



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

(11) BR 112016030241-9 B1



(22) Data do Depósito: 22/08/2014

(45) Data de Concessão: 07/12/2021

(54) Título: CONJUNTO DE PERFURAÇÃO E MÉTODO PARA REALIZAR AS OPERAÇÕES DE PERFURAÇÃO DE FURO ABERTO

(51) Int.Cl.: E21B 21/08; E21B 12/00; E21B 47/06.

(73) Titular(es): HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC..

(72) Inventor(es): JOE ELI HESS; ANDY JOHN CUTHBERT.

(86) Pedido PCT: PCT US2014052332 de 22/08/2014

(87) Publicação PCT: WO 2016/028320 de 25/02/2016

(85) Data do Início da Fase Nacional: 22/12/2016

(57) Resumo: CONJUNTO DE PERFURAÇÃO E MÉTODO PARA REALIZAR AS OPERAÇÕES DE PERFURAÇÃO DE FURO ABERTO Um conjunto de perfuração é fornecido que inclui um tubo de perfuração, uma broca de perfuração fornecida numa extremidade de fundo de poço do tubo de perfuração e um módulo de controle de pressão posicionado próximo à broca de perfuração, o módulo de controle de pressão incluindo um sensor de pressão que detecta condições de pressão na broca de perfuração e desliga automaticamente o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração mediante detecção de uma condição de pressão de limiar. Um processador é fornecido no módulo de controle de pressão que comunica com um meio de armazenamento legível por computador tendo instruções armazenadas no mesmo, para executar as operações de detectar condições de pressão na broca de perfuração, fechando automaticamente o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração mediante detecção de uma condição de pressão de limiar e ligando o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração mediante detecção de uma condição de pressão de ativação.

"CONJUNTO DE PERFURAÇÃO E MÉTODO PARA REALIZAR AS OPERAÇÕES DE PERFURAÇÃO DE FURO ABERTO"

CAMPO DA INVENÇÃO

[0001] A presente divulgação se refere geralmente a sistemas de perfuração e, particularmente, a barreira de fundo de poço controlável empregada durante operações de perfuração. Mais especificamente, a presente divulgação descreve uma barreira de fundo de poço disparada automaticamente empregada durante operações de perfuração.

FUNDAMENTOS

[0002] As barreiras são tipicamente empregadas para prevenir influxo de hidrocarbonetos para a superfície. Operações de furo revestido, tal como completação de poço e intervenção de poço, geralmente empregam sistemas de controle de pressão sofisticados na cabeça de poço e na tubulação de produção.

[0003] Em contraste, operações de furo aberto tipicamente empregam sistemas de controle de pressão menos sofisticados. Por exemplo, uma barreira de fluido de perfuração é geralmente empregada durante a construção de poço de furo aberto para impedir que pressões de formação superem pressão hidrostática, o que pode resultar em fluxo de hidrocarboneto. Sistemas de controle de pressão de furo aberto convencionais incluem operadores humanos que monitoram e reagem às condições de poço. Por exemplo, operadores humanos ajustam características de fluido de perfuração ou pressões de fluido de perfuração para manter um desequilíbrio a maior para impedir influxo de hidrocarboneto. O que é necessário é um sistema de controle de pressão para operações de furo aberto que monitore automaticamente e reaja às condições de poço em

tempo real, sem a intervenção do operador humano, para prevenir influxo descontrolado.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0004] Implementações da presente tecnologia serão agora descritas por meio apenas de exemplo com referência às figuras anexas, em que:

[0005] A FIG. 1 é uma vista em seção transversal parcial ilustrando uma modalidade de uma sonda de perfuração para perfurar um furo de poço com o sistema de perfuração configurado de acordo com os princípios da presente divulgação;

[0006] A FIG. 2A é um diagrama que ilustra o módulo de controle de pressão 114 em um estado de desligamento de acordo com um exemplo;

[0007] A FIG. 2B é um diagrama que ilustra o módulo de controle de pressão 114 em um estado de escoamento de fluido de acordo com um exemplo;

[0008] A FIG. 3 é um diagrama ilustrando uma vista de perto de um mecanismo no módulo de controle de pressão que controla o fluxo de fluido através do mesmo;

[0009] A FIG. 4 é um fluxograma de um método de exemplo de acordo com a presente divulgação;

[0010] A FIG. 5 é um diagrama ilustrando vários projetos de conjunto de perfuração que incluem o módulo de controle de pressão e componentes de suporte de acordo com a presente divulgação; e

[0011] A FIG. 6 é um diagrama ilustrando vários projetos de conjunto de completação que incluem o módulo de controle de pressão e componentes de suporte de acordo com a presente divulgação.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0012] Será apreciado que para simplicidade e clareza de ilustração, quando apropriado, numerais de referência foram repetidos entre as diferentes figuras para indicar elementos correspondentes ou análogos. Além disso, numerosos detalhes específicos são estabelecidos a fim de proporcionar um entendimento completo das modalidades descritas neste documento. No entanto, será compreendido por aqueles versados na técnica que as modalidades descritas neste documento podem ser praticadas sem estes detalhes específicos. Em outros casos, métodos, procedimentos e componentes não foram descritos em detalhes de modo a não obscurecer a característica relevante relativa sendo descrita. Além disso, a descrição não será considerada como limitando o escopo das modalidades aqui descritas. Os desenhos não estão necessariamente em escala e as proporções de certas partes foram exageradas para melhor ilustrar detalhes e características da presente divulgação.

[0013] Em toda esta descrição, termos tais como "superior", "para cima", "inferior", "para baixo", "acima", "abaixo", "furo abaixo", "furo acima", "longitudinal", "lateral", e similares, tal como aqui utilizados, significarão em relação com e são usados com referência a, o fundo ou à extensão maior do furo de poço circundante, muito embora o furo de poço ou porções dele possam ser desviadas ou horizontais. De modo correspondente, as orientações transversal, axial, lateral, longitudinal, radial, etc., significarão orientações relativas à orientação do furo de poço ou da ferramenta de furo de poço em questão. Além disso, as modalidades não limitantes no escopo desta divulgação são ilustradas de modo

a que a orientação é tal que o lado direito é furo abaixo comparado com o lado esquerdo.

[0014] Várias definições que se aplicam ao longo desta divulgação serão agora apresentadas. O termo "acoplado" é definido como conectado, seja diretamente ou indiretamente, através de componentes intervenientes e não está necessariamente limitado a conexões físicas. A conexão pode ser tal que os objetos sejam permanentemente conectados ou liberavelmente conectados. O termo "fora" se refere a uma região que está além dos limites mais externos de um objeto físico. O termo "dentro" indica que pelo menos uma porção de uma região está parcialmente contida dentro de um limite formado pelo objeto. O termo "substancialmente" é definido como sendo essencialmente em conformidade com a dimensão, forma particular ou outra palavra que modifica substancialmente, de tal modo que o componente não precise ser exato. Por exemplo, substancialmente cilíndrico significa que o objeto se assemelha a um cilindro, mas pode ter um ou mais desvios de um verdadeiro cilindro.

[0015] O termo "radialmente" significa substancialmente numa direção ao longo de um raio do objeto, mesmo se o objeto não for exatamente circular ou cilíndrico. O termo "axialmente" significa substancialmente ao longo de uma direção do eixo do objeto. Se não especificado, o termo axialmente é tal que ele se refere ao eixo mais longo do objeto.

[0016] O termo "tubo de perfuração" significa qualquer conduto que se estende furo abaixo para suportar operações de perfuração. O tubo de perfuração é acoplado a uma broca de perfuração fornecida na extremidade de fundo de poço do tubo

de perfuração. O tubo de perfuração pode incluir uma coluna de perfuração, tubulação espiralada ou qualquer outro conduto que se estende furo abaixo para suportar operações de perfuração ou de recondicionamento. A coluna de perfuração pode incluir tubo de perfuração de comprimentos predeterminados, tal como 30 pés, 90 pés ou semelhantes. A tubulação espiralada pode incluir tubulação contínua de várias centenas de pés ou maiores.

[0017] "Processador" como aqui utilizado é um circuito eletrônico que pode gerar determinações baseadas em entradas e é intercambiável com o termo "controlador". Um processador pode incluir um microprocessador, um microcontrolador, e uma unidade central de processamento, entre outros. Embora um único processador possa ser usado, a presente divulgação pode ser implementada através de uma pluralidade de processadores, incluindo controladores locais fornecidos em uma ferramenta ou sensores ao longo do tubo de perfuração.

[0018] De acordo com um exemplo, operações de furo aberto são empregadas durante a construção de poço. As operações de furos abertos tipicamente incluem formar colunas de revestimento, tal como um revestimento de superfície e revestimento intermediário. Se um poço for determinado ser viável, então, a completação de poço pode incluir formar um revestimento de produção para operações de furo revestido.

[0019] A FIG. 1 ilustra esquematicamente uma operação de perfuração de furo aberto 100 usado para formar um poço subterrâneo de acordo com um exemplo. Um furo de poço 102 é ilustrado perfurado na terra 104 da superfície do solo 106 usando uma broca de perfuração 110 fornecida num tubo de perfuração 112. Para fins ilustrativos, a porção superior do

furo de poço 102 inclui o revestimento de superfície 107 o qual é tipicamente pelo menos parcialmente compreendido de cimento e o qual define e estabiliza o furo de poço 102 depois de ser perfurado. O furo de poço 102 pode também incluir revestimentos intermediários (não mostrados) os quais podem ser estabilizados com cimento. O cimento executa várias funções, incluindo evitar o colapso do furo de poço, manter uma separação física entre as camadas da Terra, fornecer uma barreira para evitar migração de fluido, intensificar a segurança e proteger as camadas da Terra de quaisquer contaminantes introduzidos durante operações de furo aberto ou semelhantes.

[0020] Como ilustrado na FIG. 1, a broca de perfuração 110 está localizado na extremidade distal no fundo do tubo de perfuração 112 que suporta componentes ao longo de seu comprimento. Durante as operações de furo aberto, a broca de perfuração 110 e o tubo de perfuração 112 são avançados para a terra 104 por uma sonda de perfuração 120. A sonda de perfuração 120 pode ser suportada diretamente na terra como ilustrado ou em uma plataforma intermediária se no mar.

