



INPI
INSTITUTO
NACIONAL
DA PROPRIEDADE
INDUSTRIAL
Assinado
Digitalmente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0917406-0

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0917406-0

(22) Data do Depósito: 14/08/2009

(43) Data da Publicação Nacional: 01/12/2015

(51) Classificação Internacional: E21B 47/01; G01V 5/14.

(30) Prioridade Unionista: US 12/540,072 de 12/08/2009; US 61/088,990 de 14/08/2008.

(54) Título: MÉTODO PARA DETERMINAR UM PARÂMETRO RELATIVO A UMA FERRAMENTA DE FUNDO DE POÇO E APARELHO PARA USO EM UM FURO DE POÇO.

(73) Titular: BAKER HUGHES INCORPORATED, Sociedade Norte Americana. Endereço: P.o. Box 4740, Houston Tx 77210-4740, ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA(US)

(72) Inventor: STEPHEN A. MORRIS.

(87) Publicação PCT: WO 2010/019879 de 18/02/2010

Prazo de Validade: 10 (dez) anos contados a partir de 19/11/2019, observadas as condições legais

Expedida em: 19/11/2019

Assinado digitalmente por:

Liane Elizabeth Caldeira Lage

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODO PARA DETERMINAR UM PARÂMETRO RELATIVO A UMA FERRAMENTA DE FUNDO DE POÇO E APARELHO PARA USO EM UM FURO DE POÇO"**.

ANTECEDENTES DA DESCRIÇÃO

Campo da Descrição

[001] A presente invenção refere-se em geral a aparelho e método para fornecer imagens relativas ao comportamento da coluna de perfuração durante a perfuração de furos de poços.

Descrição da Técnica Relacionada

[002] Furos de poço (também referenciados como "poços") são perfurados nas formações de sub-superfície da terra para a produção de hidrocarbonetos (óleo e gás). Uma coluna de perfuração que inclui uma montagem de perfuração (também referenciada como uma "montagem de fundo de poço" ou "BHA") que tem uma broca de perfuração no fundo da mesma é usada para perfurar o furo de poço. A coluna de perfuração e, portanto, a montagem de perfuração é girada para perfurar o furo de poço. A montagem de perfuração tipicamente transporta uma variedade de ferramentas de avaliação da formação, geralmente referenciadas como ferramentas de perfilagem durante a perfuração ("LWD") ou de medição durante a perfuração ("MWD") para estimar vários parâmetros da formação que circundam o furo do poço. Algumas destas ferramentas dividem o furo do poço em uma quantidade de setores e apresentam os dados ou imagens relativos a um parâmetro da formação que corresponde a cada setor. Algumas outras ferramentas de fundo de poço (tal como calibradores de diâmetro mecânicos, ferramentas elétricas e ferramentas acústicas) fornecem imagens do interior do furo do poço (ou seja, da parede do furo do poço). Algumas destas ferramentas também gravam o tempo que cada setor leva durante dada revolução. Este tempo é referenciado neste documento

como tempo de residência no setor ("SRT") e os dados relativos ao mesmo como dados de SRT. Os dados de SRT são geralmente usados juntamente com as medições de ferramenta de formação para fornecer imagens do interior do furo do poço. A descrição neste documento fornece um aparelho e métodos que utilizam os dados de SRT e fornecem imagens de parâmetros relativos ao comportamento da montagem de perfuração durante a perfuração do furo do poço e o uso de tais imagens para melhorar a perfuração do furo do poço.

SUMÁRIO DA DESCRIÇÃO

[003] Em um aspecto, a presente descrição fornece um método para fornecer uma imagem relativa a uma montagem de fundo de poço durante a perfuração de um furo de poço. O método inclui perfurar o furo do poço através da rotação de uma coluna de perfuração que transporta a montagem de fundo de poço em uma de suas extremidades; dividir uma circunferência interna do furo do poço em uma pluralidade de setores; determinar um tempo pelo qual um sensor transportado pela coluna de perfuração transpõe cada setor durante cada revolução da montagem de fundo de poço no furo do poço ("tempo de residência no setor"); e fornecer a imagem dos tempos de residência no setor relativa à montagem de fundo de poço para uma profundidade de furo de poço selecionada.

[004] A imagem pode corresponder a um mapa da rotação da montagem de fundo de poço em uma orientação azimutal e pode ser uma de: um registro de números em uma unidade adequada; um registro de tempos de residência no setor sobre a profundidade; e um registro dos tempos de residência no setor sobre a profundidade mostrando cores que correspondem às durações dos tempos de residência no setor. O método pode estimar a partir da imagem uma presença de pelo menos um de: uma rotação suave; uma rotação de ferrovia; um movimento angular rápido-lento que não se altera com a profundidade;

uma rotação irregular; e uma rotação irregular com precessão. Um parâmetro de rotação da coluna de perfuração tal como entrave de deslizamento, turbilhonamento, e vibração também pode ser estimado a partir da imagem fornecida. Em um aspecto, a imagem não inclui uma referência de orientação de montagem de fundo de poço.

[005] Em um aspecto, o tempo de residência no setor para um setor particular é determinado pelo empilhamento dos tempos de residência no setor para o setor particular medido durante uma pluralidade de revoluções da montagem de fundo de poço. O método pode estimar a velocidade angular dos setores a partir dos tempos de residência no setor e da velocidade rotacional da montagem de fundo de poço. O método adicionalmente compreende alterar um parâmetro de perfuração para perfuração contínua do furo de poço baseado pelo menos em parte na imagem dos tempos de residência no setor. O parâmetro de perfuração pode incluir, por exemplo, carga na broca; velocidade rotacional da coluna de perfuração; e taxa de fluxo de fluido de perfuração através da coluna de perfuração. Em uma modalidade exemplar, o sensor é um de: (i) um sensor de raios gama; e (ii) um sensor nuclear.

