



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

(11) PI 0413251-3 B1

(22) Data do Depósito: 27/07/2004

(45) Data de Concessão: 29/09/2015
(RPI 2334)



(54) Título: SISTEMA DE PERFURAÇÃO E MÉTODO PARA PERFURAR UM FURO DE SONDADE
EM UMA FORMAÇÃO GEOLÓGICA

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

(30) Prioridade Unionista: 19/08/2003 EP 03077606.6

(73) Titular(es): PRAD RESEARCH AND DEVELOPMENT LIMITED

(72) Inventor(es): DONALD GORDON REITSMA, EGBERT JAN VAN RIET

“SISTEMA DE PERFURAÇÃO E MÉTODO PARA PERFURAR UM FURO DE SONDAGEM EM UMA FORMAÇÃO GEOLÓGICA”

A presente invenção refere-se a um sistema e método de perfuração para perfurar um furo de sondagem em uma formação geológica.

5 A exploração e a produção de hidrocarbonetos a partir de formações abaixo da superfície exigem, essencialmente, um método para alcançar e extrair os hidrocarbonetos da formação. Isso é conseguido, tipicamente, perfurando-se um furo de sondagem com uma torre de perfuração. Na sua forma mais simples, isso constitui uma torre de perfuração baseada em terra que é usada
10 para suportar e girar uma coluna de perfuração, compreendida por uma série de tubulares de perfuração com uma broca de perfuração montada ao final. Além disso, um sistema de bombeamento é usado para circular um fluido, compreendido de um de um fluido de base, tipicamente água ou óleo, e vários aditivos no interior da coluna de perfuração, o fluido, então sai através da broca de
15 perfuração giratória e flui de volta para a superfície através do espaço anular formado entre a parede de furo de sondagem e a coluna de perfuração. O fluido de perfuração serve aos seguintes propósitos: (a) prover suporte à parede de furo de sondagem, (b) evitar ou, no caso de perfuração abaixo do equilíbrio (UBD), controlar a formação de fluidos ou gases de entrar no poço, (c) transportar os
20 detritos produzidos pela broca de perfuração para a superfície, (d) prover energia hidráulica para ferramentas fixadas na coluna de perfuração e (e) resfriar a broca. Após circular através do poço, o fluido de perfuração flui de volta para dentro de um sistema de tratamento de lama, geralmente compreendido de uma mesa agitadora, para remover sólidos, uma broca de lama e meios manuais ou
25 automáticos para a adição de vários químicos ou aditivos para manter as propriedades do fluido retornado como exigido para a operação de perfuração. Uma vez que o fluido tenha sido tratado, ele circula de volta para dentro do poço através de re-injeção para o topo da coluna de perfuração com o sistema de bombeamento.

Durante as operações de perfuração, o fluido de perfuração exerce uma pressão contra a parede interna de furo de poço que é construída, principalmente, de uma parte hidrostática, relacionada ao peso da coluna de lama, e uma parte dinâmica relacionada a perdas de pressão de atrito causadas por, por exemplo, a taxa de circulação de fluido ou movimento da coluna de perfuração.

A pressão de fluido é selecionada de modo que, enquanto o fluido estiver estático ou sendo circulado durante as operações de perfuração, ele não exceda a pressão de fratura de formação ou resistência de formação. Se a resistência de formação for excedida, ocorrerão fraturas de formação que criarão problemas de perfuração, tais com perdas de fluido e instabilidade de furo de sondagem. Por outro lado, na perfuração acima do equilíbrio a densidade de fluido é escolhida de modo que a pressão no poço seja sempre mantida acima da pressão de poro para impedir que os fluidos em formação entrem no poço, enquanto durante a UBD a pressão no poço é mantida apenas abaixo da pressão de energia para permitir, de modo controlável, que os fluidos de formação entrem no poço (controle de poço primário).

A margem de pressão com, por um lado, a pressão de poro e, por outro lado, a resistência de formação é conhecida como a “Janela Operacional”.

Por razões de segurança e controle de pressão, uma Válvula de Prevenção de Explosão (BOP) pode ser montada sobre a cabeça de poço, abaixo do patamar de equipamento, BOP que pode fechar o furo de poço no caso dos fluidos de formação ou gás entrarem no furo de poço (controle de poço secundário) de uma maneira indesejada ou não controlada. Esses influxos indesejados são referidos, comumente, como “coices”. A BOP será usada, normalmente, somente em emergência, ou seja, situações bem controladas.

Na patente US 6.035.952, de Bradfield et al., e designada à Baker Hughes Incorporated, um sistema de furo de poço fechado é usado para os propósitos de uma perfuração abaixo do equilíbrio, ou seja, a pressão anular é mantida abaixo da pressão de poro de formação.

Na patente US 6.352.129 (Shell Oil Company) são descritos um método e um sistema para controlar a pressão de fluido em um furo de poço durante a perfuração, usando-se uma bomba de contrapressão em comunicação fluida com um conduto de descarga de zona anular, em adição a uma bomba
5 primaria para circular o fluido de perfuração pela zona anular através da coluna de perfuração.

Na patente US 3.470.971 são descritos um dispositivo e um método para controle automático de pressão em um furo de poço. O dispositivo é composto por uma coluna de perfuração que se estende pelo furo de sondagem,
10 um conduto de descarga de fluido de perfuração em comunicação fluida com a passagem de retorno do de fluido de perfuração, um sensor de controle de pressão e um restritor de fluxo variável. O método compreende etapas de controle de uma pressão de fluido e geração de um sinal de pressão.

No pedido de patente norte-americano US2001/050185 (D2) são
15 descritos um dispositivo e um método para retornar furo de perfuração proveniente de um furo de sondagem. O dispositivo engloba um conduto de descarga de fluido de perfuração em comunicação fluida com a passagem de retorno de fluido, um dispositivo de injeção de fluido de injeção, um dispositivo restritor de fluxo e um sensor de furo de poço.

20 Um controle acurado da pressão de fluido no furo de poço é facilitado por meio de um conhecimento acurado da pressão furo abaixo. Entretanto, em um furo de sondagem com uma coluna de perfuração variavelmente giratória, e com, possivelmente, todos os tipos de conexões furo abaixo que são guiados pelo fluxo de circulação de fluido de perfuração, é um
25 problema monitorar a pressão furo abaixo em tempo real. Medições da pressão do fluido de perfuração na coluna de perfuração, ou no furo de sondagem, próximo ao nível de superfície, são, freqüentemente, removidas além dos limites a partir da extremidade inferior do furo de sondagem para prover uma base acurada para calcular ou estimar a verdadeira pressão furo abaixo. Por outro lado, as taxas de

transferência de dados correntemente disponíveis são baixas demais para usar dados de pressão furo abaixo diretos tomados por um sensor de medição de momento de perfuração como um sinal de controle de retroalimentação de tempo real.

5 É, desse modo, um objetivo da invenção prover um sistema e um método para perfurar um furo de sondagem em uma formação geológica que permita o controle aperfeiçoado da pressão de fluido no furo de poço.

De acordo com a invenção, é provido um sistema de perfuração para perfurar um furo de sondagem em uma formação geológica, o furo de sondagem tendo uma parede interna, e o sistema compreendendo:

10

- uma coluna de perfuração que se estende pelo furo de sondagem deixando uma passagem de retorno de fluido de perfuração entre a coluna de perfuração e a parede interna do furo de sondagem;
- um conduto de descarga de fluido de perfuração em comunicação fluida com a passagem de retorno de fluido de perfuração;
- 15 - meios de bomba para bombear um fluido de perfuração através da coluna de perfuração para dentro do furo de sondagem e para o conduto de descarga de fluido de perfuração através da passagem de retorno de fluido de perfuração;
- 20 - meios de contrapressão para controlar a contrapressão de fluido de perfuração;
- meios de injeção de fluido que compreendem uma passagem de suprimento de fluido de injeção conectando fluidamente um suprimento de fluido de injeção à passagem de retorno de fluido de perfuração e compreendendo
- 25 adicionalmente um sensor de pressão de fluido de injeção arranjado para prover um sinal de pressão de acordo com uma pressão de fluido de injeção na passagem de suprimento de fluido de injeção;
- meios de controle de contrapressão para controlar os meios de contrapressão por meio do que os meios de controle de contrapressão são

arranjados para receber o sinal de pressão e para regular os meios de contrapressão dependendo, pelo menos, do sinal de pressão.