[0021] Um módulo de controle de pressão 114 é ilustrado no tubo de perfuração 112 para controlar as condições de pressão perto da broca de perfuração 110. Procedimentos de medição durante a perfuração (MWD)/perfilagem durante a perfuração (LWD) são suportados tanto estruturalmente quanto comunicativamente. A porção de extremidade inferior da coluna de perfuração 112 pode incluir um comando próximo da broca de perfuração 110. A broca de perfuração 110 pode assumir a forma de uma broca de rolo cônico ou broca de cortador fixo ou qualquer outro tipo de broca conhecido na técnica.

Subunidades de sensor 130, 132 são mostradas dentro da porção revestida do poço e podem ser habilitadas para detectar características e condições próximas do tubo de perfuração, fluido de formação, revestimento e formação circundante. Dados indicativos de condições e características detectadas são ou registrados no fundo de poço, por exemplo, num processador (não mostrado) para download posterior, ou comunicados à superfície ou por fios usando repetidores 134, 136 até o fio de superfície 138 ou sem fios ou de outro modo. Se sem fios, o transceptor de fundo de poço (antena) 134 pode ser utilizado para enviar dados para um processador local 140 via transceptor de superfície (antena) 142. Os dados podem ser ou processados no processador 140 ou ainda transmitidos para um processador remoto 144 via fios 146 ou sem fios via antenas 142 e 148. Para fins de completude, a FIG. 1 ilustra implantação por tubulação espiralada 150 e cabo de aço 152 a qual é contemplada e está dentro do escopo do contexto desta divulgação.

[0022] Um fluido de perfuração 160 pode ser circulado através dos componentes de perfuração para executar funções tais como prevenir blow-out e prevenir colapso do furo de poço 102. De acordo com um exemplo, o fluido de perfuração 160 pode ser circulado durante operações de perfuração através do tubo de perfuração 112, do módulo de controle de pressão 114, da broca de perfuração 110 e do anular 109. De acordo com um exemplo, a broca de perfuração 110 pode incluir bocais que dirigem um fluxo de fluido de perfuração 160. Depois de passar através dos componentes de perfuração, o fluido de perfuração 160 pode ser circulado para a superfície 106, onde ele passa através de um filtro (não mostrado) para

remover quaisquer detritos de perfuração, tal como fragmentos e cascalhos ou semelhantes. De acordo com um exemplo, o filtro pode incluir uma peneira de lama ou semelhantes. O fluido de perfuração filtrado 160 pode ser recolhido em um tanque 162 para recirculação através dos componentes de perfuração. O fluido de perfuração 160 pode ser formulado para executar outras funções, incluindo lubrificar a broca de perfuração 110, resfriar a broca de perfuração 110, lavar detritos de perfuração, tal como rocha, para longe da broca de perfuração 110 e para cima até a superfície da Terra 106 através do anular 109 formado entre o furo de poço 102 e o tubo de perfuração 112 e reduzir o atrito entre o tubo de perfuração 112 e o furo de poço 102 ou semelhantes.

[0023] Um modo adicional de comunicação é contemplado utilizando fluido de perfuração 160 bombeado através do conduto 164 para um motor de fluido de perfuração de fundo de poço 165. O fluido de perfuração é circulado para baixo através do tubo de perfuração 112 e acima do anular 109 em torno do tubo de perfuração 112. Para fins de comunicação, a resistência ao fluxo entrante de fluido de perfuração pode ser modulada no fundo de poço para enviar pulsos de contrapressão até a superfície para detecção num sensor 166. Os dados do sensor 166 podem ser enviados ao longo do canal de comunicação 167 (com fios ou sem fios) para um ou mais processadores 140, 144 para registro e/ou processamento. Uma instalação de superfície 170 pode ser fornecida para enviar e receber dados para o e do poço. A instalação de superfície 170 pode incluir um processador local 140 que pode opcionalmente se comunicar com um ou mais processadores remotos 144, 145 por fios 146 ou sem fios usando

transceptores 142, 148.

[0024] A FIG. 1 ilustra ainda que o furo de poço 102, o qual se estende furo abaixo para as camadas da Terra, é submetido a pressão hidrostática proveniente de destinos ou formações subterrâneas. A pressão hidrostática originária de fora do furo de poço 102 é identificada como pressão hidrostática de formação. A pressão hidrostática originária de dentro do furo de poço 102 é definida como a pressão hidrostática de fluido de perfuração. À medida que a profundidade de perfuração aumenta, um diferencial de pressão hidrostática varia entre a pressão hidrostática fora da formação e a pressão hidrostática do fluido de perfuração. Por exemplo, o diferencial de pressão hidrostática pode aumentar à medida que aumenta a profundidade de perfuração. O diferencial de pressão hidrostática pode forçar minerais, tal como óleo e gás, da formação para o furo de poço 102. Alternativamente, o diferencial de pressão hidrostática pode forçar fluido de perfuração 160 do furo de poço 102 para a formação. Em qualquer uma destas situações, o efeito do diferencial de pressão hidrostática pode interromper as operações de perfuração.

[0025] De acordo com um exemplo, a pressão hidrostática pode estar equilibrada a menor quando a pressão hidrostática da formação é maior do que a pressão hidrostática do fluido de perfuração. Durante condições de equilíbrio a menor, quaisquer minerais que entram no furo de poço 102 podem subir sob pressão através do tubo de perfuração 112 e do anular 109 causando um blow-out na superfície 106. O blow-out pode danificar equipamentos e causar ferimentos ou morte para trabalhadores na superfície 106. Adicionalmente ou

alternativamente, durante condições de equilíbrio a menor, a diferença de pressão hidrostática pode colapsar ou restringir o diâmetro do furo de poço 102, o que pode causar interrupções em operações de perfuração.

[0026] Durante condições de equilíbrio a maior, o fluido de perfuração 160 pode sair do furo de poço 102 e lixiviar para a formação. A perda de fluido de perfuração 160 é financeiramente e ambientalmente indesejável. Além disso, o fluido de perfuração 160 pode fazer a formação intumescer perto do furo de poço 102. O intumescimento pode restringir o diâmetro do furo de poço 102, o que pode causar interrupções em operações de perfuração.

[0027] De acordo com um exemplo, o diferencial de pressão hidrostática pode ser controlado durante operações de furo aberto ajustando características do fluido de perfuração 160, tal como a densidade ou peso do fluido de perfuração, viscosidade, ou semelhantes. Por exemplo, as características do fluido de perfuração podem ser ajustadas usando aditivos ou semelhantes. Engenheiros de fluido de perfuração e perfiladores de fluido de perfuração podem monitorar e ajustar constantemente as características do fluido de perfuração para manter diferenciais de pressão hidrostática desejados durante operações de perfuração de furo aberto. As características de fluido de perfuração podem ser ajustadas para acomodar profundidade de perfuração, propriedades detectadas da formação exposta ou semelhantes. Quando características de fluido de perfuração desejadas são alcançadas, o fluido de perfuração 160 pode ser empregado para controlar o diferencial de pressão hidrostática no fundo de poço. Por exemplo, o fluido de perfuração 160 pode ser

usado para exercer contrapressão apropriada através do tubo de perfuração 112. As características do fluido de perfuração podem ser continuamente monitoradas e ajustadas durante as operações de perfuração de furo aberto para controlar o diferencial de pressão hidrostática. Por exemplo, o diferencial de pressão hidrostática pode ser controlado para uma de uma condição de equilíbrio a maior ou uma condição de equilíbrio a menor, como desejado. Além disso, o diferencial de pressão hidrostática pode ser controlado para equalizar a pressão hidrostática da formação e a pressão hidrostática do fluido de perfuração.

[0028] De acordo com outro exemplo, perfuração de pressão gerenciada ("MPD") pode ser aplicada para controlar o diferencial de pressão hidrostática durante operações de furo aberto. Com MPD, as operações de perfuração de furo aberto não são interrompidas para mudar as características do fluido de perfuração. Em vez disso, a pressão do fluido de perfuração exercida dentro do anular 109 e dentro do tubo de perfuração 112 pode ser ajustada durante as operações de perfuração de furo aberto sem interromper as operações. Por exemplo, a pressão do fluido de perfuração pode ser ajustada durante as operações de perfuração de furo aberto para aumentar ou diminuir a pressão hidrostática do fluido de perfuração. Assim, MPD elimina atrasos em operações de perfuração de furo aberto, tal como atrasos associados com paralisações de operações de perfuração de furo aberto para ajustar características de fluido de perfuração.

[0029] Como descrito acima, o diferencial de pressão hidrostática pode ser controlado no fundo de poço ajustando as características do fluido de perfuração e/ou aplicando

técnicas de perfuração de pressão gerenciada. Estas técnicas sofrem de várias desvantagens, tal como depender de um operador humano para implementação. O operador humano tipicamente está localizado na superfície 106 do poço aberto e tem a tarefa de monitorar e reagir a condições de furo aberto quando elas ocorrerem. As atividades de monitoramento e reação devem ocorrer substancialmente em tempo real para serem eficazes. Por exemplo, o operador humano deve detectar e reagir a uma mudança de pressão hidrostática substancialmente imediatamente após sua ocorrência no fundo de poço. Por várias razões, no entanto, podem ser introduzidos atrasos de detecção e de reação.

[0030] Atrasos no tempo de detecção podem ser introduzidos devido a atrasos de propagação resultantes de uma distância física entre a localização da localização do evento de mudança de pressão e a localização do operador humano. Retardos de tempo de reação podem ser introduzidos devido a tempos de reação variáveis de operadores humanos. No entanto, outras razões para retardos de tempo de detecção e reação podem ser devidos a níveis de experiência dos operadores humanos e sua capacidade para determinar uma significância de um evento de mudança de pressão.

[0031] Além disso, uma vez que o evento de mudança de pressão é detectado durante operações de furo aberto, existe um retardo de tempo de reação associado com o ajuste das características de fluido de perfuração e/ou o ajuste da pressão de fluido de perfuração dentro do anular 109 e/ou do tubo de perfuração 112. Quaisquer retardos de tempo associados com a detecção e reação ao evento de mudança de pressão podem resultar no diferencial de pressão hidrostática

interrompendo operações de perfuração. Por exemplo, a diferença de pressão hidrostática pode resultar num colapso ou numa restrição de um diâmetro do furo de poço 102. Adicionalmente ou alternativamente, qualquer retardo de tempo associado com a detecção e/ou reação ao evento de mudança de pressão pode resultar num blow-out, o qual pode danificar o equipamento e provocar ferimento ou morte para trabalhadores localizados na superfície 106.

