



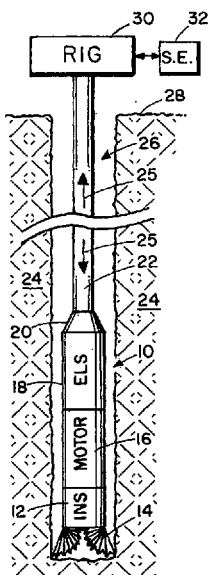
(22) Data de Depósito: 23/08/2006
(43) Data da Publicação: 05/07/2011
(RPI 2113)



(51) Int.Cl.:
E21B 25/16 2006.01

(87) Publicação Internacional: WO 2007/044143 de 19/04/2007

(57) **Resumo:** SISTEMA DE MONTAGEM DE FURO DE POÇO, SISTEMA DE REGISTRO DE FURO DE POÇO, MÉTODO PARA ACOPLAR E MÉTODO PARA REGISTRAR UM FURO DE POÇO. A presente invenção refere-se a aparelhos e métodos para estabelecer comunicação elétrica entre uma subseção de instrumentos disposta abaixo de um motor de lama e uma sonda de componentes eletrônicos disposta acima do motor de lama em um sistema de registro de furo de poço transportado pela coluna de perfuração. A comunicação elétrica é estabelecida via pelo menos um condutor disposto dentro do motor de lama e pela conexão da subseção de instrumentos com uma ligação disposta entre o motor de lama e a sonda de componentes eletrônicos. A ligação pode ser concretizada como uma ligação de acoplamento por corrente, como uma ligação de acoplamento magnético, como uma ligação de telemetria eletromagnética e como um contato elétrico direto. A transferência de dados bidirecional é estabelecida em todas as modalidades de ligação. A transferência de energia também é estabelecida em todas exceto na ligação de telemetria eletromagnética.



Rel. 92-0004768
R-0616963-5

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"SISTEMA DE MONTAGEM DE FURO DE POÇO, SISTEMA DE REGISTRO DE FURO DE POÇO, MÉTODO PARA ACOPLAR E MÉTODO PARA REGISTRAR UM FURO DE POÇO"**.

5 A presente invenção refere-se a medições feitas enquanto perfurando um furo de poço de poço, e mais particularmente com metodologia para transferir dados entre a superfície da terra e sensores ou outra instrumentação disposta abaixo de um motor de lama em uma coluna de perfuração.

10 ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

A geofísica de furo de poço abrange uma ampla faixa de medições paramétricas do furo de poço. Estão incluídas as medições de propriedades químicas e físicas de formações de solo penetradas pelo furo de poço, bem como propriedades do furo de poço e do material no mesmo. As
15 medições também são feitas para determinar o trajeto do furo de poço. Estas medições podem ser feitas durante a perfuração e utilizadas para orientar a operação de perfuração, ou após a perfuração, para uso no planejamento de localizações de poço adicionais.

Os instrumentos ou "ferramentas" de furo de poço compreendem
20 um ou mais sensores que são utilizados para medir "registros" de parâmetros de interesse em função da profundidade dentro do furo de poço. Estas ferramentas e seus sensores correspondentes tipicamente situam-se em duas categorias. A primeira categoria é a de ferramentas de "arame", onde uma ferramenta de "registro" é transportada ao longo de um furo de poço
25 após o furo de poço ter sido perfurado. O transporte é proporcionado por um arame com uma extremidade ligada com a ferramenta e uma segunda extremidade ligada com uma montagem de guincho na superfície da terra. A segunda categoria é a de ferramentas de registro enquanto perfurando (LWD) e de medição enquanto perfurando (MWD), onde a ferramenta de
30 registro é um elemento de uma montagem da parte inferior do furo. A montagem da parte inferior do furo é transportada ao longo do furo de poço por uma coluna de perfuração, e as medições são feitas com a ferramenta en-

quanto o furo de poço está sendo perfurado.

Uma coluna de perfuração tipicamente compreende uma peça tubular que é terminada em uma extremidade inferior por broca, e terminada em uma extremidade superior na superfície da terra por uma "plataforma de perfuração" que compreende guinchos principais e outros aparelhos utilizados para controlar a coluna de perfuração ao avançar o furo de poço. A plataforma de perfuração também compreende bombas que circulam o fluido de perfuração ou a "lama" de perfuração para baixo, através da coluna de perfuração tubular. A lama de perfuração sai através da abertura na broca, e retorna para a superfície da terra via a região anular definida pela parede do furo de poço e pela superfície externa da coluna de perfuração. Um motor de lama freqüentemente é disposto acima da broca. A lama fluindo através de um elemento rotor-estator do motor de lama concede torque para a broca, desse modo girando a broca e avançando o furo de poço. A lama de perfuração circulante executa outras funções que são conhecidas na técnica. Estas funções incluindo proporcionar um dispositivo para remover cortes da broca do furo de poço, controlar a pressão dentro do furo de poço, e resfriar a broca.