[006] Em outro aspecto, a presente descrição fornece um aparelho para fornecer uma imagem relativa a uma montagem de fundo de poço durante a perfuração de um furo de poço. O aparelho inclui uma coluna de perfuração que gira para perfurar o furo de poço; uma montagem de fundo de poço configurada para ser transportada para dentro do furo de poço em uma extremidade da coluna de perfuração; e um processador configurado para: dividir uma circunferência interna do furo do poço em uma pluralidade de setores, determinar um tempo pelo qual um sensor transportado pela coluna de perfuração transpõe cada setor durante cada revolução da montagem de fundo de poço no furo do poço ("tempo de residência no setor"), e fornecer a imagem

dos tempos de residência no setor relacionadas à montagem de fundo de poço para uma profundidade de furo de poço selecionada.

[007] Em um aspecto, a imagem corresponde a um mapa da rotação de montagem de fundo de poço em uma orientação azimutal e pode ser exibida com o uso de um de: um registro de números em uma unidade adequada; um registro de tempos de residência no setor sobre a profundidade; e um registro dos tempos de residência no setor sobre a profundidade mostrando cores que correspondem às durações dos tempos de residência no setor. Em outro aspecto, o processador estima a partir da imagem uma presença de pelo menos um de: uma rotação suave; uma rotação de ferrovia; um movimento angular rápido-lento que não se altera com a profundidade; uma rotação irregular; e uma rotação irregular com precessão. O processador pode estimar adicionalmente um parâmetro de rotação da coluna de perfuração a partir da imagem fornecida que é pelo menos um de: (i) entrave de deslizamento; (ii) turbilhonamento; e (iii) vibração. A imagem pode incluir ou não uma referência de orientação de montagem de fundo de poço.

[008] O processador pode determinar o tempo de residência no setor para um setor particular na pluralidade de setores através do empilhamento de tempos de residência no setor para o setor particular medido durante uma pluralidade de revoluções da montagem de fundo de poço. O processador também pode estimar a velocidade angular dos setores a partir dos tempos de residência no setor e da velocidade rotacional da montagem de fundo de poço. O processador também pode alterar um parâmetro baseado pelo menos em parte na imagem dos tempos de residência no setor para perfuração contínua do furo de poço. O parâmetro de perfuração pode incluir um de: (i) carga na broca; (ii) velocidade rotacional da coluna de perfuração; e (iii) taxa de fluxo de fluido de perfuração através da coluna de perfuração. O sen-

sor pode incluir pelo menos um de: (i) um sensor de raios gama; e (ii) um sensor nuclear.

[009] Em outro aspecto, a presente descrição fornece um meio legível por computador que tem armazenado nele instruções que quando lidas por pelo menos um processador executam o método. O método inclui dividir uma circunferência interna do furo do poço em uma pluralidade de setores; determinar o tempo pelo qual um sensor transportado por uma coluna de perfuração transpõe cada setor durante cada revolução da montagem de fundo de poço no furo do poço ("tempo de residência no setor"); fornecer uma imagem dos tempos de residência no setor relativa à montagem de fundo de poço para uma profundidade de furo de poço selecionada; e gravar a imagem em um meio adequado. Em um aspecto, o meio legível por computador inclui pelo menos um de (i) uma RAM, (ii) uma ROM, (iii) uma EPROM, (iv) uma EAROM, (v) uma memória flash, e (vi) um disco ótico.

[0010] Exemplos de apenas certas características dos métodos e aparelhos de geração de imagens de tempo de residência no setor foram sumarizados em vez de ampliados a fim de que a descrição detalhada dos mesmos a seguir possa ser mais bem entendida e a fim de que as contribuições que as mesmas representam para a técnica possam ser avaliadas. Existem, naturalmente, características adicionais da descrição que serão descritas daqui em diante e que formarão o objeto de quaisquer reivindicações que possam ser feitas.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[0011] Para entendimento detalhado das várias características dos aparelhos e métodos para gerar imagens de SRT, deve ser feita referência à descrição detalhada a seguir, tomada em conjunto com o desenho em anexo no qual os elementos semelhantes são geralmente designados por numerais semelhantes e em que:

[0012] a figura 1 é uma ilustração esquemática de um sistema de

perfuração exemplar que inclui uma montagem de perfuração que transporta uma ferramenta para fornecer imagens de SRT de acordo com uma modalidade da descrição;

[0013] a figura 2 mostra uma matriz de dados que contém tempos sintéticos de residência no setor para cada setor para uma profundidade de furo de poço selecionada;

[0014] a figura 3 mostra um diagrama de bloco de uma ferramenta de fundo de poço para gerar imagens de SRT de acordo com uma modalidade da descrição;

[0015] a figura 4 é uma imagem exemplar de uma propriedade da formação; e

[0016] a figura 5 mostra uma imagem de SRT exemplar que pode ser gerada de acordo com um aspecto da descrição.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[0017] A figura 1 mostra um diagrama esquemático de um sistema de perfuração 100 para perfurar um furo de poço 126 em uma formação da terra 160 e para estimar as propriedades ou características de interesse da formação 160 durante a perfuração do furo de poço. O sistema de perfuração 100 inclui uma coluna de perfuração 120 que compreende uma montagem de perfuração ou BHA 190 anexada a uma extremidade de fundo de uma tubulação de perfuração (tubo de perfuração) 122. É mostrado que o sistema de perfuração 100 inclui uma torre de perfuração convencional 111 erigida em um terreno 112 que suporta uma mesa rotativa 114, que é girada através de um motor principal, tal como um motor elétrico (não mostrado) para girar a tubulação de perfuração 122 a uma velocidade rotacional desejada. A tubulação de perfuração 122 inclui tipicamente seções de tubos metálicos ligados e se estende para baixo a partir de uma mesa rotativa 114 para dentro do furo de poço 126. Uma broca de perfuração 150, presa na extremidade do fundo da BHA 190, desintegra as formações geoló-

gicas quando a broca de perfuração é girada. A coluna de perfuração 120 é acoplada a um guincho de perfuração 130 através de uma junta do Kelly 121, cabeça injetora 128 e linha 129 através de uma polia 123. Durante a perfuração do furo de poço 126, o guincho de perfuração 130 controla a carga na broca ("WOB"), que afeta a taxa de penetração ("ROP") da broca de perfuração para dentro da formação 160.