[0032] Estes inconvenientes associados às operações de furo aberto são superados introduzindo um módulo de controle de pressão 114 no tubo de perfuração 112. O módulo de controle de pressão 114 pode monitorar condições de poço em tempo real e pode disparar automaticamente para desligar o fluxo de fluido no tubo de perfuração 112. Por exemplo, o módulo de controle de pressão 114 pode incluir componentes que monitoram um diferencial de pressão próximo da broca de perfuração 110 em tempo real e pode disparar automaticamente o fluxo de fluido no tubo de perfuração 112 para interromper se o diferencial de pressão atingir um valor predeterminado. Posicionar o módulo de controle de pressão 114 perto da localização do evento de mudança de pressão proporciona um tempo de reação substancialmente instantâneo, o que pode minimizar ou eliminar quaisquer retardos de tempo. Além disso, a remoção do operador humano de um papel de monitoramento pode eliminar qualquer tempo de retardo de reação.

[0033] De acordo com um exemplo, um sinal pode ser enviado via repetidores 134,136 para alertar o operador humano da existência de um evento de desligamento de fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração 112. Adicionalmente, o sinal

pode fornecer dados que incluem correspondentes às condições de poço que dispararam a condição de desligamento. O operador humano pode avaliar os dados para determinar as causas da condição de desligamento. Se necessário, as características de fluido de perfuração podem ser ajustadas e/ou a pressão do fluido de perfuração podem ser ajustadas dentro do anular 109 e dentro do tubo de perfuração 112 para ajustar o diferencial de pressão hidrostática para as condições desejadas. Adicionalmente, um valor de limiar de disparo pode ser ajustado para mudar essas condições de desligamento para o módulo de controle de pressão 114. Embora este exemplo seja descrito com referência a operações de furo aberto, um versado na técnica prontamente apreciará que o módulo de controle de pressão 114 pode ser aplicado a operações de furo fechado.

[0034] A detecção quase instantânea de quaisquer eventos de mudança de pressão e a reação quase instantânea pelo módulo de controle de pressão 114 intensificam as condições de segurança durante operações de furo aberto, tal como operações de perfuração. Por exemplo, a detecção e a reação quase instantâneas a um evento de mudança da pressão podem aumentar a segurança ciclando automaticamente o tubo de perfuração 112 de uma condição de fluxo direto para uma condição de desligamento sem retardos introduzidos tipicamente por intervenção humana. Desta forma, o módulo de controle de pressão 114 pode reduzir retardos de perfuração e pode eliminar blow-back durante operações de furo aberto. Por conseguinte, o módulo de controle de pressão 114 pode eliminar danos a equipamento localizado na superfície 106 e pode evitar lesão ou morte para trabalhadores localizados na

superfície 106.

[0035] De acordo com um exemplo, o módulo de controle de pressão 114 pode incluir um processador que comunica com um meio de armazenamento legível por computador tendo instruções armazenadas no mesmo que, quando executadas pelo processador, fazem o processador detectar condições de pressão e controlar fluxo de fluido. De acordo com um exemplo, o processador é configurado para desligar o fluxo de fluido mediante detecção de uma condição de pressão de limiar. Mediante detecção de uma condição de ativação, o processador pode ser configurado para ligar o fluxo de fluido.

[0036] A FIG. 2A ilustra o módulo de controle de pressão 114 num estado de fechamento de acordo com um exemplo. O módulo de controle de pressão 114 pode incluir uma válvula que controla fluxo de fluido através do conduto 203. Por exemplo, a válvula pode incluir uma esfera 201 tendo um canal 202 furado através da mesma, de modo que quando o canal 202 está alinhado com o conduto 203, o fluido flui através do conduto 203. A esfera 201 pode também incluir uma porção sólida 204 de modo que quando a porção sólida 204 é fornecida ao conduto 203, o fluxo de fluido através do conduto 203 é bloqueado. Um versado na técnica apreciará prontamente que outros mecanismos podem ser empregados para controlar o fluxo de fluido através do conduto 203. Por exemplo, o módulo de controle de pressão 114 pode incluir uma válvula de charneira, uma válvula borboleta, uma válvula de estrangulamento, uma válvula globo, uma válvula de pistão, uma válvula de tampão, uma válvula de carretel ou semelhante.

[0037] Voltando à FIG. 2A, a esfera 201 pode ser configurada para girar em torno de um eixo 206, para alternar

entre a posição fechada e uma posição aberta. De acordo com um exemplo, um braço de atuação 205 é fornecido para girar a esfera 201 entre a posição fechada e a posição aberta. De acordo com um exemplo, o braço de atuação 205 pode ser controlado por um pistão hidráulico 207 que é fluidamente acoplado a uma bomba hidráulica 209 via um circuito hidráulico que inclui linhas de fluido 210,211. Um reservatório hidráulico 212 é fornecido para armazenar fluido hidráulico. Um versado na técnica prontamente apreciará que outros mecanismos podem ser empregados para girar a esfera 201 entre a posição fechada e a posição aberta.

[0038] A FIG. 3 ilustra uma vista de perto do mecanismo que controla a rotação da esfera 201 entre a posição fechada e a posição aberta. Uma bateria 217 pode ser fornecida para energizar os componentes do módulo de controle de pressão 114. Um bloco desviador 213 está acoplado fluidamente às linhas de fluido 210,211 e ao reservatório hidráulico 212 para desviar fluido hidráulico entre as linhas de fluido correspondentes 210,211 a fim de atuar o pistão hidráulico 207. O pistão hidráulico 207 pode ser configurado para deslizar o braço de atuação 205 a fim de girar a esfera 201 entre a posição fechada e a posição aberta. Um processador 215 é acoplado comunicativamente à bomba hidráulica 209 para controlar a operação da bomba hidráulica 209 de acordo com sinais recebidos de um sensor de pressão 214 que está fluidamente acoplado a um orifício de pressão 218. De acordo com um exemplo, o sensor de pressão 214 monitora a pressão de fluido fluindo através do módulo de controle de pressão 114. De acordo com um exemplo, o processador 215 pode comunicar com a subunidade 132 para transmitir informações para a

superfície 106.

[0039] De acordo com um exemplo, o módulo de controle de pressão 114 pode ser fornecido ao longo do tubo de pressão 112 e pode ser posicionado próximo da broca de perfuração 110 a fim de detectar condições de pressão na broca de perfuração 110. Quando a esfera 201 é orientada na posição aberta, o sensor de pressão 214 pode estar monitorando a pressão hidrostática do fluido de perfuração e a pressão hidrostática da formação. Assim, o sensor de pressão 214 pode detectar um kick ou surgência na pressão hidrostática da formação. Em contraste, quando a esfera 201 é orientada na posição fechada, o sensor de pressão 214 pode ser isolado da pressão hidrostática da formação. Por conseguinte, o sensor de pressão 214 pode estar monitorando apenas a pressão hidrostática do fluido de perfuração quando a esfera 201 é orientada na posição fechada. Um versado na técnica prontamente apreciará que o módulo de controle de pressão 114 pode ser fornecido em qualquer posição ao longo do tubo de perfuração 112.

[0040] Com referência à FIG. 2B, a esfera 201 é ilustrada na posição aberta. Assim, o sensor de pressão 214 está monitorando a pressão hidrostática do fluido de perfuração e a pressão hidrostática da formação. De acordo com um exemplo, o processador 215 executa instruções que fazem a bomba hidráulica 209 e o bloco desviador 213 fornecerem fluido hidráulico através da linha de fluido 211 para empurrar um pistão 216 numa direção para a esfera 201 quando a pressão hidrostática da formação ultrapassa a pressão hidrostática do fluido de perfuração. Alternativamente, o processador 215 executa instruções que fazem a bomba

hidráulica 209 e o bloco desviador 213 fornecerem fluido hidráulico através da linha de fluido 211 para empurrar um pistão 216 numa direção para a esfera 201 quando a pressão do fluido detectada no sensor de pressão 214 ultrapassa um limiar predeterminado. Quando o pistão 216 é empurrado em direção à esfera 201, então, o braço de atuação 205 é empurrado em direção à esfera 201, o que orienta a esfera 201 na posição fechada. Um versado na técnica prontamente apreciará que outros algoritmos podem ser empregados para orientar a esfera 201 na posição fechada.

[0041] Com referência à FIG. 2A, a esfera 201 é ilustrada na posição fechada. Assim, o sensor de pressão 214 monitora somente a pressão hidrostática do fluido de perfuração. Neste exemplo, o processador 215 pode ser programado para monitorar condições predeterminadas antes de executar instruções para orientar a esfera 201 na posição aberta. Assim, a condição de fluxo direto pode ser ativada remotamente após o módulo de controle de pressão 114 ser disparado para a condição de desligamento. Por exemplo, as condições predeterminadas podem incluir uma pressão pré-selecionada para uma quantidade de tempo pré-selecionada, decorrência de uma quantidade de tempo pré-selecionada ou semelhante. Se a pressão de fluido detectada no sensor de pressão 214 corresponder às condições predeterminadas, então, o processador 215 executa instruções que fazem a bomba hidráulica 209 e o bloco desviador 213 fornecerem fluido hidráulico através da linha de fluido 210 para empurrar um pistão 216 numa direção para longe da esfera 201. Quando o pistão 216 é empurrado em direção para longe da esfera 201, então, o braço de atuação 205 é empurrado para longe da

esfera 201, o que orienta a esfera 201 na posição aberta. Um versado na técnica prontamente apreciará que outros algoritmos podem ser empregados para orientar a esfera 201 na posição aberta.

[0042] Um versado na técnica prontamente apreciará que o módulo de controle de pressão 114 pode ser implementado de várias outras maneiras. Adicionalmente, o módulo de controle de pressão 114 pode ser modificado estruturalmente sem impactar o modo de operação. Por exemplo, as linhas de controle 210, 211 podem ser incorporadas dentro de paredes do módulo de controle de pressão 114. Além disso, o módulo de controle de pressão 114 pode ser formado em uma construção de corpo unitário ou separado em módulos adicionais.