A invenção também provê um método de perfuração para perfurar um furo de sondagem em uma formação geológica, o furo de sondagem tendo uma parede interna, o método de perfuração compreendendo as etapas de:

- disposição de uma coluna de perfuração no furo de sondagem e formação de uma passagem de retorno de fluido de perfuração entre a coluna de perfuração e a parede interna do furo de sondagem;
- bombeamento de um fluido de perfuração através da coluna de perfuração no furo de sondagem e através da passagem de retorno de fluido de perfuração para um conduto de descarga de fluido de perfuração arranjado em comunicação fluida com a passagem de retorno de fluido de perfuração.
- controle de uma contrapressão de fluido de perfuração pelo controle dos meios de contrapressão;
- injeção de um fluido de injeção a partir de um suprimento de fluido de injeção através de uma passagem de suprimento de fluido de injeção para o fluido de perfuração na passagem de retorno de fluido de perfuração;
- geração de um sinal de pressão de acordo com uma pressão de fluido de injeção na passagem de suprimento de fluido de injeção;
- controle dos meios de contrapressão, controle que compreende regular os meios de contrapressão dependendo, pelo menos, do sinal de pressão.

A pressão de fluido de injeção na passagem de suprimento de fluido de injeção representa um indicador relativamente acurado da pressão de fluido de perfuração no vão de fluido de perfuração na profundidade onde o fluido de injeção é injetado dentro do vão de fluido de perfuração. Portanto, um sinal de pressão gerado por um sensor de pressão de fluido de injeção em qualquer lugar na passagem de suprimento de fluido de injeção pode ser adequadamente utilizado, por exemplo, como um sinal de entrada para controlar os meios de

contrapressão, para monitorar a pressão de fluido de perfuração na passagem de retorno de fluido de perfuração.

O sinal de pressão pode, se for desejado, opcionalmente, ser compensado para o peso da coluna de fluido de injeção e/ou para a perda de pressão dinâmica que pode ser gerada no fluido de injeção entre o sensor de
5 pressão de fluido de injeção na passagem de suprimento de fluido de injeção e onde a injeção para dentro da passagem de retorno de fluido de perfuração tem lugar, por exemplo, a fim de obter um valor exato da pressão de injeção na
passagem de retorno de fluido de perfuração à profundidade onde o fluido de
10 injeção é injetado dentro do vão de fluido de perfuração.

Diferente da passagem de fluido de perfuração dentro da coluna de perfuração, a passagem de suprimento de fluido de injeção pode, preferencialmente, ser dedicada a uma tarefa, a qual é o suprimento do fluido de injeção para a injeção para dentro do vão de fluido de perfuração. Desse modo,
15 sua interação hidrostática e hidrodinâmica com o fluido de injeção pode ser determinada de modo acurado e se manter constante durante uma operação, de modo que o peso do fluido de injeção e a perda de pressão dinâmica na passagem de suprimento possam ser estabelecidos de modo acurado.

A invenção é aplicável, pelo menos, ao controle de pressão
20 durante operações de perfuração abaixo do equilíbrio, operações de perfuração em equilíbrio, operações de perfuração acima do equilíbrio ou operações de conclusão.

Será entendido que a invenção é capacitada com somente um sensor de pressão de fluido de injeção, mas, se for desejado, podem ser utilizados
25 vários sensores de pressão de fluido de injeção, por exemplo, posicionados em localizações mutuamente diferentes.

Observa-se que WO 02/084067 descreve uma configuração de furo de sondagem de perfuração, onde o vão de fluido de perfuração é formado por uma zona anular furo de poço interna, e uma passagem de suprimento de

fluido de injeção é provida na forma de uma segunda zona anular, para trazer o fluido de injeção a partir do nível de superfície para uma profundidade de injeção desejada. O fluido é injetado dentro da zona anular interna para controlar dinamicamente a pressão de circulação de fundo de furo no furo de poço onde
5 uma alta taxa de injeção de um fluido leve resulta em uma baixa pressão de fundo de furo.

Em contraste, o presente pedido de patente utiliza meios de contrapressão para controlar a pressão de fundo de furo, por meio do que a pressão de injeção de fluido de injeção é utilizada para controlar os meios de
10 contrapressão. Foi verificado que, controlando-se os meios de contrapressão em resposta à pressão de injeção de fluido de injeção, a pressão furo abaixo é controlável de modo mais acurado e é mais estável do que controlando a pressão furo abaixo pela regulação direta da taxa de injeção de fluido de injeção.

Entretanto, a taxa de injeção de fluido de injeção pode ser
15 controlada de comum acordo com o controle dos meios de contrapressão. Isso é de particular vantagem quando se inicia ou se para a circulação a fim de impedir a taxa de injeção de fluido de injeção de ser mantida a valores não realistas.

Em um modo de realização preferido, a diferença de pressão do fluido de perfuração na passagem de retorno de fluido de perfuração em uma parte
20 mais baixa do furo de sondagem que se estende entre o ponto de injeção de fluido de injeção e o fundo do furo de poço, pode ser calculada usando-se um modelo hidráulico que leva em conta, entre outras coisas, a geometria do poço. Visto que o modelo hidráulico é usado desse modo somente para calcular o diferencial de pressão sobre uma seção relativamente pequena do furo de sondagem, a precisão é
25 prevista para ser muito melhor do que quando o diferencial de pressão sobre o inteiro comprimento de furo de sondagem deve ser calculado.

A fim de facilitar a acuidade da determinação de pressão de fundo de furo, o fluido de injeção é, preferencialmente, injetado o mais próximo possível ao fundo do furo de sondagem.

A passagem de suprimento de fluido de injeção é, preferencialmente, conduzida ao ou próxima ao nível de superfície a partir de onde a coluna de perfuração se estende para dentro do furo de sondagem, provendo, desse modo, uma oportunidade para gerar o sinal de pressão na
5 superfície ou próximo a ela. Isso é mais conveniente e, em particular, permite um monitoramento mais rápido do sinal de pressão do que quando o sinal de pressão é gerado a grande profundidade abaixo do nível de superfície.

O fluido de injeção pode ser um líquido ou gás. Preferencialmente, o sistema de injeção de fluido de injeção é arranjado para
10 injetar um fluido de injeção que tenha uma densidade de massa mais baixa do que aquela do fluido de perfuração. Injetando-se um fluido de injeção de densidade mais baixa, o componente hidrostático para a pressão furo abaixo é reduzido. Isso permite um âmbito dinâmico mais alto do controle dos meios de contrapressão.

Entretanto, o fluido de injeção é, preferencialmente, provido na
15 forma de um gás, particularmente, um gás inerte como, por exemplo, gás nitrogênio (N_2). A perda de pressão dinâmica do gás na passagem de suprimento de fluido de injeção pode, opcionalmente, ser levada em conta, mas sua contribuição para o sinal de pressão é prevista para ser baixa comparada ao peso da coluna de gás. Desse modo, a pressão de gás compensada para o peso da
20 coluna de gás pode, para propósitos práticos, ser presumida como quase igual à pressão de fluido de perfuração no vão de fluido de perfuração à profundidade de injeção.

A invenção será agora ilustrada, a título de exemplo, com relação aos desenhos anexos, onde:

25 A fig. 1 é uma vista esquemática de um aparelho de perfuração de acordo com um modo de realização da invenção;

A fig. 2 mostra, esquematicamente, uma configuração de poço esquemática em um sistema de perfuração de acordo com a invenção;

A fig. 3 é um diagrama de bloco do sistema de monitoramento e

controle de pressão utilizado em um modo de realização da invenção;

A fig. 4 é um diagrama funcional da operação do sistema de monitoramento e controle de pressão;

5 A fig. 5 é uma vista esquemática de um aparelho de perfuração de acordo com um outro modo de realização da invenção;

A fig. 6 é uma vista esquemática de um aparelho de perfuração de acordo com ainda um outro modo de realização da invenção.

Nessas figuras, partes semelhantes portam números de referência idênticos.

10 A Figura 1 é uma vista esquemática que ilustra um sistema de perfuração de superfície 100 que emprega a corrente invenção. Será apreciado que um sistema de perfuração fora da costa pode empregar igualmente a corrente invenção.

15 O sistema de perfuração 100 é mostrado como sendo compreendido de uma torre de perfuração 102 que é usado para suportar operações de perfuração. Muitos dos componentes usados em uma torre 102, tais como o kelly, pinos elétricos, rampas, trabalhos de extração e outros equipamentos não são mostrados para facilidade de ilustração. A torre 102 é usada para suportar operações de perfuração e exploração em uma formação 104. Um furo de sondagem 106 já foi parcialmente perfurado.