Nos sistemas LWD / MWD, tipicamente é vantajoso colocar o um ou mais sensores, os quais são responsivos aos parâmetros de interesse, o mais próximo da broca quanto possível. A estreita proximidade com a broca proporciona medições que representam mais estritamente o ambiente no qual a broca reside. As respostas de sensor são transferidas para uma unidade de telemetria de fundo de poço, a qual tipicamente está disposta dentro de um colar de perfuração. As respostas de sensor são então transmitidas para cima da perfuração e tipicamente para a superfície da terra via vários sistemas de telemetria, tal como sistemas de pulso de lama, eletromagnéticos e acústicos. Inversamente, a informação pode ser transferida a partir da superfície através de uma unidade de telemetria de cima do poço e recebida pela unidade de telemetria de fundo de poço. Esta informação de "enlace descendente" pode ser utilizada para controlar os sensores, ou para controlar a direção na qual o furo de poço está sendo avançado.

Se um motor de lama não for disposto dentro da montagem de fundo de poço da coluna de perfuração, os sensores e outro equipamento de furo de poço tipicamente são "fisicamente conectados" com a unidade de telemetria de fundo de poço utilizando um ou mais condutores elétricos. Se um motor de lama estiver disposto na montagem de fundo de poço, a natureza rotacional do motor de lama apresenta obstáculos à ligação física do sensor, desde que os sensores giram com relação à unidade de telemetria de fundo de poço. Entretanto, várias opções técnicas e operacionais estão disponíveis.

Uma primeira opção é dispor o sensor e os abastecimentos de energia relacionados acima do motor de lama. A maior vantagem é que os sensores não giram e podem ser conectados fisicamente com a unidade de telemetria de fundo de poço sem interferência do motor de lama.

Entretanto, uma desvantagem principal é que os sensores são deslocados a uma distância axial significativa da broca, desse modo produzindo respostas não representativas da posição atual da broca. Isto pode ser especialmente prejudicial em sistemas de geodirecionamento, como discutido posteriormente neste documento.

Uma segunda opção é dispor os sensores imediatamente acima da broca e abaixo do motor de lama. A vantagem principal é que os sensores são dispostos próximos da broca. Uma desvantagem principal é que a comunicação entre a unidade de telemetria de fundo de poço não rotativa e os sensores rotativos e outros equipamentos devem transpor o motor de lama. A questão de energia dos sensores e de outros equipamentos relacionados também deve ser endereçada. Sistemas de telemetria eletromagnéticos de curto alcance, conhecidos como sistemas de "viagem curta" na técnica, são utilizados para transmitir dados através do motor de lama e entre a unidade de telemetria de fundo de poço e um ou mais sensores. Os abastecimentos de energia de sensor devem estar localizados abaixo do motor de lama. Esta metodologia aumenta o custo e a complexidade operacional da montagem de fundo de poço, aumenta o consumo de energia, e pode ser afetada de forma adversa por propriedades eletromagnéticas do furo de poço.

ço e da formação nas vizinhanças da montagem de furo de fundo de poço.

Uma terceira opção é dispor um ou mais sensores abaixo do motor de lama e conectar fisicamente os sensores com a parte de cima do motor de lama utilizando um ou mais condutores dispostos dentro dos elementos rotativos do motor de lama. Uma ligação de transmissão bidirecional preferível é então estabelecida entre a parte de cima do motor de lama e a unidade de telemetria de fundo de poço. A Patente US 5.725.061 descreve vários condutores dispostos dentro de elementos rotativos de um motor de lama, onde os condutores são utilizados para conectar os sensores abaixo do motor de lama com uma unidade de telemetria de fundo de poço acima do motor. Em uma modalidade, a conexão elétrica entre os elementos rotativos e não rotativos é obtida por conectores de contato axialmente alinhados na parte de cima do motor de lama. Este tipo de conector é conhecido na técnica como um "conector molhado" e é utilizado para estabelecer uma ligação de comunicação elétrica com contato direto. Em outra modalidade, uma ligação de comunicação elétrica é obtida utilizando um transformador de divisão que não é de contato alinhado de forma axial. Os elementos rotativos e não rotativos são magneticamente acoplados utilizando esta modalidade, desse modo proporcionando uma ligação de comunicação desejada.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Esta descrição é direcionada para sistemas LWD / MWD nos quais um motor de lama é incorporado dentro de uma montagem de fundo de poço. Mais especificamente, a descrição expõe aparelhos e métodos para estabelecer comunicação elétrica entre os elementos, tal como sensores, dispostos abaixo do motor de lama e uma unidade de telemetria de fundo de poço disposta acima do motor de lama.