[0018] Para perfurar o furo de poço 126 um fluido ou lama de perfuração adequado 131 a partir de uma fonte ou de um poço de lama 132, é fornecido sob pressão para a coluna de perfuração 120 por uma bomba de lama 134. O fluido de perfuração 131 passa da bomba de lama 134 para dentro da tubulação de perfuração 122 através de uma linha de fluido 138. O fluido de perfuração 131 descarrega no fundo do furo do poço 151 através de aberturas adequadas no fundo da broca de perfuração 150. O fluido de perfuração 131 retorna para a superfície através da coluna anular (espaço anular) 127 entre a coluna de perfuração 120 e o furo do poço 126 e em seguida para o poço de lama 132 através de uma linha de retorno 135. Um sensor S1 na linha 138 fornece medições relativas à taxa de fluxo do fluido 131. Um sensor de torque de superfície S2 e um sensor S3 associados com a coluna de perfuração 120 respectivamente fornecem informação sobre o torque e a velocidade rotacional da coluna de perfuração. Adicionalmente, um ou mais sensores (coletivamente referenciados como S4) associados com a linha 129 podem ser utilizados para fornecer a carga no gancho da coluna de perfuração 120 e informação sobre outros parâmetros relacionados à perfuração do furo do poço 126.

[0019] Em certas aplicações, a broca de perfuração 150 é girada apenas através da rotação do tubo de perfuração 122. Entretanto, em outras aplicações, um motor de perfuração 155 (também referenciado como "motor de lama") disposto na montagem de perfuração 190 pode ser usado para girar a broca de perfuração 150 e/ou para sobrepor ou

suplementar a velocidade rotacional da coluna de perfuração.

[0020] O sistema de perfuração 100 pode adicionalmente incluir uma unidade de controle de superfície 140 configurada para fornecer informação relativa a operações de perfuração e para controlar certas operações de perfuração desejadas. Em um aspecto, a unidade de controle de superfície 140 pode ser um sistema baseado em computador que inclui um ou mais processadores (tais como microprocessadores) 140a, um ou mais dispositivos de armazenamento de dados 140b (tal como uma memória de estado sólido, discos rígidos, controladores de fita, etc.), unidades de exibição e outros conjuntos de circuitos de interface 140c. Programas e modelos de computador 140d para uso por processadores 140a podem ser armazenados em dispositivos de armazenamento de dados 140b ou qualquer outro dispositivo de armazenamento de dados adequado. A unidade de controle de superfície 140 também pode interagir com uma ou mais unidades de controle remotas 142 através de qualquer enlace de comunicação de dados adequado 141, tal como a Ethernet e a Internet. Em um aspecto, sinais dos sensores e dispositivos de fundo de poço (descritos posteriormente) são recebidos pela unidade de controle 140 através de um ou mais sensores, tais como sensores 143 ou através de enlaces diretos, tais como condutores elétricos, enlaces de fibra ótica, enlaces sem-fio, etc. A unidade de controle de superfície 140 processa os dados e sinais recebidos de acordo com programas e modelos 140d e fornece informação sobre parâmetros de perfuração (tais como WOB, RPM, taxa de fluxo fluido, carga no gancho, etc.) e parâmetros de formação (tais como resistividade, propriedades acústicas, porosidade, permeabilidade, etc.). A unidade de controle de superfície 140 grava estas e outras informações de interesse em dispositivos de armazenamento de dados adequados e exibe informação relativa a certos parâmetros de perfuração desejados a qualquer outra informação selecionada em um visor

144, informação esta que pode ser utilizada pela unidade de controle 140 e/ou um operador de perfuração na superfície para controlar um ou mais aspectos do sistema de perfuração 100, que inclui perfurar o furo do poço ao longo de um perfil desejado (também referenciado como "geodirecionamento").

[0021] Ainda com referência à figura 1, o BHA 190, em um aspecto, pode incluir um dispositivo de aplicação de força 157 que pode conter uma pluralidade de membros de aplicação de força controlados independentemente 158, cada um dos quais pode ser configurado para aplicar uma quantidade desejada de força na parede do furo do poço para alterar a direção da perfuração e/ou para manter a perfuração do furo do poço 126 ao longo de um trajeto desejado. Um sensor 159 associado com cada membro de aplicação de força 158 fornece sinais relativos à força aplicada por seu membro associado. A montagem de perfuração 190 também pode incluir uma variedade de sensores (coletivamente designados neste documento pelo numeral 162) localizados em localizações selecionadas na montagem de perfuração que fornecem informações sobre os vários parâmetros de operação da montagem de perfuração, que incluem, mas não estão restritos a: momento fletor, tensão, vibração, entrave de deslizamento, inclinação e azimuth. Acelerômetros, magnetômetros e dispositivos giroscópicos (referenciados coletivamente como sensores de posição e designados pelo numeral 174) são utilizados para estimar inclinação, azimuth e posição de face da ferramenta da montagem de perfuração 190. Em um aspecto, um controlador 170 transportado pela montagem de perfuração processa os sinais a partir dos vários sensores 162 e calcula os valores no local dos parâmetros de operação da montagem de perfuração com o uso de programas e modelos fornecidos para unidade de controle de fundo de poço 170. Em outro aspecto, os sinais do sensor podem ser parcialmente processados no fundo do poço pela unidade de

controle de fundo de poço 170 e em seguida enviados para o controlador de superfície 140 para processamento adicional.