20 Uma coluna de perfuração 112 se estende para dentro do furo de sondagem 106, formando, desse modo, uma zona anular de furo de poço entre a parede de furo de sondagem e a coluna de perfuração 112, e/ou entre um revestimento opcional 101 e a coluna de perfuração 112. Uma das funções da
25 coluna de perfuração 112 é transportar um fluido de perfuração 150, cujo uso é exigido em uma operação de perfuração, para o fundo do furo de sondagem e para dentro da zona anular do furo de poço.

A coluna de perfuração 112 suporta um conjunto de fundo de furo (BHA) 113 que inclui uma broca de perfuração 120, um motor de lama 118, um

conjunto de sensor 119, uma válvula de controle (não mostrada) para evitar refluxo de fluido de perfuração da zona anular do furo de poço para dentro da coluna de perfuração.

5 O conjunto de sensor 119 pode, por exemplo, ser provido na forma de um anexo de sensor MWD/LWD. Em particular, ele pode incluir um transdutor de pressão 116 para determinar a pressão anular do fluido de perfuração no ou próximo ao fundo do furo.

10 O BHA 113 no modo de realização mostrado também inclui um conjunto de telemetria 122 que pode ser usado para transmitir informação de pressão, informação de MWD/LWD, bem como informação de perfuração a ser recebida na superfície. Uma memória de dados que inclui uma memória de dados de pressão pode ser provida para o armazenamento temporário dos dados de pressão colhidos antes da transmissão da informação.

15 O fluido de perfuração 150 pode ser armazenado em um reservatório 136, o qual é ilustrado na Figura 1 na forma de um fosso de lama. O reservatório 136 está em comunicação fluida com meios de bomba, particularmente meio de bomba primários, que compreendem uma ou mais bombas de lama 138 que, na operação, bombeiam o fluido de perfuração 150 através de um conduto 140. Um medidor de fluxo opcional 152 pode ser provido
20 com uma ou mais bombas de lama, tanto a montante quanto a jusante do mesmo. O conduto 140 é conectado à última junta da coluna de perfuração 112.

Durante a operação, o fluido de perfuração 150 é bombeado para baixo através da coluna de perfuração 112 e do BHA 113 e sai da broca de perfuração 120, onde ele circula os detritos para longe da broca 120 e os retorna
25 por uma passagem de retorno de fluido de perfuração 115 que é, tipicamente, formada pela zona anular do furo de poço. O fluido de perfuração 150 retorna à superfície e vai através de uma saída lateral, através do conduto de descarga de fluido de perfuração 124 e, opcionalmente, através de vários tanques de ondulação e sistemas de telemetria (não mostrados).

Com relação agora também à Figura 2, que mostra esquematicamente os detalhes a seguir da configuração de poço que se refere a um sistema de injeção de fluido de injeção para injetar um fluido de injeção dentro do fluido de perfuração que está contido na passagem de retorno de fluido de perfuração. Uma passagem de suprimento de fluido de injeção é provida na forma de uma zona anular externa 141. A zona anular externa 141 conecta fluidamente um suprimento de fluido de injeção 143 à passagem de retorno de fluido de perfuração 115, em cujo vão um fluido de injeção pode ser injetado através do ponto de injeção 144. Adequadamente, o suprimento de fluido de injeção 143 está localizado sobre a superfície.

Um dispositivo de restrição de fluxo variável, tal como um estrangulador de injeção ou uma válvula de injeção, é provido, opcionalmente, para separar a passagem de suprimento de fluido de injeção 141 da passagem de retorno de fluido de perfuração 115. Desse modo é alcançado que a injeção do fluido de injeção para dentro do fluido de perfuração pode ser interrompida enquanto mantém a pressurização da passagem de suprimento de fluido de injeção.

Adequadamente, o fluido de injeção tem uma densidade mais baixa do que o fluido de perfuração, de modo que a pressão hidrostática na área de fundo de furo, na vizinhança da broca de perfuração 120, seja reduzida devido a um peso mais baixo do corpo do presente fluido na passagem de retorno de fluido 115.

Adequadamente, o fluido de injeção é injetado na forma de um gás, o qual pode ser, por exemplo, nitrogênio gasoso. Um sensor de pressão de fluido de injeção 156 é provido, em comunicação fluida com a passagem de suprimento de fluido de injeção, para monitorar uma pressão do fluido de injeção na passagem de suprimento de fluido de injeção 144. A passagem de suprimento de fluido de injeção 141 é conduzida ao nível de superfície sobre a torre, de modo que o sensor de pressão de fluido de injeção 156 possa ser localizado no nível de

superfície e os dados gerados pelo sensor de pressão de fluido de injeção 156 estejam prontamente disponíveis na superfície.

5 Durante a circulação do fluido de perfuração 150 através da coluna de perfuração 112 e do furo de sondagem 106, uma mistura do fluido de perfuração 150, possivelmente incluindo detritos, e do fluido de injeção flui através de uma parte superior 149 da zona anular 115, a jusante do ponto de injeção 144. Depois disso, a mistura procede para o que é referido, geralmente, como o sistema de contrapressão 131.

10 Uma vedação de isolamento de pressão é provida para vedar contra a coluna de perfuração e conter uma pressão na zona anular do furo de poço. No modo de realização da Figura 1, a vedação de isolamento de pressão é provida na forma de uma cabeça de controle giratória sobre o topo da BOP 142, através de cuja cabeça de controle giratória a coluna de perfuração passa. A cabeça de controle giratória sobre o topo da BOP forma, quando ativada, uma
15 vedação ao redor da coluna de perfuração 112, que isola a pressão, mas ainda permite a rotação e permutação de coluna de perfuração. Alternativamente, uma BOP giratória pode ser utilizada. A vedação de isolamento de pressão pode ser considerada para fazer parte do sistema de contrapressão.

20 Com relação à Figura 1, quando a mistura retorna à superfície, ela vai através de uma saída lateral abaixo da vedação de isolamento de pressão aos meios de contrapressão arranjados para prover uma contrapressão ajustável sobre a mistura de fluido de perfuração contida na zona anular do furo de poço 115. Os meios de contrapressão compreendem um dispositivo restritivo de fluxo variável, adequadamente, na forma de um estrangulador resistente a desgaste 130. Será
25 apreciado que existem estranguladores projetados para operar em um ambiente onde o fluido de perfuração 150 contém detritos de perfuração substanciais e outros sólidos. O estrangulador 130 é um desse tipo e é, adicionalmente, capaz de operar a pressões e taxas de fluxo variáveis e através de múltiplos ciclos de trabalho.

O fluido de perfuração 150 sai do estrangulador 130 e flui através de um medidor de fluxo opcional 126 para ser direcionado através de um descontaminador opcional 1 e de equipamento de separação de sólidos 129. O descontaminador opcional 1 e o equipamento de separação de sólidos 129 são projetados para remover o excesso de gás e outros contaminantes, incluindo detritos, do fluido de perfuração 150. Após passar pelo equipamento de separação de sólidos 129, o fluido de perfuração 150 retorna ao reservatório 136.

O medidor de fluxo 126 pode ser um tipo de equilíbrio de massa ou outro medidor de fluxo de alta resolução. Um sensor de contrapressão 147 pode ser provido, opcionalmente, no conduto de descarga de fluido de perfuração 1124 a montante do dispositivo restritivo de fluxo variável. Um medidor de fluxo, semelhante ao medidor de fluxo 126, pode ser colocado a montante dos meios de contrapressão 131 em adição ao sensor de contrapressão 147.

Meios de controle de contrapressão que incluem um sistema de monitoramento de pressão 146 são providos para monitorar dados relevantes para a pressão de zona anular, e prover sinais de controle para pelo menos para o sistema de contrapressão 131 e, opcionalmente, também para o sistema de injeção de fluido de injeção e/ou para os meios de bomba primários.

A capacidade de prover contrapressão ajustável durante a inteira perfuração e processo de conclusão é um aperfeiçoamento significativo sobre sistemas de perfuração convencionais, em particular, em relação à UBD, onde a pressão de fluido de perfuração deve ser mantida o mais baixo possível na janela operacional.