[0043] De acordo com outro exemplo, dois ou mais módulos de controle de pressão disparados automaticamente 114 podem ser fornecidos ao longo do tubo de perfuração 112. Por exemplo, os módulos de controle de pressão 114 podem ser implantados em diferentes profundidades ao longo do tubo de perfuração 112. Cada um dos módulos de controle de pressão 114 pode agir independentemente um do outro. Adicionalmente, cada um dos módulos de controle de pressão 114 pode ser programado para disparar em diferentes condições de limiar de pressão predeterminadas para orientar a esfera 201 na posição fechada. Mais ainda, cada um dos módulos de controle de pressão 114 pode ser programado para monitorar quanto a uma condição predeterminada diferente antes de executar instruções para orientar a esfera 201 na posição aberta. Em outras palavras, cada um dos módulos de controle de pressão 114 pode ser rearmado para a condição de fluxo direto com base em diferentes parâmetros de ativação. Por exemplo, o

primeiro módulo de controle de pressão 114 pode ser submetido a uma primeira condição de pressão pré-selecionada por uma primeira quantidade de tempo pré-selecionada, ao passo que o segundo módulo de controle de pressão 114 pode ser submetido a uma segunda condição de pressão pré-selecionada por uma segunda quantidade de tempo pré-selecionada. Um versado na técnica prontamente apreciará que apenas um parâmetro de ativação pode ser diferente entre o primeiro e o segundo módulos de controle de pressão 114.

[0044] De acordo com ainda outro exemplo, o módulo de controle de pressão 103 pode ser aplicado a operações de furo fechado, tal como liners de estimulação de poço. Em operações de furo fechado, o módulo de controle de pressão 114 pode operar como uma sapata de flutuação de fechamento automático após o fluido de estimulação ser deslocado com o fluido de completação ou depois de cimento ser bombeado. Em operações de furo fechado, o módulo de controle de pressão 114 pode ser operado usando uma combinação de taxa (ou de pressão), densidade, tempo (ou duração) ou semelhantes.

[0045] A FIG. 4 ilustra é um fluxograma de um método de exemplo 400 de acordo com a presente divulgação. O método 400 pode ser implementado usando os componentes acima descritos. Por exemplo, o método 400 pode ser implementado pelo processador 215 configurado para controlar diretamente ou indiretamente a operação dos vários componentes. Em outras implementações, outros controles dos vários componentes são considerados dentro do escopo desta divulgação.

[0046] O método 400 pode incluir detectar condições de pressão da broca de perfuração 110 (bloco 402). As condições de pressão associadas com a pressão hidrostática do fluido de

perfuração e a pressão hidrostática da formação podem ser monitoradas pelo sensor de pressão 214, como descrito acima. O método 400 pode ainda incluir desligar automaticamente o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração 112 mediante detecção de uma condição de pressão de limiar (bloco 404). O processador 215 pode executar instruções para orientar a esfera 201 na posição fechada, como descrito acima quando a pressão de fluido detectada no sensor de pressão 214 ultrapassa m limiar predeterminado.

[0047] O presente método 400 também pode incluir ligar o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração mediante detecção de uma condição de pressão de ativação (bloco 406). Quando a esfera 201 é fornecida na posição fechada, o sensor de pressão 214 está monitorando apenas a pressão hidrostática do fluido de perfuração. O processador 215 pode ser programado para monitorar a pressão hidrostática do fluido de perfuração quanto a condições predeterminadas antes de executar instruções para orientar a esfera 201 na posição aberta.

[0048] Numerosos exemplos são fornecidos neste documento para intensificar a compreensão da presente divulgação. Um conjunto específico de exemplos é fornecido a seguir.

[0049] A FIG. 5 ilustra o módulo de controle de pressão 114 e componentes de suporte fornecidos ao longo de um comprimento do tubo de perfuração 112 para operações de furo aberto. De acordo com um exemplo, o tubo de perfuração 112 pode incluir um tubo de perfuração 501, tubo HWO 503, comandos e comandos em espiral 505, ou semelhantes. Um componente de suporte fornecido ao longo de um comprimento do tubo de perfuração 112 pode incluir um alternador 502 que é

fornecido no fundo de poço e pode ser posicionado perto do módulo de controle de pressão 114. De acordo com um exemplo, o alternador 502 pode incluir um projeto de fluxo axial que pode ser configurado para energizar componentes eletrônicos do módulo de controle de pressão 114. O alternador 502 pode ser eletricamente acoplado ao módulo de controle de pressão 114 via um acoplamento indutivo ou por um fio rígido interno. Outro componente de suporte fornecido ao longo de um comprimento do tubo de perfuração 112 pode incluir uma válvula de flutuador 504 que é fornecida no fundo de poço e pode ser posicionada perto do módulo de controle de pressão 114. A válvula de flutuador 504 pode ser fornecida para impedir a entrada do fluido de perfuração 160 no tubo de perfuração 112 enquanto o tubo de perfuração 112 está sendo abaixado. Assim, o tubo de perfuração 112 pode flutuar durante a descida, o que pode diminuir um pouco na torre ou no mastro.

[0050] A FIG. 5 ilustra vários conjuntos de perfuração 510, 520, 530, 540, 550, 560, 570 que podem ser acoplados abaixo do módulo de controle de pressão 114. De acordo com um exemplo, um conjunto de fresagem 510 pode ser fornecido abaixo do módulo de controle de pressão 114 que inclui um motor 511, uma broca fresadora 512 e uma broca de perfuração 514. Por exemplo, a broca fresadora 512 pode incluir brocas destruidoras, brocas fresadoras cônicas, brocas fresadoras de cimento, repassadores, brocas fresadoras cônicas, brocas trituradoras com saia, sapatas de desbastar metais, brocas fresadoras de tampão, cortador "window mill", brocas fresadoras de ponta redonda, brocas fresadoras watermelon, brocas fresadoras CPE, brocas fresadoras de três lâminas e

brocas fresadoras de orientação ou semelhantes. Por exemplo, a broca de perfuração 514 pode incluir brocas de cones triplos, múltiplas brocas de cones triplos, brocas de rocha, brocas de testemunho e brocas de PDC.

[0051] De acordo com outro exemplo, um conjunto hydra blast 520 pode ser fornecido abaixo do módulo de controle de pressão 114 e pode incluir uma ferramenta pró-rotativa hydra blast 522 ou uma ferramenta de indexação hydra blast 524. De acordo com ainda outro exemplo, um conjunto hydra jet 530 pode ser fornecido abaixo do módulo de controle de pressão 114 e pode incluir uma ferramenta hydra jet 532. De acordo com outro exemplo, um conjunto raspador de revestimento 540 pode ser fornecido abaixo do módulo de controle de pressão 114 e pode incluir uma ferramenta raspadora de revestimento 542. De acordo com outro exemplo, um conjunto de packer 550 pode ser fornecido abaixo do módulo de controle de pressão 114 e pode incluir uma ferramenta de packer 552. De acordo com ainda outro exemplo, um conjunto de pescaria 560 pode ser fornecido abaixo do módulo de controle de pressão 114 e pode incluir uma ferramenta de percussão hidráulica para cima/para baixo 562, uma ferramenta aceleradora para cima/para baixo 564 e uma ferramenta de tração GS 566 ou uma ferramenta de arpão de pescaria 568. De acordo com outro exemplo, um conjunto de limpeza 570 pode ser fornecido abaixo do módulo de controle de pressão 114 e pode incluir uma ferramenta de lavagem 572, uma ferramenta de jato de nitrogênio 574 ou outra ferramenta de limpeza 576.

[0052] A FIG. 6 ilustra o módulo de controle de pressão 114 e componentes de suporte fornecidos ao longo de um comprimento do tubo de perfuração 112 para operações de furo

aberto. De acordo com um exemplo, a tubulação de perfuração 112 pode incluir tubulação espiralada. Um componente de suporte fornecido ao longo de um comprimento do tubo de perfuração 112 pode incluir um alternador 602 que é fornecido no fundo de poço e pode ser posicionado perto do módulo de controle de pressão 114. De acordo com um exemplo, o alternador 602 pode incluir um projeto de fluxo axial que pode ser configurado para energizar componentes eletrônicos do módulo de controle de pressão 114. O alternador 602 pode ser eletricamente acoplado ao módulo de controle de pressão 114 via um acoplamento indutivo ou por um fio rígido interno. Outro componente de suporte fornecido ao longo de um comprimento do tubo de perfuração 112 pode incluir uma válvula de flutuador 604 que é fornecida no fundo de poço e pode ser posicionada perto do módulo de controle de pressão 114. A válvula de flutuador 604 pode ser fornecida para impedir a entrada do fluido de perfuração 160 no tubo de perfuração 112 enquanto o tubo de perfuração 112 está sendo abaixado. Assim, o tubo de perfuração 112 pode flutuar durante a descida, o que pode diminuir um pouco na torre ou no mastro. Uma desconexão hidráulica/mecânica 605 pode também ser fornecida para permitir destacamento de ferramentas.

[0053] A FIG. 6 ilustra vários conjuntos de perfuração 610, 620, 630, 640, 650, 660, 670 que podem ser acoplados abaixo do módulo de controle de pressão 114. De acordo com um exemplo, um conjunto de fresagem 610 pode ser fornecido abaixo do módulo de controle de pressão 114 que inclui um motor 611 e uma broca fresadora 612. Por exemplo, a broca fresadora 512 pode incluir brocas destruidoras, brocas

fresadoras cônicas, brocas fresadoras de cimento, repassadores, brocas fresadoras cônicas, brocas trituradoras com saia, sapatas de desbastar metais, brocas fresadoras de tampão, cortador "window mill", brocas fresadoras de ponta redonda, brocas fresadoras watermelon, brocas fresadoras CPE, brocas fresadoras de três lâminas e brocas fresadoras de orientação ou semelhantes.

[0054] De acordo com outro exemplo, uma ferramenta de pró- rotação hydra blast 622 pode ser fornecida abaixo do módulo de controle de pressão 114. De acordo com outro exemplo, uma ferramenta de indexação hydra blast 632 pode ser fornecida abaixo do módulo de controle de pressão 114. De acordo com ainda outro exemplo, uma varredura de serpentina 640 pode ser fornecida abaixo do módulo de controle de pressão 114. De acordo com outro exemplo, uma Pulsonix TF 650 pode ser fornecida abaixo do módulo de controle de pressão 114. De acordo com ainda outro exemplo, um conjunto de pescaria 660 pode ser fornecido abaixo do módulo de controle de pressão 114 e pode incluir uma ferramenta de percussão hidráulica para cima/para baixo 662, uma ferramenta aceleradora para cima/para baixo 664 e uma ferramenta de tração GS 666 ou uma ferramenta de arpão de pescaria 668. De acordo com outro exemplo, um conjunto de limpeza 670 pode ser fornecido abaixo do módulo de controle de pressão 114 e pode incluir uma ferramenta de lavagem 672, uma ferramenta de jato de nitrogênio 674 ou outra ferramenta de limpeza 676.