[0022] Ainda com referência à figura 1, o BHA 190 pode incluir adicionalmente qualquer quantidade de dispositivos ou ferramentas MWD desejados (referenciados coletivamente pelo numeral 164) para estimar ou determinar várias propriedades da formação 160. Tais ferramentas podem incluir ferramentas de resistividade, ferramentas acústicas, ferramentas de ressonância magnética nuclear (RMN), ferramentas de raios gama, ferramentas de perfilagem nuclear, ferramentas de testes de formação e outras ferramentas desejadas. Cada uma destas ferramentas pode processar sinais e dados, de acordo com instruções programadas, e fornecer informação sobre certas propriedades de interesse da formação. O BHA 190 inclui adicionalmente uma unidade de telemetria 172 que estabelece uma comunicação de dados de dois sentidos entre os dispositivos no BHA e um dispositivo de superfície, tal como a unidade de controle de superfície 140. Qualquer sistema de telemetria adequado pode ser usado para o propósito desta descrição, incluindo, mas não limitado a, telemetria do pulso de lama, telemetria acústica, telemetria eletromagnética, e telemetria por tubo cabeado. A telemetria por tubo cabeado pode incluir: (i) um tubo de perfuração que pode ser feito de seções de tubo (tubulações ligadas) nas quais condutores elétricos ou cabos de fibra ótica são corridos junto com seções de tubo de perfuração individuais e em que a comunicação entre as seções de tubo é estabelecida através de qualquer método adequado, que inclui, mas não está limitado a, acoplamentos mecânicos, acoplamentos eletromagnéticos, acoplamentos de fibra ótica, acoplamentos acústicos, ou comunicações sem-fio através das juntas de tubo ou seções de tubo; ou (ii) uma tubulação espiralada na qual fios elétricos ou fibras óticas são corridos ao longo do comprimento da tubulação. Embora o sistema de perfuração 100 descrito até

agora seja um sistema baseado em terra, o aparelho e métodos descritos neste documento são igualmente aplicáveis a sistemas de perfuração marítimos.

[0023] Ainda com referência a figura 1, o BHA 190, em um aspecto, inclui uma ferramenta MWD 180 para fornecer dados de SRT ou imagens do BHA 190 durante a perfuração de um furo de poço. Em um aspecto, a ferramenta 180 pode incluir um ou mais sensores que fornecem informação sobre a velocidade angular do BHA e determinar a partir daí o tempo de residência no setor para cada setor relativo a um ponto de referência selecionado no BHA 190, tal como o lado alto do BHA 190, que pode ser determinado a partir dos sensores 174. Os dados de SRT podem ser fornecidos em uma forma analógica ou digital correlacionada com a profundidade do poço. O termo "profundidade" como usado neste documento significa a localização de um ponto no furo do poço relativa a um ponto de referência, tal como a superfície ou outro ponto na coluna de perfuração. A operação da ferramenta 180 e a geração de dados de SRT e imagens de SRT são descritos em mais detalhes com referência às figuras 2 a 5.

[0024] A figura 2 representa uma matriz ou um registro de dados de SRT 200 que é mostrado contendo dados digitais de SRT que correspondem a "m" setores (direção horizontal) e "n" pontos de profundidade (direção vertical). Na figura 2, um valor "tij" representa os dados de SRT para o ponto de profundidade "i" e setor "j". Por exemplo, o dado designado como t₂₃ é o tempo de residência no setor para a profundidade do ponto 2 e setor 3. A criação da matriz 200 e o seu uso para gerar imagens de SRT é descrita posteriormente com referência às figuras 3 a 5.

[0025] A figura 3 é um diagrama de blocos funcionais que mostra certas características da ferramenta 180. A figura 3 também mostra uma ferramenta de imagem 185 e o dispositivo de direcionamento 157

que tem uma pluralidade de membros de aplicação de força 158 para direcionar a broca de perfuração 150 ao longo de qualquer direção desejada. O dispositivo de imagem 185 pode ser qualquer ferramenta de medição durante a perfuração (MWD) (também referenciada como ferramenta de registro durante a perfuração (LWD)), que inclui, mas não está limitada a, uma ferramenta de imageamento nuclear e uma ferramenta elétrica, e uma ferramenta acústica. O braço 302 pode estender a ferramenta MWD 304 a partir da ferramenta de imagem 185. O controlador de fundo de poço 170 e/ou o controlador de superfície 140 podem processar os sinais ou dados fornecidos pela ferramenta 185.

[0026] A ferramenta 185 pode adicionalmente incluir um sensor 303 que fornece sinais relacionados à velocidade angular da rotação da ferramenta 185. O controlador 170 também recebe informação sobre a quantidade de setores nos quais o azimuth da ferramenta pode ser dividido, tal como 8, 16, 32, 120 setores ou outra quantidade adequada de setores. O controlador 170 também recebe informação sobre o ponto de referência, tal como o lado alto da ferramenta 185. O controlador 170 gera a partir daí os dados de tempo de residência no setor para cada setor. Em um aspecto, o tempo de residência no setor para cada setor que corresponde a uma dada profundidade pode ser um tempo acumulado ou médio gravado sobre diversas rotações da BHA. Como exemplo, assume-se que a taxa de penetração da broca de perfuração seja de 100 metros por hora, o RPM da ferramenta seja 100, e cada ponto de profundidade corresponda a 5 centímetros. Neste exemplo, a ferramenta irá penetrar a terra a uma taxa de aproximadamente 2,778 centímetros por segundo e a quantidade de revoluções será de 1,667 por segundo. Portanto, para cada ponto de profundidade o tempo do segmento pode ser acumulado ou ter a média calculada sobre $(5/2,778) \times 1,6667 = 3,000$ revoluções. Os dados de SRT podem ser armazenados em um dispositivo de armazenamento de dados

adequado na forma mostrada na figura 2. Em um aspecto, os dados de SRT podem ser processados no fundo do poço pela ferramenta 180 ou enviados para a superfície para processamento pelo controlador de superfície 140 ou uma combinação destes como descrito acima.