Em termos gerais, a contrapressão exigida para obter a pressão furo abaixo desejada é determinada obtendo-se informação sobre a pressão furo abaixo existente do fluido de perfuração na proximidade do BHA 113, referida como a pressão de fundo de furo, comparando-se a informação com uma pressão furo abaixo desejada e utilizando-se o diferencial entre as mesmas para determinar uma contrapressão de ponto de ajuste e controlar os meios de contrapressão a fim

de estabelecer uma contrapressão próxima à contrapressão de ponto de ajuste.

A pressão do fluido de injeção na passagem de suprimento de fluido de injeção 141 é, vantajosamente, utilizada para obter informação relevante para determinar a pressão corrente no fundo do furo de sondagem. Uma vez que o
5 fluido de injeção está sendo injetado para dentro da corrente de retorno de fluido de perfuração, a pressão do fluido de injeção à profundidade de injeção pode ser presumida como sendo igual à pressão de fluido de perfuração no ponto de injeção 144. Desse modo, a pressão determinada pelo sensor de pressão de fluido de injeção 156 pode, vantajosamente, ser utilizada para gerar um sinal de pressão
10 para o uso como sinal de retroalimentação para controlar ou regular o sistema de contrapressão.

Observa-se que a mudança na contribuição hidrostática à pressão furo abaixo que resultaria de uma possível variação na taxa de injeção de fluido de injeção, é, em aproximação estreita, compensada pelo acima descrito reajuste
15 controlado dos meios de contrapressão. Desse modo, controlando-se os meios de contrapressão de acordo com a invenção, a pressão de fluido no furo de sondagem é quase independente da taxa de injeção de fluido de injeção.

Uma maneira possível para utilizar o sinal de pressão que corresponde à pressão de fluido de injeção, é controlar o sistema de contrapressão
20 de modo a manter a pressão de fluido de injeção em um certo valor constante adequado por toda a operação de perfuração ou conclusão. A acuidade é aumentada quando o ponto de injeção 144 está em estreita proximidade ao fundo do furo de sondagem.

Quando o ponto de injeção 144 não está tão próximo ao fundo do
25 furo de sondagem, a magnitude do diferencial de pressão sobre a parte da passagem de retorno de fluido de perfuração que se estende entre o ponto de injeção 144 e o fundo do furo é, preferencialmente, para ser estabelecida. Para isso, um modelo hidráulico pode ser utilizado como será descrito abaixo.

A Figura 3 é um diagrama de bloco de um sistema de

monitoramento de pressão 146 possível. Entradas de sistema para esse sistema de monitoramento 146 incluem a pressão de fluido de injeção 203 que foi medida pelo sensor de pressão de fluido de injeção 156, e podem incluir a pressão furo abaixo 202 que foi medida pelo conjunto de sensor 119, transmitida pelo conjunto de pulsador de MWD 122 (ou outro sistema de telemetria) e recebido pela torre de transdutor (não mostrado) sobre a superfície. Outras entradas de sistema incluem pressão de bomba 200, taxa de fluxo de entrada 204 a partir do medidor de fluxo 152 ou a partir das pulsações de bomba de lama compensadas para eficiência, taxa de penetração e taxa de rotação de coluna, bem como peso sobre broca (WOB) e torque sobre broca (TOB) que podem ser transmitidas a partir do BHA 113 pela zona anular acima como um pulso de pressão. O fluxo de retorno pode, opcionalmente, ser medido usando-se o medidor de fluxo 126, se provido.

Sinais representativos das entradas de dados são transmitidos para uma unidade de controle (CCS) 230, que é ela mesma compreendida de uma unidade de controle de equipamento de perfuração 232, uma ou mais estações do operador de perfuração 234, um processador de controle de pressão anular dinâmico (DAPC) 236 e um controlador lógico programável (PLC) de contrapressão 238, todos os quais são conectados por meio de uma rede de dados comum ou coletor de tipo industrial 240. Em particular, o CCS 230 é arranjado para receber e coletar dados e tornar os dados acessíveis, através da rede de dados comum ou coletor de tipo industrial 240, para o processador de DAPC 236.

O processador de DAPC 236 pode, adequadamente, ser um computador pessoal baseado no sistema SCADA rodando um modelo hidráulico e conectado ao PLC 238. O processador de DAPC 236 serve a três funções, monitoramento do estado da pressão de furo de sondagem durante as operações de perfuração, previsão de resposta de furo de sondagem à perfuração continuada, e emissão de comandos para o PLC de contrapressão para controlar os meios de contrapressão 131. Em adição, os comandos também podem ser emitidos para um ou mais dos meios de bomba primários 138 e para o sistema de injeção de fluido

de injeção. A lógica específica associada ao processador de DAPC 236 será examinada, adicionalmente, abaixo.

Um modelo esquemático da funcionalidade do sistema de monitoramento de pressão de DAPC 146 é apresentado na Figura 4. O processador de DAPC 236 inclui a programação para levar a cabo funções de controle e funções de Calibragem de Modelo em Tempo Real. O processador de DAPC recebe dados de entrada a partir de várias fontes e calcula continuamente, em tempo real, o ponto de ajuste de contrapressão correto para se conseguir a pressão furo abaixo desejada. O ponto de ajuste é, então, transferido ao controlador lógico programável 238, o qual gera os sinais de controle para controlar os meios de contrapressão 131.

Ainda com relação à Figura 4, a pressão 263 na zona anular à profundidade de injeção de fluido de injeção é determinada por meio de um módulo de controle 259, utilizando, desse modo, alguns parâmetros de poço fixos 250 que incluem a profundidade do ponto de injeção 144, e alguns dados de fluido de injeção fixos 255, tal como a massa específica do fluido de injeção, e alguns dados de injeção de fluido de injeção variáveis 257 que incluem, pelo menos, o sinal de pressão 203 gerado pelo sensor de pressão de fluido de injeção 156 e, opcionalmente, dados como a taxa de injeção de fluido de injeção. Adequadamente, a passagem de suprimento de fluido de injeção 141 é conduzida ao nível de superfície sobre a torre, de modo que os dados gerados pelo sensor de pressão de fluido de injeção 156 estejam prontamente disponíveis como sinal de entrada para o sistema de controle de contrapressão.

Quando N₂, ou um outro gás adequado, é usado como o fluido de injeção, a pressão na zona anular 115 à profundidade de injeção pode ser presumida como sendo igual à pressão de fluido de injeção na superfície compensada para o peso da coluna de fluido de injeção. Quando um líquido é usado em qualquer taxa de injeção apreciável, uma perda de pressão dinâmica deve ser levada em conta, igualmente.

O diferencial de pressão 262 sobre uma parte mais baixa da zona anular, a parte mais baixa se estendendo entre o ponto de injeção 144 e a proximidade de fundo de furo, é adicionado à pressão 263 no ponto de injeção 144.

5 Os parâmetros de entrada para determinar esse diferencial de pressão recaem dentro de três grupos principais. O primeiro é dos parâmetros relativamente fixos 250, que incluem parâmetros como geometria de furo de sondagem, coluna de perfuração, furo e revestimento, diâmetros de bico de broca de perfuração, e trajetória do poço. Embora seja reconhecido que a verdadeira
10 trajetória do poço pode variar a partir da trajetória planejada, a variante pode ser levada em conta com uma correção à trajetória planejada. Também estão dentro desse grupo de parâmetros o perfil de temperatura do fluido na zona anular e a composição de fluido. Como com os parâmetros geométricos, esses são geralmente conhecidos e não variam rapidamente no curso das operações de
15 perfuração. Em particular, com o sistema de DAPC, um objetivo é manter a densidade e composição de fluido de perfuração 150 relativamente constante, usando contrapressão para prover a pressão adicional para o controle da pressão de zona anular.

O segundo grupo de parâmetros 252 é altamente variável na
20 natureza e é detectado e registrado em tempo real. O sistema de aquisição de dados de equipamento provê essa informação, através da rede de dados comum 240, para o processador de DAPC 236. Essa informação inclui dados de pressão de fluido de injeção 203 gerados pelo sensor de pressão de fluido de injeção 156, dados de taxa de fluxo providos por ambos, os medidores de fluxo de retorno e de
25 furo abaixo 152 e 126, e/ou pela medição das pulsações de bomba, respectivamente, a taxa de coluna de perfuração da penetração (ROP) ou da velocidade, a velocidade rotacional de coluna de perfuração, a profundidade de broca, e a profundidade do poço, todos os últimos sendo derivados das medições diretas de sensor de equipamento.