[0055] Embora não ilustrado, um versado na técnica prontamene apreciará que o módulo de controle de pressão 114 e os componentes de suporte podem ser fornecidos em qualquer lugar ao longo de um comprimento da coluna de trabalho para

operações de furo aberto, tal como operações de estimulação. De acordo com um exemplo, o módulo de controle de pressão 114 pode ser acoplado numa extremidade de fundo de poço da coluna de trabalho, tal como por enroscamento ou semelhantes.

[0056] Embora não ilustrado, um versado na técnica também apreciará prontamente que o módulo de controle de pressão 114 e os componentes de suporte podem ser fornecidos ao longo de um comprimento de tubos de completação durante operações de furo fechado.

[0057] Numerosos exemplos são fornecidos neste documento para intensificar a compreensão da presente divulgação. Um conjunto específico de exemplos é fornecido a seguir. Num primeiro exemplo, um conjunto de perfuração é divulgado que inclui um módulo de controle de pressão posicionado próximo a uma broca de perfuração, o módulo de controle de pressão inclui um sensor de pressão que detecta condições de pressão da broca de perfuração e uma válvula que automaticamente desliga o fluxo de fluido dentro de um tubo de perfuração com base no sensor de pressão detectando a condição de pressão de limiar.

[0058] Num segundo exemplo, é aqui divulgado o conjunto de perfuração de acordo com o primeiro exemplo incluindo ainda o tubo de perfuração tendo a broca de perfuração fornecida numa extremidade de fundo de poço, um tubo de perfuração incluindo um de uma coluna de perfuração ou tubulação espiralada.

[0059] Num terceiro exemplo, é aqui divulgado o conjunto de perfuração de acordo com o primeiro ou segundo exemplos, em que o sensor de pressão detecta condições de pressão associadas com uma pressão hidrostática de fluido de perfuração e uma pressão hidrostática de formação.

[0060] Num quarto exemplo, é aqui divulgado o conjunto de perfuração de acordo com qualquer um dos exemplos anteriores primeiro ao terceiro, em que a válvula automaticamente desliga o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração quando a pressão hidrostática da formação ultrapassa a pressão hidrostática do fluido de perfuração.

[0061] Num quinto exemplo, é aqui divulgado o conjunto de perfuração de acordo com qualquer um dos exemplos anteriores primeiro ao quarto, em que a válvula liga o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração quando o sensor de pressão detecta uma condição de ativação.

[0062] Num sexto exemplo, é aqui divulgado o conjunto de perfuração de acordo com qualquer um dos exemplos anteriores primeiro ao quinta, em que a condição de ativação inclui pelo menos uma de uma pressão pré-selecionada por uma quantidade de tempo pré-selecionada e decorrência de uma quantidade de tempo pré-selecionada.

[0063] Num sétimo exemplo, é aqui divulgado o conjunto de perfuração de acordo com qualquer um dos exemplos anteriores primeiro ao sexto, compreendendo ainda um segundo módulo de controle de pressão posicionado ao longo do tubo de perfuração, o segundo módulo de controle de pressão incluindo um segundo sensor de pressão que detecta condições de pressão ao longo do tubo de perfuração e uma segunda válvula que automaticamente desliga o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração quando o segundo sensor de pressão detecta a segunda condição de pressão de limiar.

[0064] Num oitavo exemplo, é aqui divulgado um método para realizar operações de perfuração de furo aberto, incluindo detectar condições de pressão numa broca de perfuração

fornecida em uma extremidade de fundo de poço de um tubo de perfuração; desligar automaticamente o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração mediante detecção de uma condição de pressão de limiar; e ligar o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração mediante detecção de uma condição de ativação.

[0065] Num nono exemplo, é aqui revelado um método de acordo com o exemplo oitavo anterior, em que a detecção das condições de pressão inclui a detecção de uma pressão hidrostática de fluido de perfuração e a detecção de uma pressão hidrostática de formação.

[0066] Num décimo exemplo, é aqui divulgado um método de acordo com qualquer um dos exemplos anteriores oitavo ao nono, em que o desligamento automático do fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração é realizado quando a pressão hidrostática de formação ultrapassa a pressão hidrostática do fluido de perfuração.

[0067] Num décimo primeiro exemplo, é aqui divulgado um método de acordo com qualquer um dos exemplos anteriores oitavo ao décimo, em que a condição de ativação inclui pelo menos uma de uma pressão pré-selecionada por uma quantidade de tempo pré-selecionada e decorrência de uma quantidade de tempo pré-selecionada.

[0068] Num décimo segundo exemplo, é aqui divulgado um método de acordo com qualquer um dos exemplos anteriores oitavo a décimo primeiro, em que a pressão pré-selecionada para a quantidade de tempo pré-selecionada é atuada de um local remoto.

[0069] Num décimo terceiro exemplo, é aqui divulgado um método de acordo com qualquer um dos exemplos anteriores oitavo ao décimo segundo, em que a condição de ativação

inclui detectar uma pressão hidrostática de fluido de perfuração.

[0070] Em um décimo quarto exemplo um conjunto de perfuração é divulgado que inclui um tubo de perfuração; uma broca de perfuração fornecida numa extremidade de fundo de poço do tubo de perfuração; um módulo de controle de pressão posicionado próximo à broca de perfuração; e um processador fornecido no módulo de controle de pressão, o processador comunicando com um meio de armazenamento legível por computador tendo instruções armazenadas no mesmo que, quando executadas pelo processador, fazem o processador detectar condições de pressão na broca de perfuração; automaticamente desligando o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração mediante detecção de uma condição de pressão de limiar; e ligando o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração mediante detecção de uma condição de ativação.

[0071] Num décimo quinto exemplo é aqui divulgado o conjunto de perfuração de acordo com o primeiro exemplo, em que o tubo de perfuração inclui uma de uma coluna de perfuração ou uma tubulação espiralada.

[0072] Num décimo sexto exemplo é aqui divulgado o conjunto de perfuração de acordo com os exemplos décimo quarto e décimo quinto, em que o processador é ainda configurado para detectar as condições de pressão incluindo uma pressão hidrostática de fluido de perfuração e uma pressão hidrostática de formação.

[0073] Num décimo sétimo exemplo é aqui divulgado o conjunto de perfuração de acordo com os exemplos décimo quarto a décimo sexto, compreendendo ainda um alternador que fornece energia elétrica ao processador.

[0074] Num décimo oitavo exemplo é aqui divulgado o conjunto de perfuração de acordo com os exemplos décimo quarto e décimo sétimo, em que a condição de ativação inclui pelo menos uma de uma pressão pré-selecionada por uma quantidade de tempo pré-selecionada e decorrência de uma quantidade de tempo pré-selecionada.

[0075] Num décimo nono exemplo é aqui divulgado o conjunto de perfuração de acordo com os exemplos décimo quarto ao décimo oitavo, em que a pressão pré-selecionada pela quantidade de tempo pré-selecionada é atuada de um local remoto.

[0076] Num vigésimo exemplo é aqui divulgado o conjunto de perfuração de acordo com os exemplos décimo quarto e décimo nono, compreendendo ainda um segundo módulo de controle de pressão posicionado ao longo do tubo de perfuração; e um segundo processador fornecido no segundo módulo de controle de pressão, o segundo processador comunicando com um meio de armazenamento legível por computador tendo instruções armazenadas no mesmo que, quando executadas pelo segundo processador, fazem o segundo processador detectar condições de pressão ao longo do tubo de perfuração; automaticamente fechar o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração mediante detecção de uma segunda condição de pressão de limiar; e ligar o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração mediante detecção de uma segunda condição de ativação.

[0077] Num vigésimo primeiro exemplo é aqui divulgado o conjunto de perfuração de acordo com os exemplos décimo quarto e vigésimo, em que o processador obtém um primeiro sinal de um sensor de pressão que detecta condições de

pressão na broca de perfuração; atua automaticamente uma válvula para desligar o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração mediante obtenção de um segundo sinal do sensor de pressão detectando uma condição de pressão de limiar; e atua a válvula para ligar o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração mediante detecção de uma condição de ativação recebida do sensor de pressão ou calculada pelo processador.

[0078] Num vigésimo segundo exemplo é aqui divulgado o conjunto de perfuração de acordo com os exemplos décimo quarto a vigésimo primeiro, em que o processador é ainda configurado para obter um sinal do sensor de pressão que detecta as condições de pressão incluindo uma pressão hidrostática de fluido de perfuração e uma pressão hidrostática de formação.

[0079] Num vigésimo segundo exemplo é aqui divulgado o conjunto de perfuração de acordo com os exemplos décimo quarto e vigésimo primeiro, em que o segundo processador obtém um primeiro sinal de um segundo sensor de pressão que detecta condições de pressão ao longo do tubo de perfuração; atua automaticamente uma válvula para desligar fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração mediante obtenção de um segundo sinal do segundo sensor de pressão detectando uma segunda condição de pressão de limiar; e atua a válvula para ligar o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração mediante detecção de uma segunda condição de ativação recebida do segundo sensor de pressão ou calculada pela segundo processador.