[0027] A ferramenta 180, em um aspecto, pode incluir uma unidade de processamento que inclui um processador 310, que pode ser um microprocessador, um dispositivo de armazenamento de dados 312, tal como uma memória de estado sólido, um ou mais programas e modelos de computador 314 que são armazenados no dispositivo de armazenamento de dados 312 e acessíveis ao processador 310 para realizar as funções rdescritas neste documento. A ferramenta 180 também pode incluir qualquer outro conjunto de circuitos 316 desejados para uso na geração de tempos de residência no setor e imagens correspondentes a partir daí.

[0028] Em operação, a ferramenta 185 pode gerar uma imagem adequada do furo do poço, tal como uma imagem 400 mostrada na figura 4. A posição da ferramenta 185 no furo do poço, incluindo a face da ferramenta, pode ser obtida a partir da ferramenta 174 durante a perfuração do furo do poço. Os dados de profundidade podem ser enviados a partir da superfície por qualquer método de telemetria adequado. O processador 310 com a utilização dos dados de profundidade e dos dados de SRT pode gerar uma imagem de SRT, tal como a imagem 500 mostrada na figura 5. Em um aspecto, o processador 310 pode armazenar os dados de SRT no dispositivo de armazenamento de dados de fundo de poço 312 e/ou enviar tais dados para a superfície através da unidade de telemetria 172. Alternativamente, os dados de SRT podem ser transmitidos para a superfície, em que o controlador 140 processa tais dados para gerar a imagem de SRT 500. Em outro aspecto, os dados de SRT podem ser parcialmente processados no fundo do poço pelo processador 310 e parcialmente pelo controla-

dor de superfície 140 para gerar as imagens de SRT.

[0029] Uma imagem de SRT exemplar 500 que corresponde à imagem do furo do poço 400 é mostrada na figura 5. A imagem do furo do poço 400 mostra uma seção de parede do furo do poço regular ou relativamente plana na localização 410 e uma seção de parede substancialmente irregular na localização 420. A imagem 500 mostra um comportamento errático da ferramenta na seção 520 e um comportamento relativamente suave na seção 510. O comportamento errático pode ser devido a um fenômeno físico, tal como um entrave de deslizamento ou oscilação da BHA 190. Em um aspecto, a imagem pode ser escalada de modo que velocidades angulares baixas sejam coloridas claras enquanto as velocidades angulares altas sejam coloridas escuras (ou vice-versa). Alternativamente, podem ser usadas cores diferentes para distinguir tempos de residência no setor e/ou velocidades angulares. Deste modo, a imagem resultante 500 é uma imagem contínua da rotação da BHA 190 versus a profundidade gerada durante a perfuração do furo do poço. A velocidade angular da coluna de perfuração ou da BHA 190 em seu azimute não dimensional dentro do furo do poço. Além disso, diversos padrões de imagens podem ser observados, que incluem, mas não são limitados a, rotação suave, rotação de ferrovia com movimento angular rápido-lento que não se altera/prensa com a profundidade, rotação irregular e rotação irregular com possível precessão. Portanto, os registros de imagem de SRT podem fornecer uma ou mais observações no local do comportamento da BHA, que podem ser utilizadas automaticamente ou por um operador do lado do equipamento para alterar um ou mais parâmetros de perfuração para aumentar a eficiência da perfuração e aumentar a vida útil da BHA.

[0030] Portanto, em um aspecto, o controlador 170 e/ou controlador 140 ou um operador de equipamento na superfície pode tomar

uma ou mais ações baseadas pelo menos em parte na imagem de SRT 500 para reduzir um impacto prejudicial nas operações de perfuração. Em um aspecto, a ação pode incluir alterar um parâmetro de perfuração, que inclui, mas não está limitada a, alterar o WOB, a taxa de fluxo de fluido para dentro da coluna de perfuração e a RPM do motor de lama e/ou de coluna de perfuração. Em outro aspecto, o controlador 170 pode alterar a força aplicada por um ou mais membros de aplicação de força 158 para controlar a direção da perfuração ("geodirecionamento"). Alterar um ou mais de tais parâmetros pode melhorar a taxa de penetração e/ou aumentar a vida útil da BHA 190 e/ou da broca de perfuração 150.

[0031] Em vista do acima exposto, um método para gerar informação relacionada a um parâmetro de uma ferramenta de fundo de poço durante a perfuração do furo do poço pode incluir: perfurar o furo do poço pela rotação de uma coluna de perfuração que transporta a montagem de fundo de poço em uma extremidade da mesma; dividir o azimuth da ferramenta ou interior do furo do poço em uma pluralidade de setores; determinar um tempo de residência no setor (o tempo pelo qual um sensor transportado pela coluna de perfuração transpõe cada setor) para setores individuais que correspondem a uma pluralidade de pontos de profundidade; e gerar uma imagem relacionada ao parâmetro com o uso dos tempos de residência no setor.