Além disso, com relação às Figuras 1 e 4, dados de pressão furo abaixo 254 são providos por uma ferramenta sensível a pressão 116, opcionalmente, através da memória de dados de pressão 205, localizada no conjunto de fundo de furo 113. Os dados recolhidos com essa ferramenta são transmitidos para a superfície por meio do conjunto de telemetria furo abaixo 122. É apreciado que muitos dos sistemas de telemetria correntes têm capacidade de transmissão de dados e/ou velocidade limitada. Os dados de pressão medidos poderiam, portanto, ser recebidos na superfície com algum tempo de espera. Outros parâmetros de entrada de sistema são o ponto de ajuste desejado para a pressão furo abaixo 256 e a profundidade na qual o ponto de ajuste deveria ser mantido. Essa informação é, usualmente, provida pelo operador.

Um módulo de controle 258 calcula a pressão na zona anular sobre o comprimento de furo de poço de parte mais baixa que se estende entre o ponto de injeção 144 e o fundo de furo utilizando vários modelos. O diferencial de pressão no furo poço é uma função não somente da pressão estática ou peso da coluna de fluido relevante no poço, mas também inclui perdas de pressão causadas pelas operações de perfuração, incluindo o deslocamento de fluido pela coluna de perfuração, perdas de pressão de atrito causadas pelo movimento de fluido na zona anular, e outros fatores. A fim de calcular a pressão dentro do poço, o módulo de controle 258 considera a parte relevante do poço como um número finito de elementos, cada um designado para um segmento relevante do comprimento de furo de poço. Em cada um dos elementos a pressão dinâmica e o peso de fluido são calculados e usados para determinar o diferencial de pressão 262 para o segmento. Os segmentos são somados o diferencial de pressão para, pelo menos, a extremidade mais baixa do perfil do poço é determinado.

É sabido que a velocidade do fluido no furo de poço é proporcional à taxa de fluxo do fluido 150 que é bombeado furo abaixo mais o fluxo de fluido produzido a partir da formação 104 abaixo do ponto de injeção 144, a última contribuição sendo relevante para condições abaixo do equilíbrio.

Uma medição do fluxo de bomba e uma estimativa do fluido produzido a partir da formação 104 são usadas para calcular o fluxo total através do furo de sondagem e a perda de pressão dinâmica correspondente. O cálculo é feito para uma série de segmentos do poço, levando em conta a compressibilidade de fluido, carga de detritos estimada e a dilatação térmica do fluido para o segmento especificado, o qual está, ele mesmo, relacionado ao perfil de temperatura para aquele segmento do poço. A viscosidade de fluido no perfil de temperatura para o segmento também é instrumental na determinação de perdas de pressão dinâmica para o segmento. A composição do fluido também é considerada na determinação de compressibilidade e do coeficiente de dilatação térmica. O movimento de coluna de perfuração, em particular sua taxa da penetração (ROP), está relacionado às pressões de ondulação e fricção encontradas durante as operações de perfuração quando a coluna de perfuração é movida para dentro ou para fora do furo de sondagem. A rotação da coluna de perfuração também é usada para determinar perdas de pressão dinâmica, quando ela cria uma resistência de atrito entre o fluido na zona anular e a coluna de perfuração. A profundidade de broca, a profundidade do poço, e a geometria do poço/ coluna são usadas para ajudar a criar os segmentos de furo de sondagem a serem modelados.

A fim de calcular o peso do fluido de perfuração contido no poço, o modo de realização preferido considera não somente a pressão hidrostática exercida pelo fluido 150, mas também a compressão de fluido, a dilatação térmica de fluido e a carga de detritos do fluido vistas durante as operações. Todos esses fatores vão para um cálculo da “pressão estática”.

A pressão dinâmica considera muitos dos mesmos fatores da determinação da pressão estática. Entretanto, ela considera, adicionalmente, uma quantidade de outros fatores. Entre eles está o conceito de fluxo laminar versus turbulento. As características de fluxo são uma função da aspereza estimada, geometria do furo e coluna e a velocidade de fluxo, densidade e viscosidade do fluido. O anteriormente dito inclui excentricidade de furo de sondagem e

geometria de tubo de perfuração específica (desajustes de caixa/pino) que afetam a velocidade de fluxo vista na zona anular do furo de sondagem. O cálculo de pressão dinâmica inclui adicionalmente acúmulo de detritos furo abaixo, efeito do movimento de coluna (movimento axial e rotação) sobre a pressão dinâmica do fluido.

O diferencial de pressão para o interior da zona anular é determinado de acordo com o anteriormente dito, e comparado à pressão de ponto de ajuste 256 no módulo de controle 264. A contrapressão desejada 266 é, então, determinada e passada adiante para um controlador lógico programável 238, que gera sinais de controle de contrapressão.

A exposição acima de como a contrapressão é, geralmente, calculada utilizou vários parâmetros de furo abaixo, incluindo pressão furo abaixo e estimativa da viscosidade de fluido e da densidade de fluido. Esses parâmetros podem ser determinados furo abaixo, por exemplo, usando-se o conjunto de sensor 119, e transmitidos acima da coluna de lama usando-se pulsos de pressão que se deslocam para a superfície a, aproximadamente, a velocidade do som, por exemplo, por meio do sistema de telemetria 122. Essa velocidade de deslocamento e a largura de banda limitada desses sistemas usualmente causam um tempo de espera entre a medição dos dados furo abaixo e o recebimento dos dados na superfície. Esse tempo de espera pode ir de alguns segundos até vários minutos. Conseqüentemente, as medições de pressão furo abaixo podem, freqüentemente, não entrar no modelo de DAPC em uma base de tempo real. Conseqüentemente, será apreciado que terá que haver, igualmente, uma diferença entre a pressão furo abaixo medida, quando transmitida para a superfície, e a pressão furo abaixo prevista para aquela profundidade no momento que os dados são recebidos na superfície.

Por essa razão, os dados de pressão furo abaixo são, preferencialmente, marcados no tempo ou marcados em profundidade para permitir ao sistema de controle sincronizar os dados de pressão recebidos com

previsões de pressão de histórico armazenadas na memória. Baseado nos dados de histórico sincronizados, o sistema de DAPC usa um método de regressão para computar ajustes a alguns parâmetros de entrada para obter a melhor correlação entre as previsões e as medições da pressão furo abaixo. As correções aos parâmetros de entrada podem ser feitas variando-se qualquer dos parâmetros de entrada variáveis disponíveis. No modo de realização preferido, somente a densidade de fluido e a viscosidade de fluido são modificadas a fim de corrigir a pressão furo abaixo prevista. Além disso, no presente modo de realização, a verdadeira medição de pressão furo abaixo é usada somente para calibrar a pressão furo abaixo calculada. Ela não é utilizada para ajustar diretamente o ponto de ajuste da contrapressão.

A Figura 5 mostra um modo de realização alternativo de um sistema de perfuração que emprega a invenção. Em adição às características já mostradas e descritas com relação ao modo de realização das Figuras 1 a 4, o sistema da Figura 5 inclui um sistema de contrapressão 131 que é provido com meios de pressurização, mostrados aqui na forma da bomba de contrapressão 128, em comunicação fluida paralela com a passagem de retorno de fluido de perfuração 115 e o estrangulador 130, para pressurizar o fluido de perfuração no conduto de descarga de fluido de perfuração 124 a montante do dispositivo restritivo de fluxo 130. A extremidade de baixa pressão da bomba de contrapressão 128 é conectada, através do conduto 119, a um suprimento de fluido de perfuração que pode estar em comunicação com o reservatório 136. A válvula de fechamento 125' pode ser provida no conduto 119 para isolar a bomba de contrapressão 128 do suprimento de fluido de perfuração.

Opcionalmente, a válvula 123 pode ser provida para isolar seletivamente a bomba de contrapressão 128 do sistema de descarga de fluido de perfuração.

A bomba de contrapressão 128 pode ser encaixada para assegurar que fluxo suficiente passe pelo sistema de estrangulamento 130 para ser capaz de

manter a contrapressão, mesmo quando há fluxo insuficiente vindo a partir da zona anular 115 para manter a pressão sobre o estrangulador 130. Entretanto, em operações de UBD, freqüentemente, pode ser suficiente aumentar o peso do fluido contido na parte superior 149 da zona anular do furo de poço abaixando-se a taxa de injeção de fluido de injeção quando a taxa de circulação do fluido de perfuração 150 através da coluna de perfuração 112 é reduzida ou interrompida.

