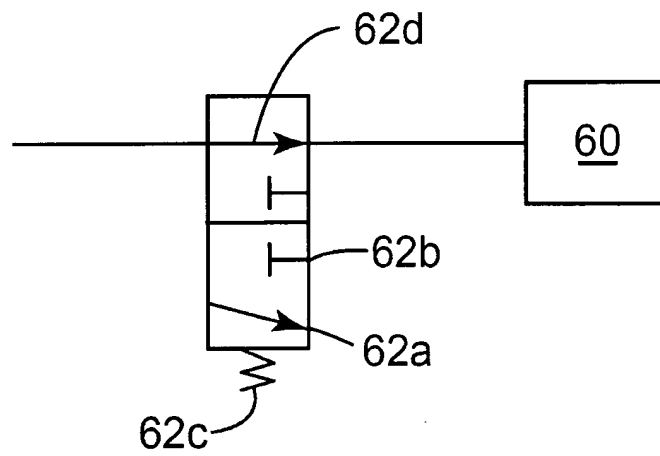
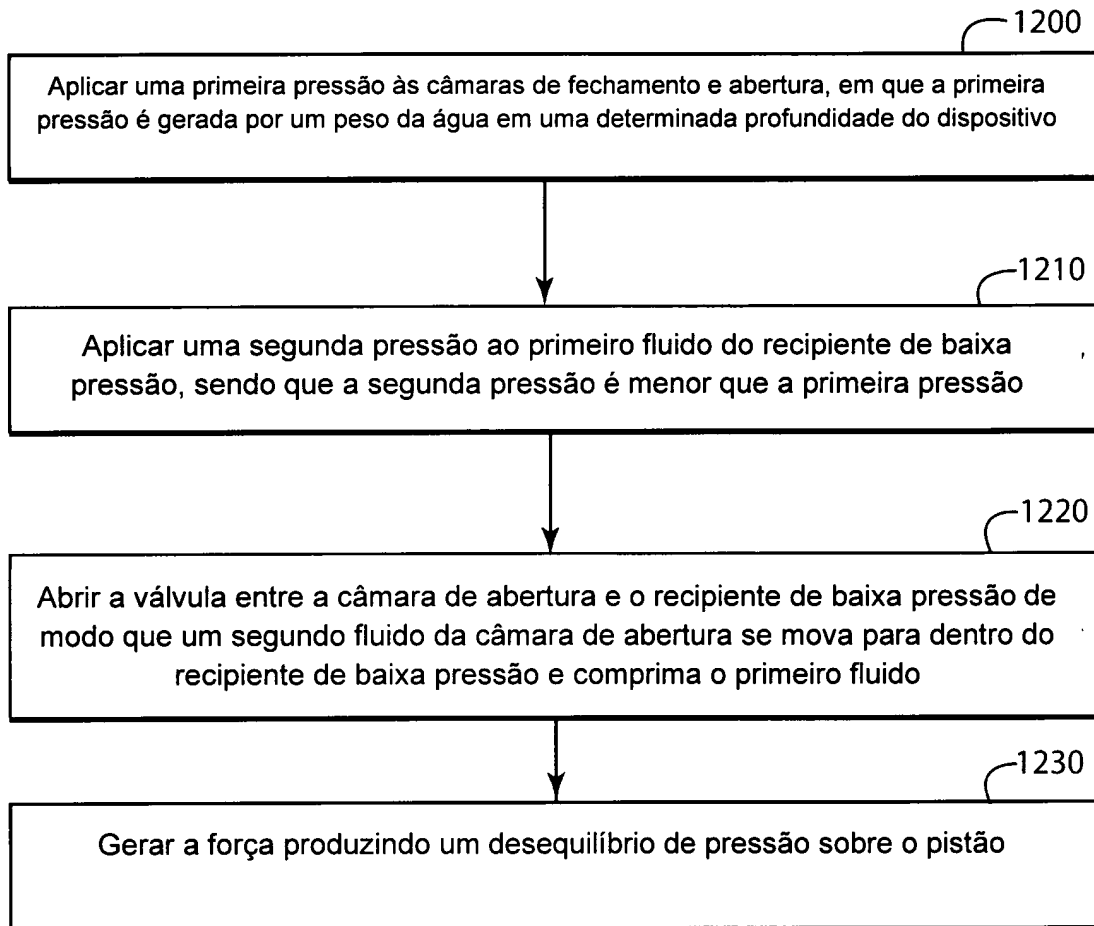


Fig. 11b

**Fig. 11**

RESUMO**“DISPOSITIVO E MÉTODO DE GERAÇÃO DE FORÇA SUBMARINA”**

Trata-se de um método e dispositivo submerso em água para gerar uma força sob a água. O dispositivo inclui um recipiente de baixa pressão (60) configurado para conter um volume de um primeiro fluido em um volume de baixa pressão, uma entrada (62d) conectada ao recipiente de baixa pressão (60) e configurada para trocar um segundo fluido com um invólucro externo (36), e uma válvula (62) conectada ao invólucro externo (36) e à entrada (62d) e configurada para separar uma fonte de pressão no invólucro externo (36) do recipiente de baixa pressão. Quando a válvula (62) for aberta, de modo que haja uma comunicação de fluxo entre o invólucro externo (36) e o recipiente de baixa pressão (60), causa um desequilíbrio de pressão no invólucro externo (36) que gera a força e o segundo fluido do invólucro externo (36) entra no recipiente de baixa pressão (60) e comprime o primeiro fluido.