[0032] O tempo de residência no setor para um setor particular pode ser obtido através do acúmulo ou cálculo da média do tempo de residência no setor por mais do que uma revolução da montagem de fundo de poço. A imagem do tempo de residência no setor pode ser exibida em qualquer forma adequada, que inclui um registro de valores numéricos para uma profundidade de furo de poço selecionada, ou uma representação de imagem visual (em escala de cinza ou colorida). As cores podem ser escaladas de uma cor clara ou brilhante para

uma velocidade angular baixa para uma cor escura para uma velocidade angular alta ou vice-versa. Alternativamente, podem ser utilizadas cores diferentes para expressar visualmente diferentes características do comportamento da coluna de perfuração ou da BHA 190. A descrição neste documento é fornecida em referência a uma BHA. A descrição, entretanto, se aplica igualmente a qualquer ferramenta de fundo de poço, incluindo a BHA.

[0033] O método pode adicionalmente fornecer uma imagem da formação que circunda o furo do poço com o uso de: um sensor gama, um sensor elétrico, um sensor de resistividade, um sensor acústico ou um sensor de densidade. A imagem ou os dados de tempo de residência no setor podem ser utilizados para estimar qualquer quantidade de parâmetros relacionados à ferramenta de fundo de poço. Em um aspecto, o parâmetro pode incluir um ou mais de: (i) entrave de deslizamento; (ii) turbilhonamento; e (iii) vibração. Em outro aspecto, o método fornece a estimativa a partir da imagem de SRT da presença de pelo menos um de: rotação suave; rotação de ferrovia com; movimento angular rápido-lento que não se altera com a profundidade, rotação irregular e rotação irregular com precessão.

[0034] Em outro aspecto, o método fornece a estimativa a partir dos dados de tempo de SRT de uma ou mais anomalias ou características de comportamento da BHA 190 ou outra ferramenta transportada pela BHA 190. Em outro aspecto, o método pode incluir alterar um parâmetro de interesse (um parâmetro ou característica) baseado pelo menos em parte no comportamento estimado da BHA 190 ou uma ferramenta transportada pela BHA 190. O parâmetro de interesse pode ser um parâmetro de perfuração, que inclui, mas não está limitado a carga na broca, carga no gancho, velocidade rotacional da coluna de perfuração, velocidade rotacional do motor de lama, taxa de fluxo de fluido de perfuração através da coluna de perfuração e/ou direção de

perfuração. A direção de perfuração pode ser alterada através da alteração da força aplicada na parede do furo do poço por um ou mais dos membros de aplicação de força. Em um aspecto, a imagem de residência no setor pode não incluir uma referência de orientação da ferramenta de fundo de poço.

[0035] Em outro aspecto, um aparelho feito de acordo com a descrição pode incluir uma ferramenta de fundo de poço que inclui um sensor que fornece informação sobre tempo de residência para uma quantidade de setores de uma ferramenta durante a perfuração de um furo de poço e um processador que cria uma imagem dos tempos de residência no setor. A imagem do tempo de residência no setor fornece informação sobre o comportamento da ferramenta no furo do poço durante a perfuração, que inclui entrave de deslizamento e turbilhonamento. Um processador associado ao aparelho pode alterar um parâmetro, que inclui carga na broca, taxa de fluxo de fluido para dentro do furo do poço, velocidade rotacional de um motor de fundo de poço e/ou coluna de perfuração, carga no gancho e/ou direção de perfuração. A ferramenta pode incluir uma unidade de telemetria que é configurada para fornecer comunicação em dois sentidos com a superfície.

[0036] Em outro aspecto, um meio legível por computador, de acordo com a descrição, pode ter armazenado nele instruções que quando lidas por pelo menos um processador executam um método para dividir uma circunferência interna de um furo de poço em uma pluralidade de setores, determinar um tempo de residência no setor para uma quantidade de setores de uma ferramenta durante a perfuração do furo de poço, fornecer uma imagem dos tempos de residência relativos à montagem de fundo de poço para uma profundidade do furo do poço selecionada, e gravar a imagem em um meio adequado. O meio legível por computador pode incluir uma RAM, uma ROM, uma EPROM, uma EAROM, uma memória flash, e um disco ótico.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para determinar um parâmetro relativo a uma ferramenta de fundo de poço durante a perfuração de um furo de poço, caracterizado por compreender:

definir uma pluralidade de setores relativos à ferramenta de fundo de poço;

estimar o tempo que um sensor leva para transpor um setor na pluralidade de setores durante a rotação da ferramenta de fundo de poço no furo do poço ("tempo de residência no setor"),

fornecer uma imagem dos tempos de residência no setor para a pluralidade de setores; e

determinar o parâmetro da montagem de fundo de poço utilizando a imagem fornecida dos tempos de residência no setor.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que fornecer a imagem compreende adicionalmente exibir a imagem como um de: (i) um registro de números em uma unidade adequada; (ii) um registro de tempos de residência no setor sobre a profundidade; e (iii) um registro de tempos de residência no setor sobre a profundidade mostrando cores que correspondem aos tempos estimados de residência no setor.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o sensor é pelo menos um de: (i) um sensor de raios gama; e (ii) um sensor nuclear.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o parâmetro é pelo menos um de: (i) entrave de deslizamento; (ii) turbilhonamento; e (iii) vibração.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que adicionalmente compreende exibir uma imagem da ferramenta de fundo de poço relacionada ao parâmetro.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado

pelo fato de que adicionalmente compreende alterar um parâmetro de perfuração para perfuração contínua do furo do poço baseado pelo menos em parte nos tempos estimados de residência no setor.

7. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o parâmetro de perfuração é pelo menos um de:

(i) carga na

broca; (ii) velocidade rotacional da coluna de perfuração; (iii) taxa de fluxo de fluido de perfuração através da coluna de perfuração; e (iv) velocidade rotacional da montagem de fundo de poço.

8. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que adicionalmente compreende estimar pelo menos um de: velocidade angular da pluralidade de setores; e velocidade rotacional da montagem de fundo de poço.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que adicionalmente compreende estimar a partir dos tempos de residência no setor pelo menos um de: uma rotação suave; uma rotação de ferrovia; um movimento angular rápido-lento que não se altera com a profundidade; uma rotação irregular; e uma rotação irregular com precessão.

10. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a imagem é independente de referência de orientação de ferramenta de fundo de poço.

11. Aparelho para uso em um furo de poço, caracterizado por compreender:

uma ferramenta de fundo de poço (180) configurada para ser transportada para dentro do furo do poço em uma extremidade de uma coluna de perfuração:

um dispositivo de armazenamento (132) que contém informação sobre uma pluralidade de setores relativa à ferramenta de fundo de poço (180);

um processador (310) configurado para:

estimar o tempo que um sensor leva para transpor um setor na pluralidade de setores durante a rotação da ferramenta de fundo de poço (180) no furo de poço ("tempo de residência no setor"); e

fornecer uma imagem dos tempos de residência no setor para a pluralidade de setores.

12. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o processador (310) é configurado adicionalmente para estimar o tempo de residência no setor para um setor particular na pluralidade de setores pelo empilhamento dos tempos de residência no setor para o setor particular medido durante uma pluralidade de revoluções da ferramenta de fundo de poço (180).

13. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o processador (310) é configurado adicionalmente para fornecer a imagem como um de: (i) um registro de números em uma unidade adequada; (ii) um registro de tempos de residência no setor sobre a profundidade; e (iii) um registro de tempos de residência no setor sobre a profundidade mostrando cores que correspondem às durações dos tempos de residência no setor.

14. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o sensor é pelo menos um de: (i) um sensor de raios gama; e (ii) um sensor nuclear.

15. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o processador (310) é configurado adicionalmente para fornecer informação sobre alterar um parâmetro de perfuração baseado pelo menos em parte nos tempos de residência no setor para perfuração contínua do furo do poço.

16. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que a imagem corresponde a um mapa da rotação da ferramenta de fundo de poço (180) em uma orientação azimutal.

17. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o parâmetro de perfuração é pelo menos um de: (i) carga na broca; (ii) velocidade rotacional da coluna de perfuração; e (iii) taxa de fluxo de fluido de perfuração através da coluna de perfuração.

18. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o processador (310) é configurado adicionalmente para estimar um parâmetro de rotação da coluna de perfuração a partir de uma imagem que é pelo menos um de: (i) entrave de deslizamento; (ii) turbilhonamento; e (iii) vibração.

19. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o processador (310) é configurado adicionalmente para estimar velocidade angular dos setores a partir dos tempos de residência no setor e da velocidade rotacional da ferramenta de fundo de poço (180).

20. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o processador (310) é configurado adicionalmente para estimar a partir da imagem uma presença de pelo menos um de: uma rotação suave; uma rotação de ferrovia; um movimento angular rápido-lento que não se altera com a profundidade; uma rotação irregular; e uma rotação irregular com precessão.