Os meios de controle de contrapressão nesse modo de realização podem gerar os sinais de controle para o sistema de contrapressão, ajustando adequadamente não somente o estrangulador variável 130, mas também a bomba e/ou válvula de contrapressão 128.

A Figura 6 mostra ainda um outro modo de realização do sistema de perfuração, onde, em adição às características da Figura 5, o reservatório de fluido de perfuração compreende um tanque de manobra 2 em adição ao fosso de lama. Um tanque de manobra é usado normalmente sobre uma torre para monitorar ganhos e perdas de fluido durante as operações de manobra. Observa-se que o tanque de manobra pode não ser tão utilizado quando se perfura usando um sistema de fluido multifásico como descrito aqui acima, envolvendo injeção de um gás para dentro da corrente de retorno de fluido de perfuração, porque o poço pode, freqüentemente, permanecer vivo ou o nível de fluido de perfuração no poço cair quando a pressão de gás de injeção for drenada. Entretanto, no presente modo de realização, a funcionalidade do tanque de manobra é mantida, por exemplo, para ocasiões onde um fluido de perfuração de alta densidade é bombeado para baixo ao invés de em paredes de alta pressão.

Um distribuidor de válvulas é provido a jusante do sistema de contrapressão 131, para capacitar a seleção do reservatório ao qual a lama de perfuração que retorna a partir do furo de poço é direcionada. No modo de realização da Figura 5, o distribuidor de válvulas inclui a válvula de duas vias 5, permitindo ao fluido de perfuração que retorna do poço ser direcionado ao fosso de lama 136 ou ao tanque de manobra 2.

A bomba de contrapressão 128 e a válvula 123 são, opcionalmente, adicionadas a esse modo de realização.

5 O distribuidor de válvulas também pode incluir uma válvula de duas vias 125 provida igualmente para alimentar o fluido de perfuração 150 a partir do reservatório 136 através do conduto 119A ou a partir do reservatório 2 através do conduto 119B para uma bomba de contrapressão 128 opcionalmente provida em comunicação fluida paralela com a passagem de retorno de fluido de perfuração 115 e o estrangulador 130.

10 Em operação, a válvula 125 selecionaria igualmente o conduto 119A ou o conduto 119B, e a bomba de contrapressão 128 encaixada para assegurar que fluxo suficiente passe pelo sistema de estrangulamento para ser capaz de manter a contrapressão, mesmo quando não há fluxo vindo a partir da zona anular 115.

15 Nos modos de realização mostrados e/ou descritos acima, a passagem de suprimento de fluido de injeção é provida na forma de uma zona anular externo. A passagem de suprimento de fluido de injeção também pode ser provida em uma forma diferente, por exemplo, através de um sistema de injeção de gás de tubo de perfuração. Essa opção é particularmente vantajosa quando uma zona anular externa não está disponível para injeção de fluido. Porém, de modo
20 mais importante, essa opção permite ao ponto de injeção de fluido de injeção 144 ser localizado muito próximo ao fundo do furo de modo que a pressão de fluido de injeção na passagem de suprimento de fluido de injeção dê um parâmetro acurado como um ponto de início para estabelecer um valor acurado para a pressão de fundo de furo. Apesar disso, um anexo de sensor de MWD eletromagnético pode
25 ser empregado para a leitura de pressão para ser usado da mesma maneira descrita acima para calibrar um modelo hidráulico.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de perfuração (100) para perfurar um furo de sondagem em uma formação geológica, o furo de sondagem tendo uma parede interna, e o sistema compreendendo:

- 5 - uma coluna de perfuração (112) que se estende pelo furo de sondagem deixando uma passagem de retorno de fluido de perfuração entre a coluna de perfuração (112) e a parede interna do furo de sondagem;
- um conduto de descarga de fluido de perfuração (124) em comunicação fluida com a passagem de retorno de fluido de perfuração;
- 10 - um dispositivo de bomba (138) para bombear um fluido de perfuração através da coluna de perfuração (112) no furo de sondagem e para o conduto de descarga de fluido de perfuração (124) via a passagem de retorno de fluido de perfuração; e,
- um dispositivo de contrapressão (123, 126, 130) para controlar a
- 15 contrapressão de fluido de perfuração,
- caracterizado por:
- um sistema de injeção de fluido de injeção (141, 143) compreendendo uma passagem de suprimento de fluido de injeção (141) conectando fluidamente um suprimento de fluido de injeção com a passagem de
- 20 retorno de fluido de perfuração e compreendendo adicionalmente um sensor de pressão de fluido de injeção (156) arranjado para prover um sinal de pressão de acordo com uma pressão de fluido de injeção na passagem de suprimento de fluido de injeção (141); e,
- um dispositivo de controle de contrapressão (238) para
- 25 controlar o dispositivo de contrapressão (123, 126, 130) por meio do que o dispositivo de controle de contrapressão (238) é arranjado para receber o sinal de pressão e regular o dispositivo de contrapressão (123, 126, 130) na dependência de pelo menos o sinal de pressão.

2. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo

fato de que a coluna de perfuração (112) se estende pelo furo de sondagem a partir de um nível à superfície e o sensor de pressão de fluido de injeção (156) é provido ao nível de superfície ou próximo a ele.

3. Sistema de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado
5 pelo fato de que o dispositivo de contrapressão (123, 126, 130) é arranjado para controlar a descarga do fluido de perfuração proveniente da passagem de retorno de fluido de perfuração.

4. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3,
caracterizado pelo fato de que o dispositivo de contrapressão (123, 126, 130)
10 compreende um aparelho restritor de fluxo variável arranjado em um caminho de fluxo de fluido de perfuração a jusante de um ponto no qual a passagem de suprimento de fluido de injeção (141) se conecta à passagem de retorno de fluido de perfuração.

5. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4,
15 caracterizado pelo fato de que o dispositivo de injeção de fluido é arranjado para injetar um fluido de injeção tendo uma densidade de massa diferente daquela do fluido de perfuração, de preferência, o fluido de injeção tendo uma densidade de massa menor do que a do fluido de perfuração.

6. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5,
20 caracterizado pelo fato de que o dispositivo de controle de contrapressão (238) compreende um sistema de monitoramento e controle de pressão programável arranjado para calcular uma pressão predita furo abaixo usando um modelo e, desse modo, utilizando pelo menos o sinal de pressão, comparar a pressão predita furo abaixo com uma pressão desejada de furo abaixo, e utilizar o diferencial entre
25 as pressões calculada e desejada para controlar o dispositivo de contrapressão de fluido.

7. Sistema de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo
fato de que um conjunto de fundo de furo é provido sobre uma extremidade inferior da coluna de perfuração (112), o conjunto de fundo de furo

compreendendo um sensor de furo abaixo (119) e um sistema de telemetria de furo abaixo (122) para transmitir dados, incluindo dados de sensor de furo abaixo, os dados de sensor de furo abaixo representando, pelo menos, dados de pressão de furo abaixo, e o sistema compreendendo adicionalmente um sistema de telemetria
5 à superfície para receber os dados de sensor de furo abaixo, e o sistema de monitoração e controle de pressão programável é arranjado para comparar a pressão predita de furo abaixo com os dados do sensor de furo abaixo.

8. Método para perfurar um furo de sondagem em uma formação geológica, o furo de sondagem tendo uma parede interna, o método
10 compreendendo as etapas de:

- empregar uma coluna de perfuração (112) no furo de sondagem e formar uma passagem de retorno de fluido de perfuração entre a coluna de perfuração e a parede interna do furo de sondagem;

- bombear um fluido de perfuração através da coluna de perfuração (112) no furo de sondagem e via a passagem de retorno de fluido de perfuração para um conduto de descarga de fluido de perfuração (124) arranjado
15 em comunicação fluida com a passagem de retorno de fluido de perfuração; e,

- controlar uma contrapressão de fluido de perfuração pelo controle de um dispositivo de contrapressão (123, 126, 130);

20 caracterizado por:

- injetar um fluido de injeção proveniente de um suprimento de fluido de injeção via uma passagem de suprimento de fluido de injeção (141) no fluido de perfuração na passagem de retorno de fluido de perfuração;

- gerar um sinal de pressão de acordo com uma pressão de
25 fluido de injeção na passagem de suprimento de fluido de injeção (141); e,

- controlar o dispositivo de contrapressão (123, 126, 130), cujo controle compreende regular o dispositivo de contrapressão (123, 126, 130) na dependência de pelo menos o sinal de pressão.