[0080] As modalidades mostradas e descritas são apenas exemplos. Muitos detalhes são muitas vezes encontrados na arte e, portanto, não são nem mostrados nem descritos. Muito

embora numerosas características e vantagens da presente tecnologia tenham sido estabelecidas na descrição anterior, juntamente com detalhes da estrutura e função da presente divulgação, a divulgação é apenas ilustrativa e mudanças podem ser feitas em detalhes, especialmente em matéria de forma, tamanho e disposição das peças dentro dos princípios da presente divulgação na medida em que indicado pelo significado geral amplo dos termos utilizados nas reivindicações anexas. Será portanto apreciado que as modalidades acima descritas podem ser modificadas dentro do escopo das reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Conjunto de perfuração, caracterizado pelo fato de compreender:

- um módulo de controle de pressão (114) posicionado ao longo de um tubo de perfuração (112) em uma extremidade de fundo de poço e próximo a uma broca de perfuração (110), o módulo de controle de pressão (114) compreendendo:

- um primeiro sensor de pressão (214) que detecta condições de pressão na extremidade de fundo de poço na broca de perfuração (110) em uma primeira profundidade em tempo real e um segundo sensor de pressão (214) que detecta condições de pressão na extremidade de fundo de poço na broca de perfuração (110) em uma segunda profundidade em tempo real, o primeiro sensor de pressão (214) e o segundo sensor de pressão (214) um independente do outro; e

- uma válvula tendo uma esfera (201) que é configurada para girar sobre um eixo (206) para alternar entre uma posição fechada e uma posição aberta; e

- um processador acoplado, de forma comunicativa, com o primeiro sensor de pressão (214) (214), o segundo sensor, e a válvula, o processador configurado para fazer com que a válvula gire a esfera (201) para a posição fechada para desligar automaticamente o fluxo de fluido dentro de um tubo de perfuração (112) imediatamente em tempo real quando um do primeiro sensor de pressão (214) e do segundo sensor de pressão (214) detecta uma condição de pressão de limiar associada com uma pressão hidrostática da formação e prover um alerta imediatamente em tempo real que indica as condições de pressão que fez com que a válvula desligar automaticamente o fluxo de fluido.

2. Conjunto de perfuração, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender ainda:

- um tubo de perfuração (112) tendo a broca de perfuração (110) fornecida numa extremidade de fundo de poço, o tubo de perfuração (112) incluindo um de uma coluna de perfuração ou tubulação espiralada (150).

3. Conjunto de perfuração, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de um do primeiro sensor de pressão (214) e do segundo sensor de pressão (214) detectar condições de pressão associadas com uma pressão hidrostática de fluido de perfuração (160) e uma pressão hidrostática de formação.

4. Conjunto de perfuração, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de a válvula automaticamente desliga o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração (112) quando a pressão hidrostática da formação ultrapassa a pressão hidrostática do fluido de perfuração (160).

5. Conjunto de perfuração, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de a válvula ligar o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração (112) quando um do primeiro sensor de pressão (214) e do segundo sensor de pressão (214) detecta uma condição de ativação.

6. Conjunto de perfuração, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de a condição de ativação incluir pelo menos uma de uma pressão pré-selecionada por uma quantidade de tempo pré-selecionada e decorrência de uma quantidade de tempo pré-selecionada.

7. Conjunto de perfuração, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de compreender ainda um segundo módulo de controle de pressão (114) posicionado ao longo do tubo de perfuração (112), o segundo módulo de controle de pressão (114)

compreendendo ainda:

- um segundo sensor de pressão (214) que detecta condições de pressão ao longo do tubo de perfuração (112); e
- uma segunda válvula que desliga automaticamente o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração (112) quando o segundo sensor de pressão (214) detecta uma segunda condição de pressão de limiar diferente da primeira condição de pressão de limiar.

8. Conjunto de perfuração, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender ainda:

- uma linha de fluxo hidráulico acoplado com a válvula, a linha de fluxo hidráulico contendo fluido hidráulico e o processador configurado para fazer com que o fluido hidráulico para fechar a válvula mediante detecção da condição de pressão de limiar por um do primeiro sensor e do segundo sensor desligando assim o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração (112).

9. Conjunto de perfuração, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de compreender ainda:

- um circuito de fluxo hidráulico tendo uma primeira linha de fluxo hidráulico e uma segunda linha de fluxo hidráulico acoplada com a válvula, o processador configurado para fazer com que o fluido hidráulico para fluir através da primeira linha de fluxo hidráulico mediante detecção da condição de pressão limiar por um do primeiro sensor e do segundo sensor para fechar a válvula fechando assim o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração (112), e
- o processador configurado para fazer com que o fluido hidráulico para fluir através da segunda linha de fluxo hidráulica mediante detecção a condição de ativação por um do primeiro sensor e do segundo sensor para abrir a válvula ligando assim o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração

(112).

10. Conjunto de perfuração, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de compreender ainda:

- um do primeiro sensor e do segundo sensor ser exposto a pressão hidrostática da formação quando a válvula é aberta e isolada a partir da pressão hidrostática da formação e monitorar apenas um pressão hidrostática do fluido de perfuração (160) no tubo de perfuração (112) quando a válvula é fechada.

11. Conjunto de perfuração, caracterizado pelo fato de compreender:

- um tubo de perfuração (112);
- uma broca de perfuração (110) fornecida numa extremidade de fundo de poço do tubo de perfuração (112);
- um primeiro sensor de pressão (214) que detecta condições de pressão na extremidade de fundo de poço na broca de perfuração (110) em uma primeira profundidade em tempo real e um segundo sensor de pressão (214) que detecta condições de pressão na extremidade de fundo de poço na broca de perfuração (110) em uma segunda profundidade em tempo real, o primeiro sensor de pressão (214) e o segundo sensor de pressão (214) um independente do outro; e
- um módulo de controle de pressão (114) posicionado ao longo de um tubo de perfuração (112) na extremidade de fundo de poço e próximo a broca de perfuração (110); e
- um processador fornecido no módulo de controle de pressão (114), o processador comunicando com um meio de armazenamento legível por computador tendo instruções armazenadas no mesmo que, quando executadas pelo processador, fazem o processador:
 - detectar condições de pressão associadas com uma pressão

hidrostática da formação na broca de perfuração (110) através do primeiro sensor de pressão (214) e do segundo sensor de pressão (214) em tempo real;

- rotacionar uma esfera (201) em torno de um eixo (206) de uma posição aberta para uma posição fechada e desligar automaticamente o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração (112) imediatamente em tempo real mediante detecção de uma condição de pressão de limiar;

- prover um alerta imediatamente em tempo real que indica as condições de pressão que fez com que a válvula desligar automaticamente o fluxo de fluido; e

- girar a esfera (201) em torno do eixo (206) a partir da posição fechada para a posição aberta e ligando o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração (112) mediante detecção de uma condição de ativação.

12. Conjunto de perfuração, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de o tubo de perfuração (112) incluir uma de uma coluna de perfuração ou uma tubulação espiralada (150).

13. Conjunto de perfuração, de acordo com a reivindicação 11 ou 12, caracterizado pelo fato de o processador ser ainda configurado para obter um sinal a partir do primeiro sensor de pressão (214) e do segundo sensor de pressão (214) que detecta as condições de pressão incluindo uma pressão hidrostática de fluido de perfuração (160) e uma pressão hidrostática de formação.

14. Conjunto de perfuração, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 11 a 13, caracterizado pelo fato de compreender ainda um alternador que fornece energia elétrica ao processador.

15. Conjunto de perfuração, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 11 a 14, caracterizado pelo fato de a condição de ativação incluir pelo menos uma de uma pressão pré-selecionada por uma quantidade de tempo pré-selecionada e decorrência de uma quantidade de tempo pré-selecionada.

16. Conjunto de perfuração, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de a pressão pré-selecionada pela quantidade de tempo pré-selecionada ser atuada de um local remoto.

17. Conjunto de perfuração, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de compreender ainda:

- um segundo módulo de controle de pressão (114) posicionado ao longo do tubo de perfuração (112); e
- um segundo processador fornecido no segundo módulo de controle de pressão (114), o segundo processador comunicando com um meio de armazenamento legível por computador tendo instruções armazenadas no mesmo que, quando executadas pelo segundo processador, fazem o processador:
 - detectar condições de pressão ao longo do tubo de perfuração (112);
 - desligar automaticamente o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração (112) mediante detecção de uma segunda condição de pressão de limiar diferente da primeira condição de pressão de limiar; e
 - ligar o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração (112) mediante detecção de uma segunda condição de ativação.

18. Método para realizar as operações de perfuração de furo aberto, o método caracterizado pelo fato de compreender:

- detectar em tempo real, por um de um do primeiro sensor posicionado ao longo de um tubo de perfuração (112) em uma

extremidade de fundo de poço de um tubo de perfuração (112), condições de pressão numa broca de perfuração (110) fornecida numa extremidade de fundo de poço de um tubo de perfuração (112), o primeiro sensor e o segundo sensor um independente do outro;

- rotacionar, automaticamente, através de um processador acoplado, de forma comunicativa, com o primeiro sensor de pressão (214) e o segundo sensor, uma esfera (201) sobre um eixo (206) de uma posição para uma posição fechada e desligar o fluxo de fluido dentro de um tubo de perfuração (112) imediatamente em tempo real mediante a detecção de uma condição de pressão de limiar associada com uma pressão hidrostática da formação por um do primeiro sensor e do segundo sensor;
- prover um alerta imediatamente em tempo real que indica as condições de pressão que fez com que a válvula desligar automaticamente o fluxo de fluido; e
- girar a esfera (201) em torno do eixo (206) a partir da posição fechada para a posição aberta e ligando o fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração (112) mediante detecção de uma condição de ativação.

19. Método, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de a detecção das condições de pressão incluir detectar uma pressão hidrostática de fluido de perfuração (160) e detectar uma pressão hidrostática de formação.

20. Método, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de o desligamento automático do fluxo de fluido dentro do tubo de perfuração (112) ser realizado quando a pressão hidrostática da formação ultrapassa a pressão hidrostática do fluido de perfuração (160).

21. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de

18 a 20, caracterizado pelo fato de a condição de ativação incluir pelo menos uma de uma pressão pré-selecionada por uma quantidade de tempo pré-selecionada e decorrência de uma quantidade de tempo pré-selecionada.

22. Método, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de a pressão pré-selecionada para a quantidade de tempo pré-selecionada ser atuada de um local remoto.

23. Método, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de a condição de ativação incluir detectar uma pressão hidrostática de fluido de perfuração (160).