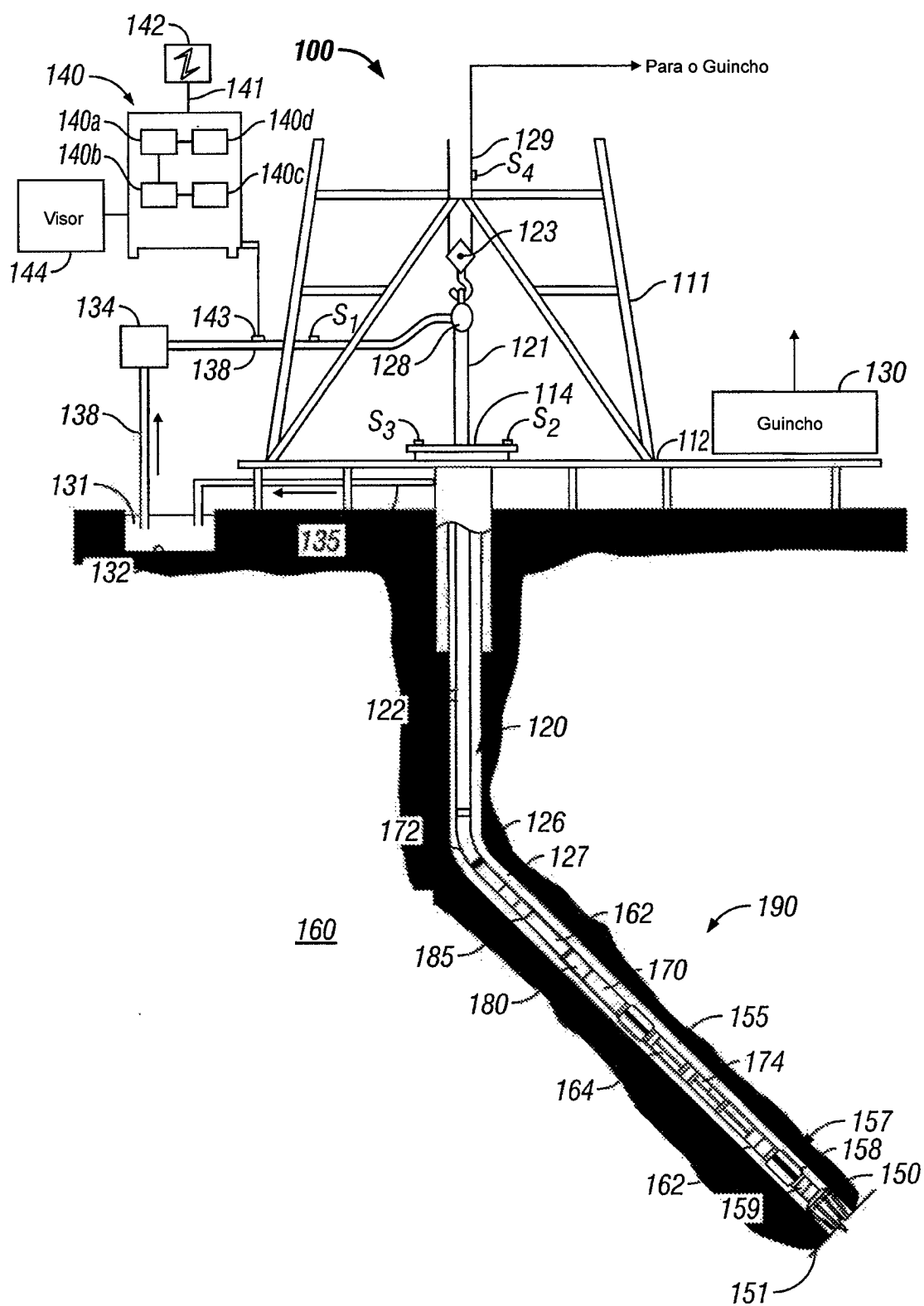


FIG. 1

200

Setores de Registro de
Dados de SRT (Matriz)

	1	2	3	...	m
1	t_{11}	t_{12}	t_{13}	...	t_{1m}
2	t_{21}	t_{22}	t_{23}	...	t_{2m}
3	t_{31}	t_{32}	t_{33}	...	t_{3m}
...			...		
n	t_{n1}	t_{n2}	t_{n3}	...	t_{nm}

Pontos de Profundidade

FIG. 2

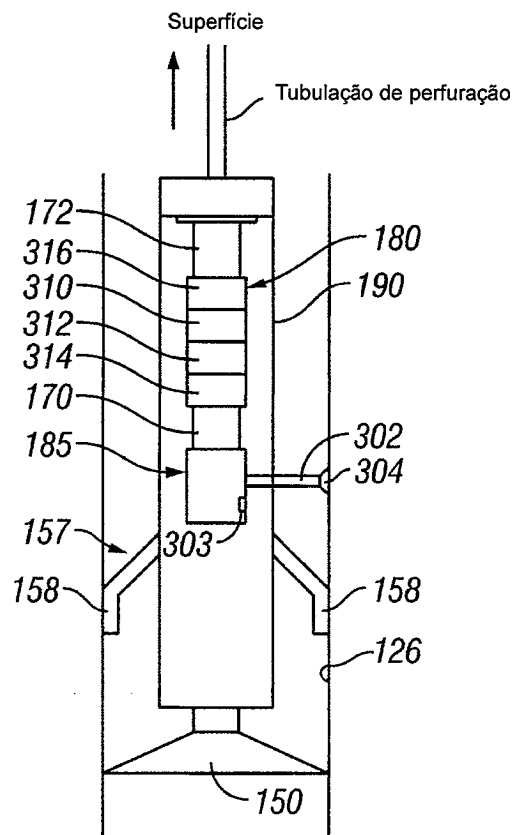


FIG. 3

400

Imagem de FE do Setor 16

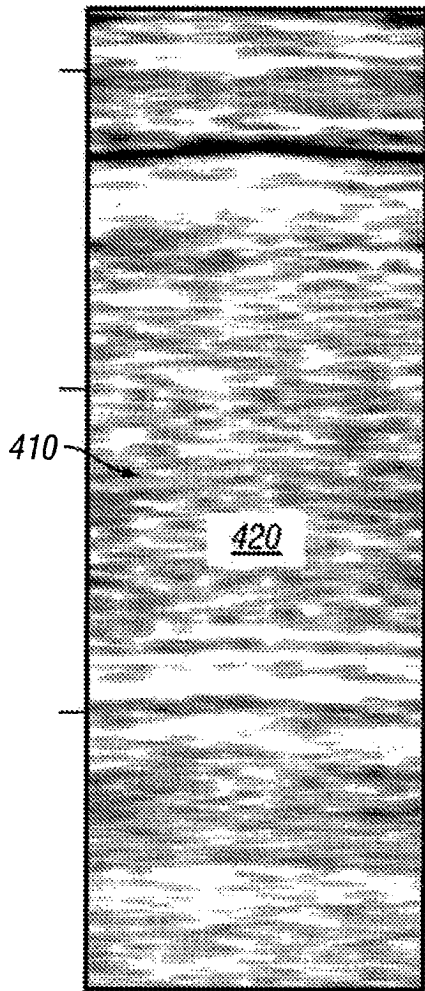


FIG. 4

500

Imagem de SRT do Setor 16

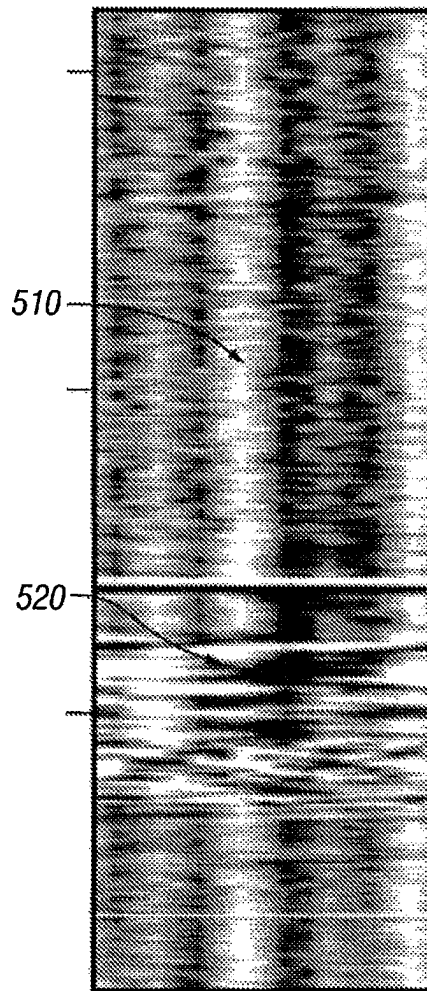


FIG. 5