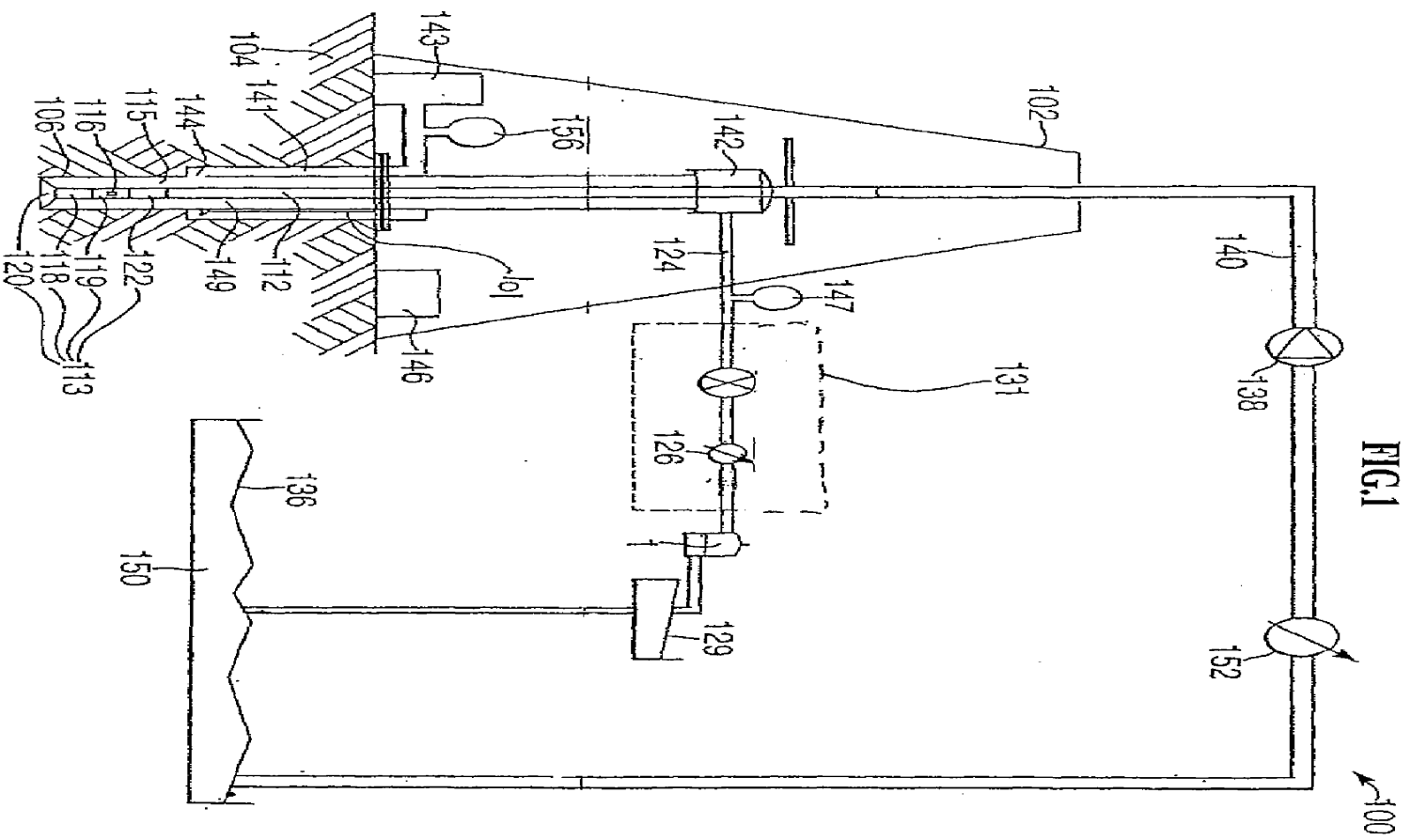


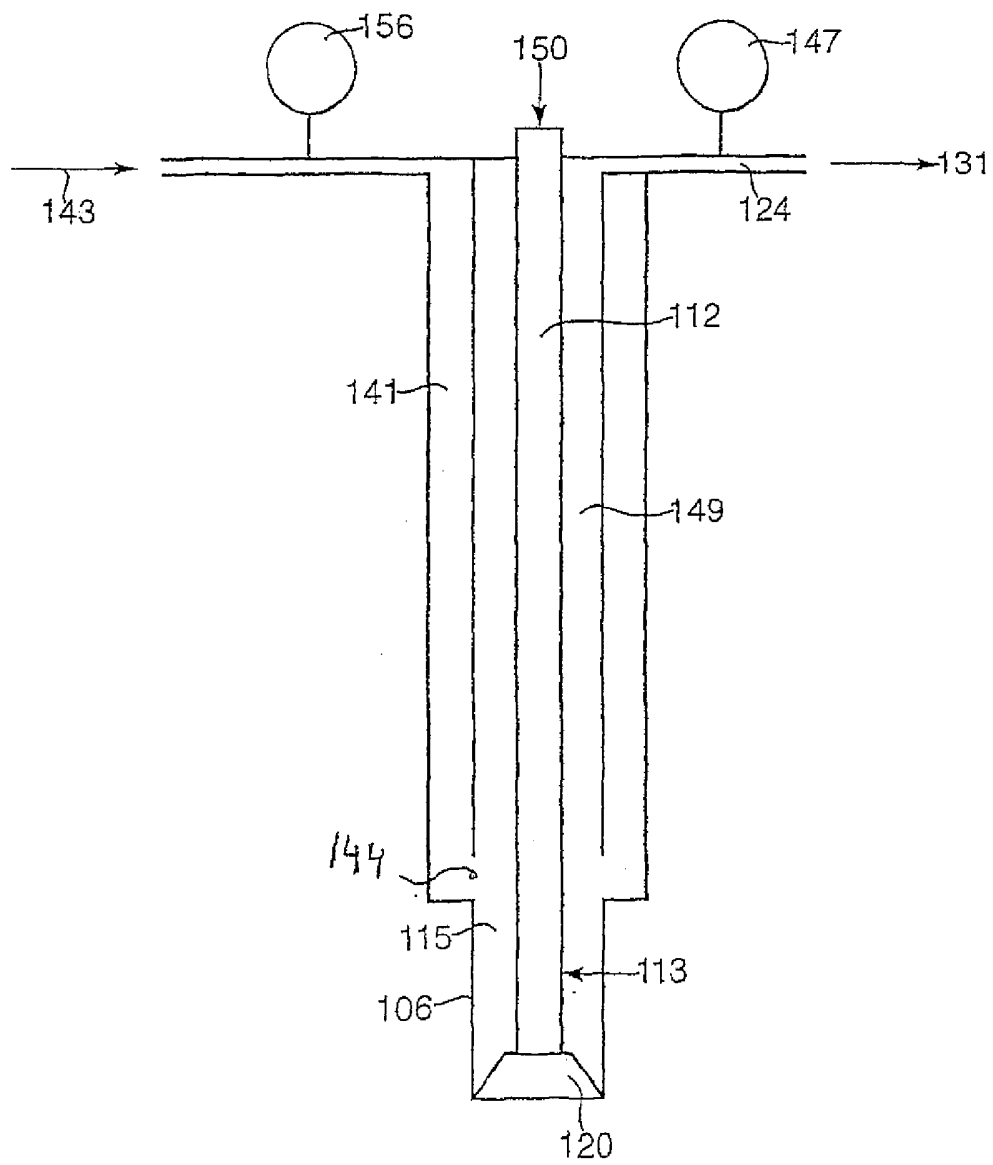
FIG.2

FIG.3

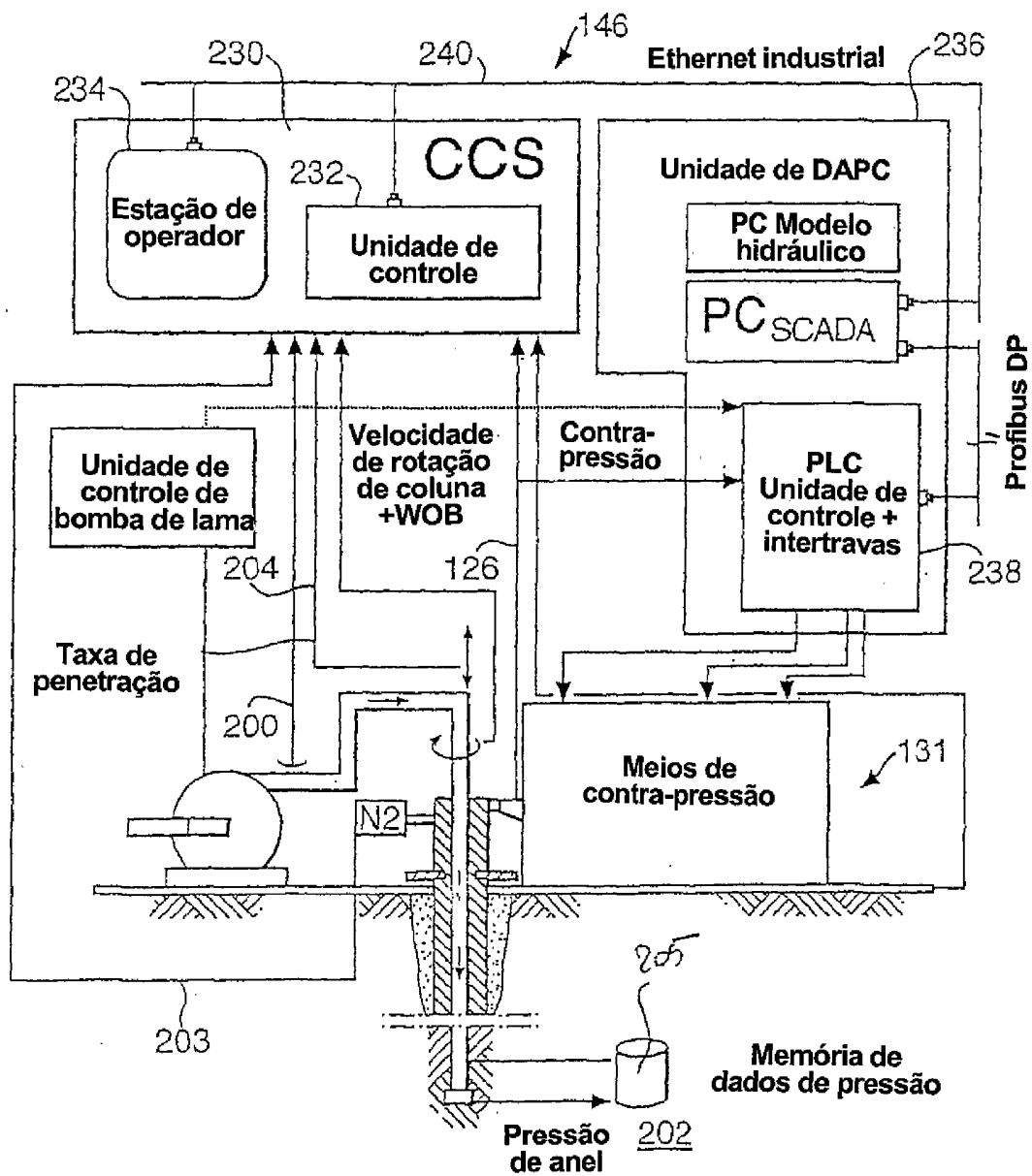
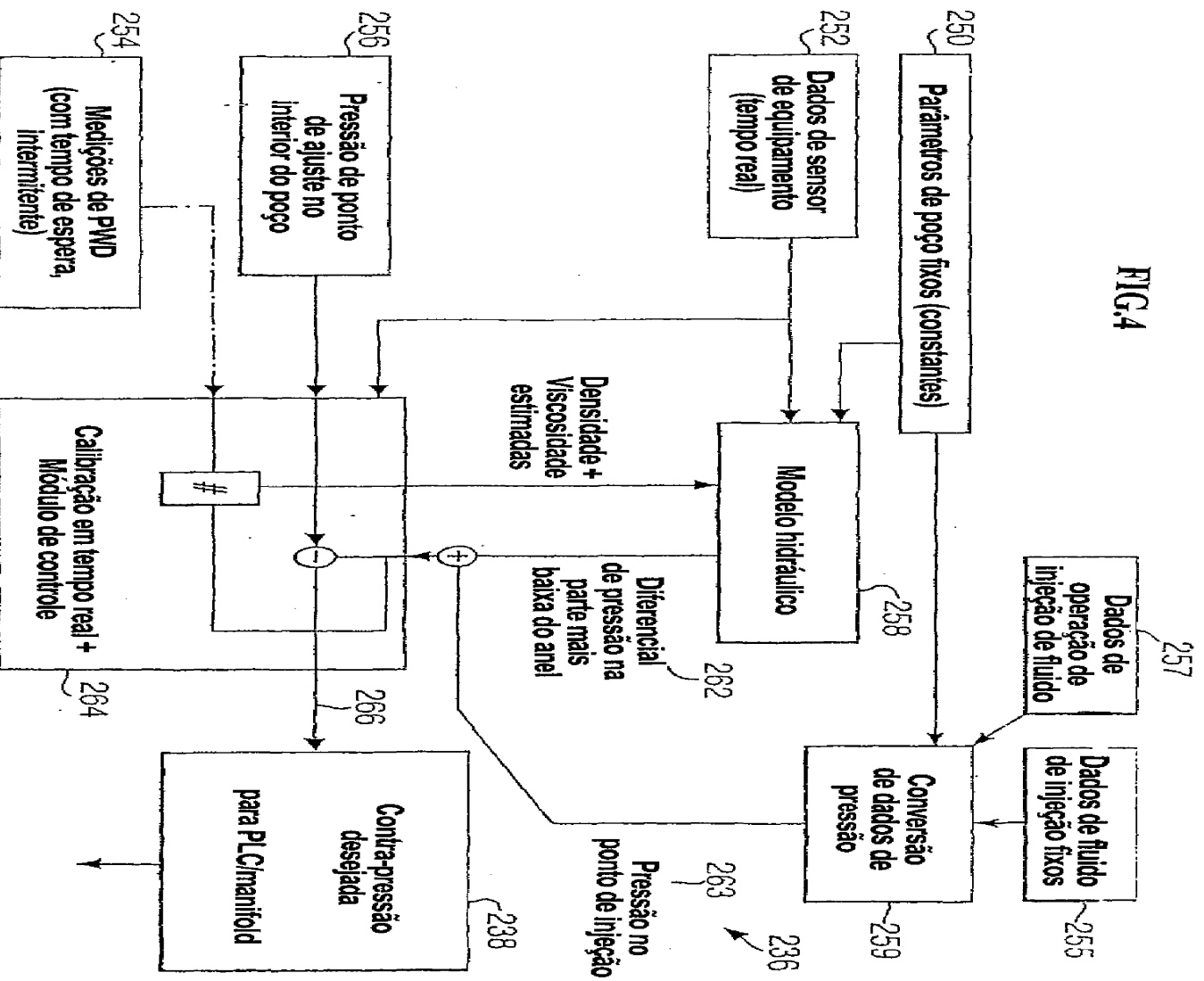


FIG.4



100-4



100



RESUMO

“SISTEMA DE PERFURAÇÃO E MÉTODO PARA PERFURAR UM FURO DE SONDAGEM EM UMA FORMAÇÃO GEOLÓGICA”

Sistema (100) para perfurar um furo de sondagem em uma formação geológica, compreendendo: uma coluna de perfuração (112) se estendendo pelo furo de sondagem deixando uma passagem de retorno de fluido de perfuração entre a coluna de perfuração (112) e a parede interna do furo de sondagem;- um conduto de descarga de fluido de perfuração (124) em comunicação fluida com a passagem de retorno (115);- meios de bomba (138) para bombear um fluido de perfuração através da coluna de perfuração (112) para o conduto de descarga via a passagem de retorno;- meios de contrapressão (123, 128, 130) para controlar a contrapressão de fluido de perfuração;- meios de injeção de fluido (141, 143) compreendendo passagem de suprimento (141) conectando fluidamente um suprimento de fluido de injeção (143) com a passagem de retorno e compreendendo adicionalmente um sensor de pressão de fluido de injeção (156) (156) arranjado para medir pressão de fluido de injeção na mencionada passagem de suprimento; -meios de controle de contrapressão (238) para controlar os meios de contrapressão (123,128, 130) por meio do que os mencionados meios de controle são arranjados para regular a contrapressão.