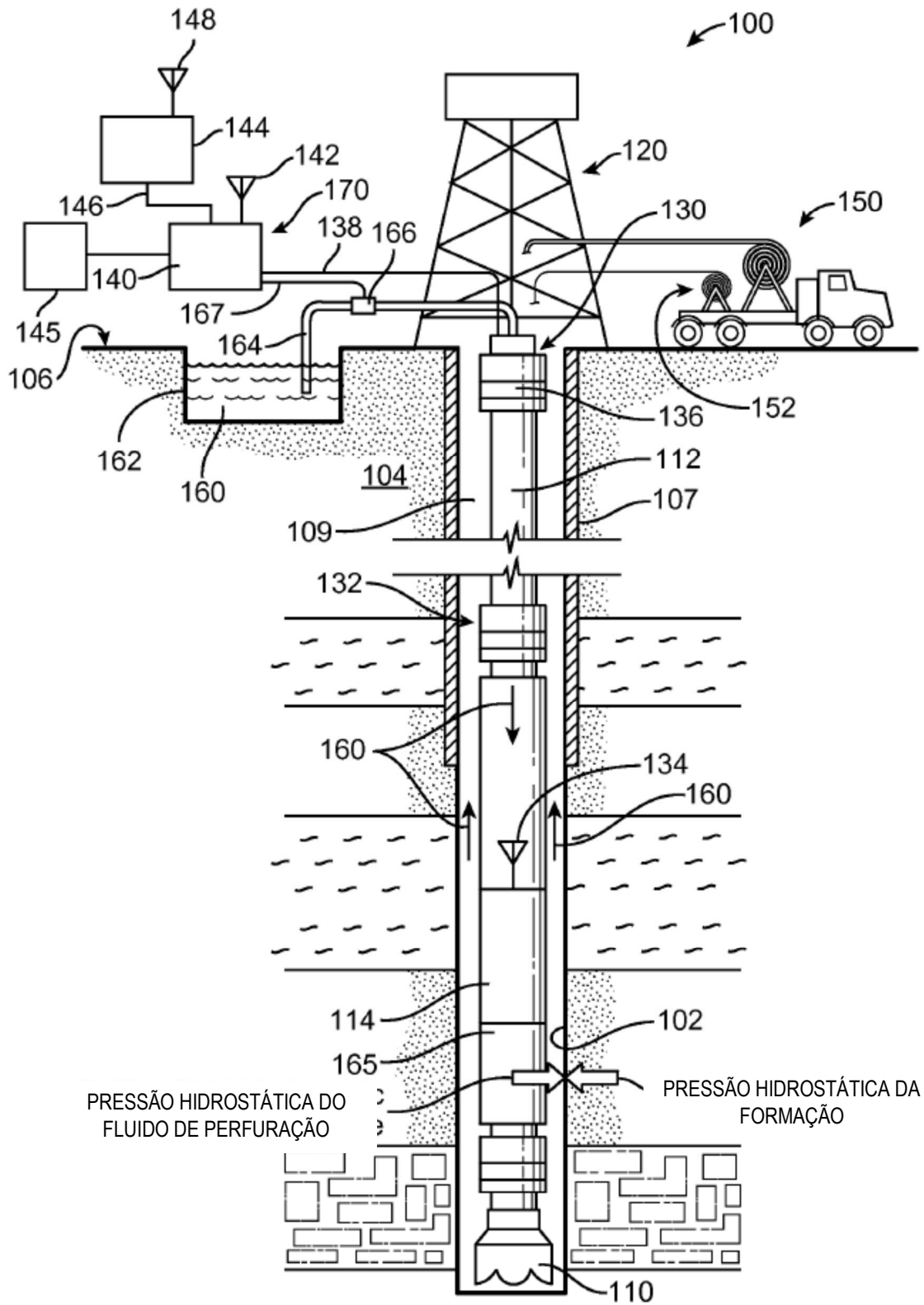


FIG. 1

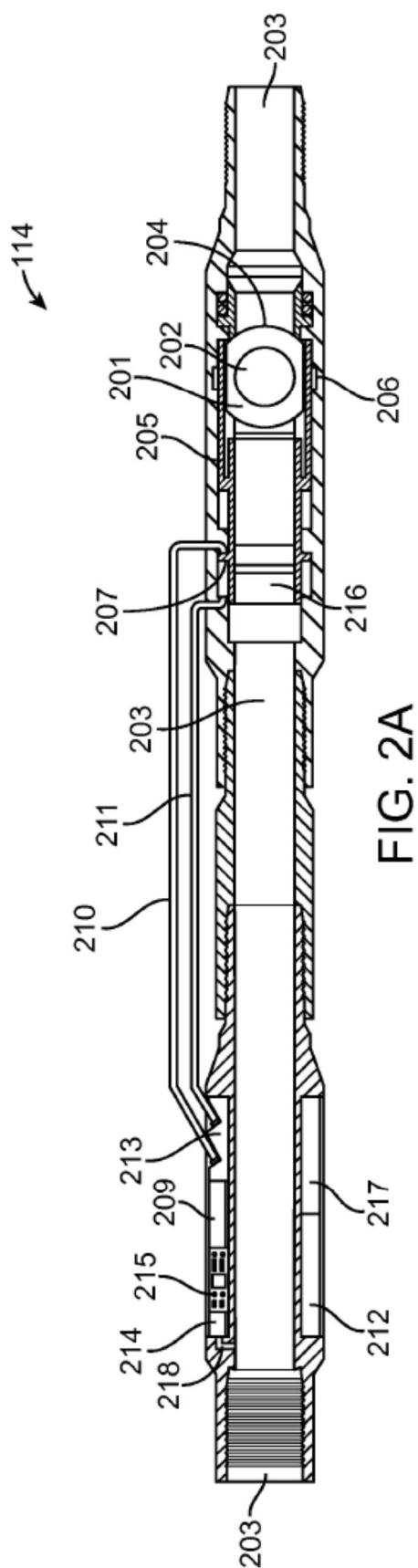
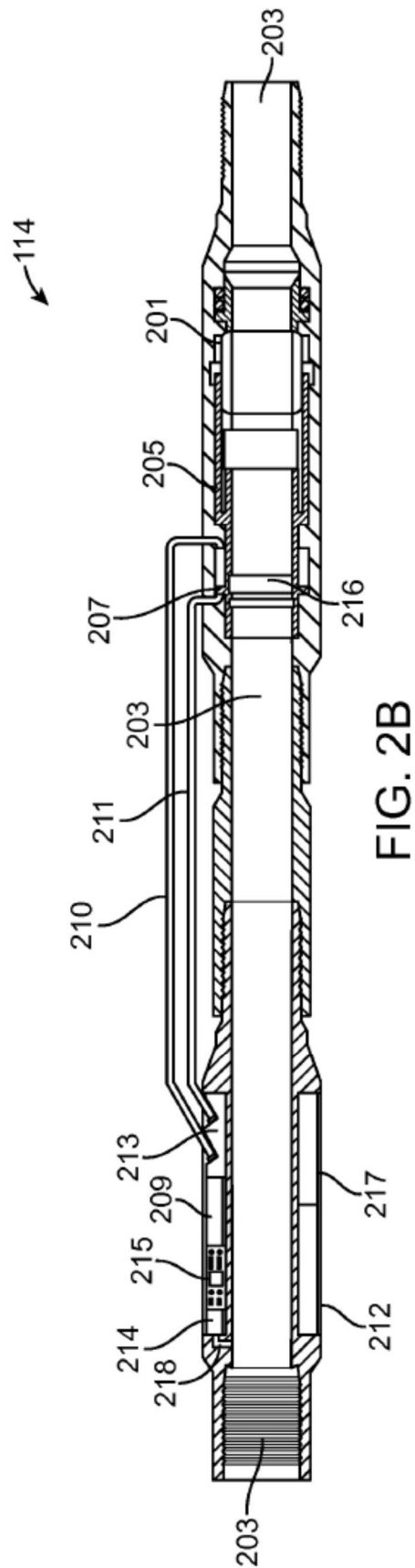


FIG. 2A



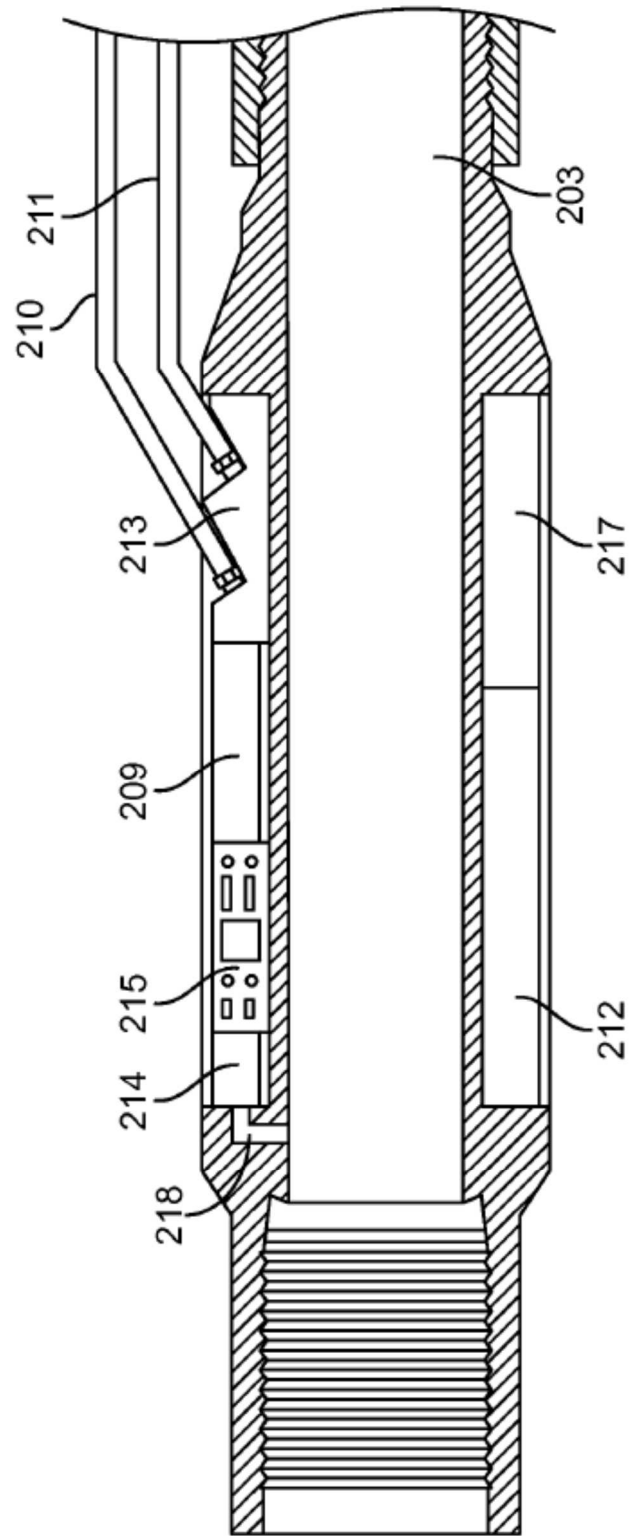


FIG. 3

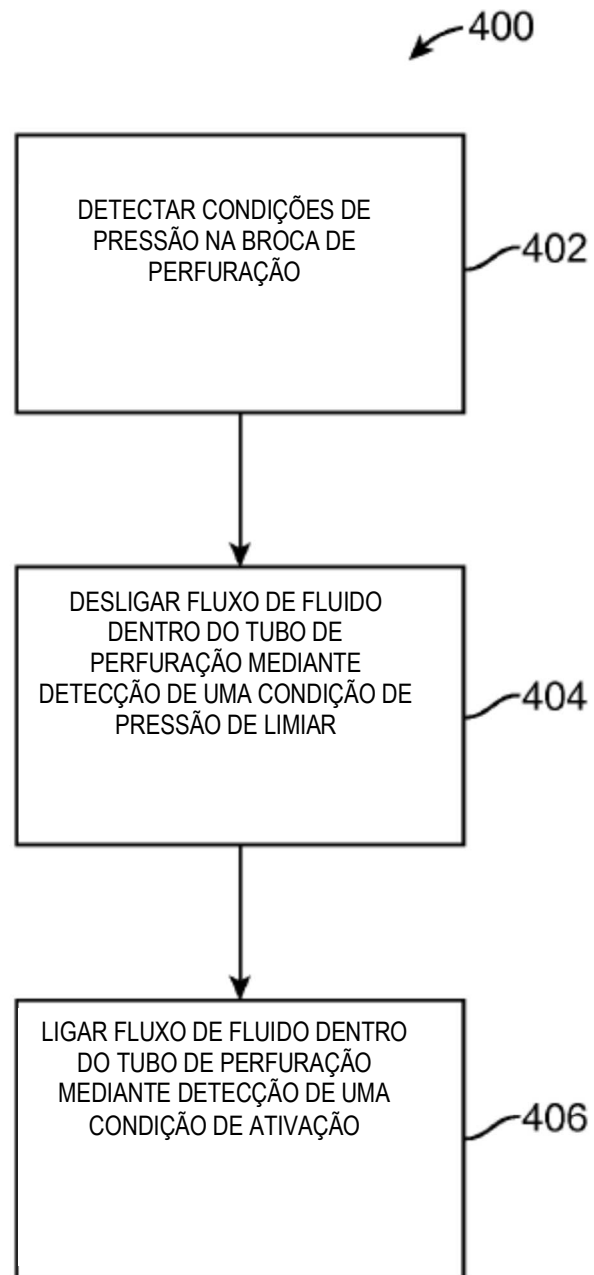


FIG. 4

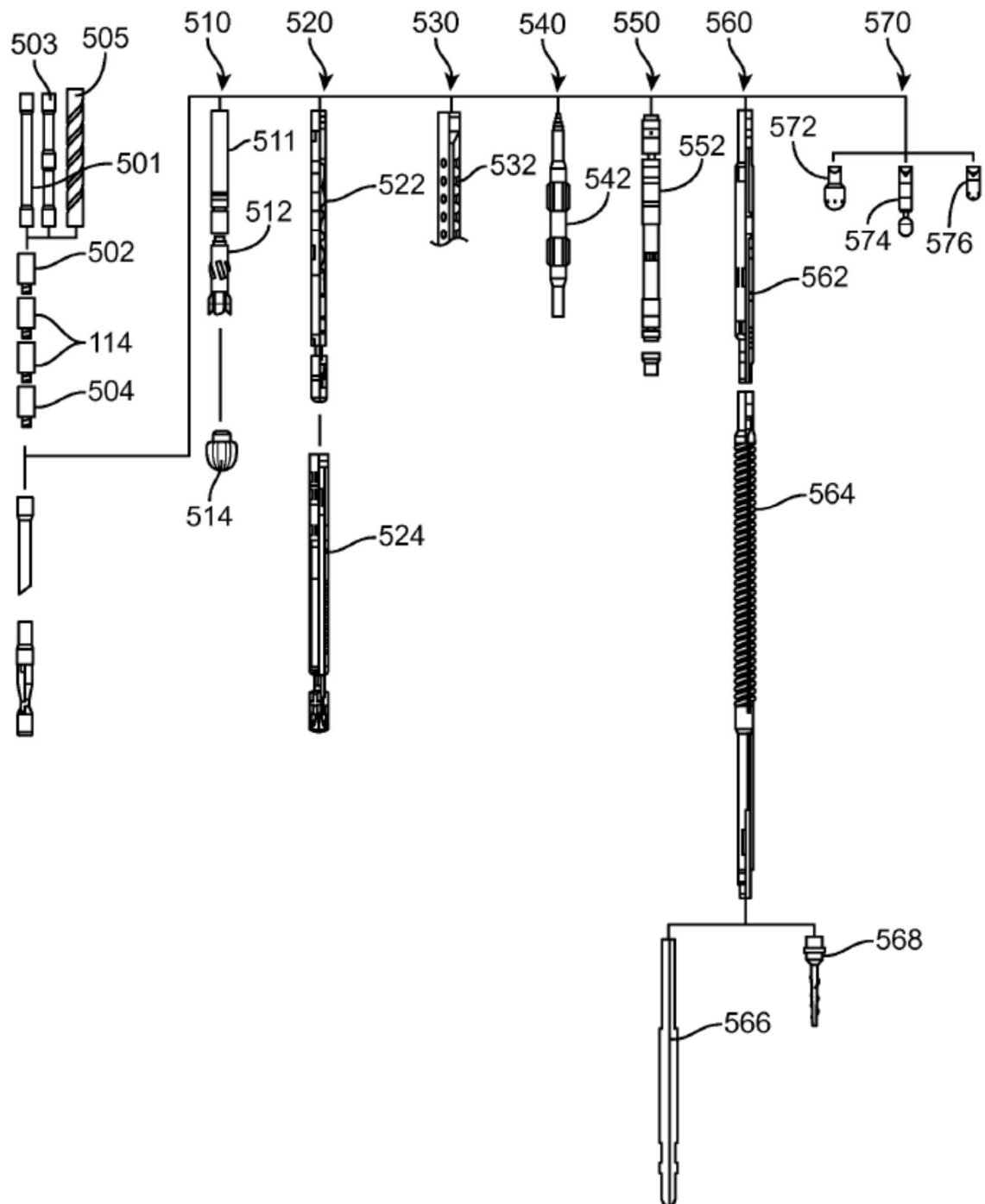


FIG. 5

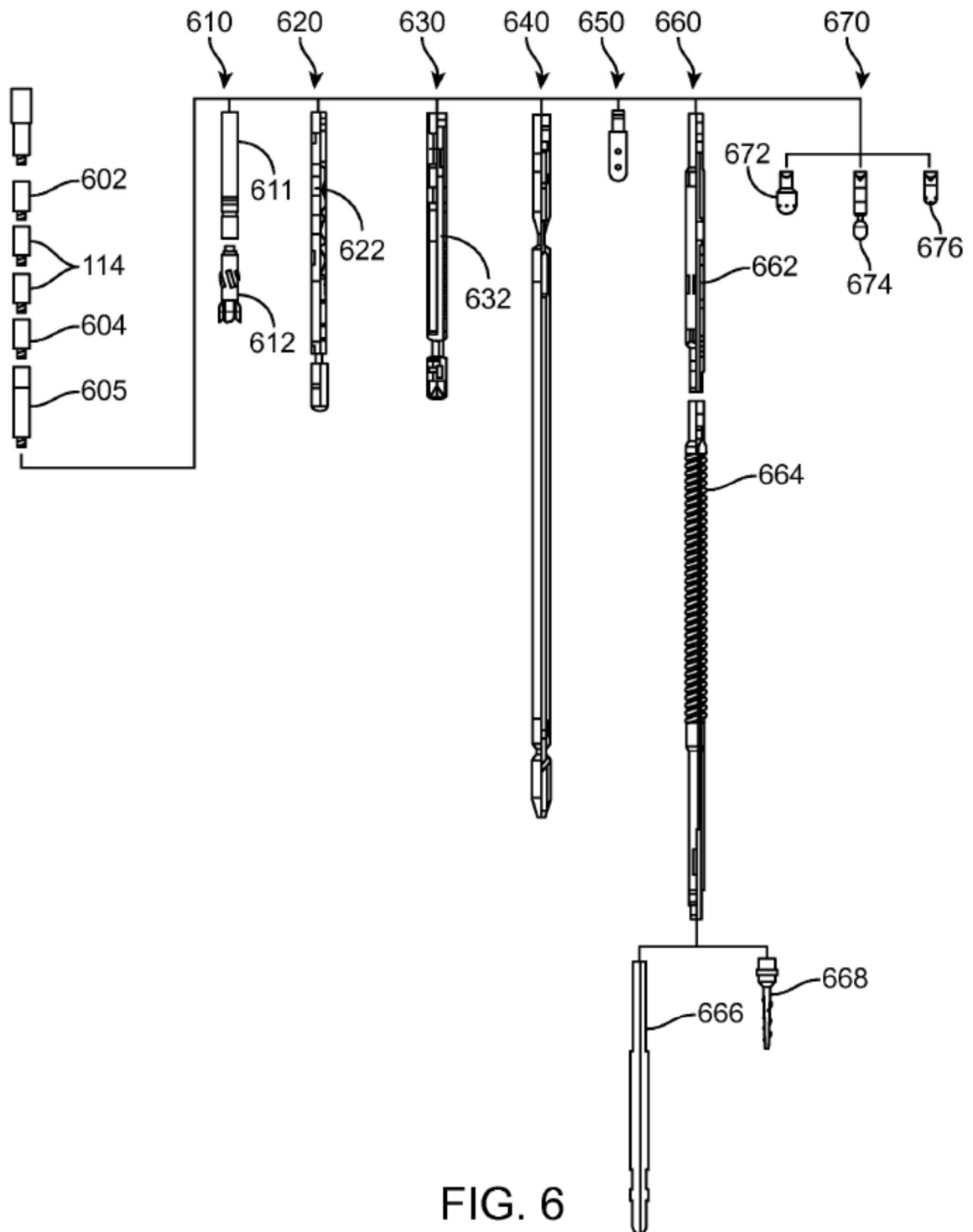


FIG. 6