A montagem de fundo de poço termina à extremidade inferior de uma coluna de perfuração. A coluna de perfuração pode compreender junções de tubos de perfuração e de perfuração em espiral. A extremidade inferior ou de "fundo de poço" da montagem de fundo de poço é terminada por uma broca. Uma subsseção do instrumento ou "sub" compreendendo um ou mais sensores requerendo um conjunto de circuitos de controle de sensor, e

opcionalmente um processador e uma fonte de energia elétrica, é disposta imediatamente acima da broca. Os elementos da sub de instrumentos de preferência são dispostos dentro da parede da sub de instrumentos de modo a não impedirem o fluxo da lama de perfuração. A extremidade superior da sub de instrumentos está operacionalmente conectada com uma extremidade inferior de um motor de lama. Um ou mais condutores elétricos passam a partir da sub de instrumentos e através do motor de lama, e terminam em uma montagem conectora do motor na parte de cima do motor de lama. O motor de lama está operacionalmente conectado com a sub de elementos eletrônicos compreendendo uma sonda de componentes eletrônicos. Esta conexão é feita por se eletricamente ligar a montagem conectora do motor com uma montagem conectora de telemetria de fundo de poço de preferência disposta dentro de uma sub dos componentes eletrônicos. O elemento de sonda de componentes eletrônicos da sub dos componentes eletrônicos pode adicionalmente compreender a unidade de telemetria de fundo de poço, suprimentos de energia, sensores adicionais, processadores e componentes eletrônicos de controle. Alternativamente, alguns destes elementos podem ser montados na parede da sub dos componentes eletrônicos.

Várias modalidades podem ser utilizadas para obter a ligação de comunicação elétrica desejada entre o conector do motor de lama e a montagem conectora de telemetria de fundo de poço. Como citado anteriormente, esta ligação conecta os sensores e o conjunto de circuitos no pacote de instrumentos com os elementos de cima do poço tipicamente dispostos na superfície da terra.

Em uma modalidade, uma ligação de comunicação é estabelecida entre o conector do motor de lama e as montagens conectoras de telemetria de fundo de poço, utilizando uma ligação transceptora eletromagnética. A extensão axial deste sistema de ligação transceptora é muito menor do que de uma ligação de comunicação entre a sub de instrumentos, e através do motor de lama, com a sub da telemetria, normalmente referida como "viagem curta" na indústria. Esta, por sua vez, conserva energia e é muito menos afetada pelas propriedades eletromagnéticas dos ambientes de furo de

poço. A ligação de comunicação transceptora pode ser incorporada como uma ligação de comunicação de dados bidirecional. A ligação transceptora não é adequada para transmitir energia para baixo até a sub do sensor.

Em outra modalidade, um eixo flexível é utilizado para mecanicamente conectar o elemento rotor do motor de lama com a extremidade inferior da sub dos componentes eletrônicos. O eixo flexível é utilizado para compensar este desalinhamento, com a extremidade superior do eixo flexível sendo recebida ao longo do eixo geométrico principal da sub dos componentes eletrônicos. Dito de outro modo, o eixo flexível compensa, na sub dos componentes eletrônicos, qualquer movimento axial do rotor enquanto girando. O um ou mais fios passando através do interior do rotor são eletricamente conectados com um toróide inferior disposto ao redor e afixado junto ao eixo flexível. O toróide inferior gira com o rotor. Um toróide superior é disposto ao redor do eixo flexível na vizinhança imediata do toróide inferior. Ambos toróides superior e inferior são hermeticamente lacrados, de preferência, dentro de uma sonda de componentes eletrônicos. O toróide superior é fixo com relação à sonda de componentes eletrônicos não rotativa, desse modo permitindo que o eixo flexível gire dentro do toróide superior. Os toróides superior e inferior são acoplados por corrente através do eixo flexível como um condutor central, desse modo estabelecendo a ligação de dados bidirecional desejada e a ligação de transferência de energia entre os sensores abaixo do motor de lama e a unidade de telemetria de fundo de poço acima do motor de lama. O toróide superior está fisicamente conectado com o elemento de telemetria de fundo de poço.

Ainda em outra modalidade, a disposição de eixo flexível discutida acima é novamente utilizada. O toróide superior não rotativo é novamente disposto ao redor do eixo flexível, como discutido anteriormente. Nesta modalidade, o toróide inferior é eletricamente conectado com condutores passando através do rotor e é disposto próximo da parte de baixo do eixo flexível e próximo da parte de cima do motor de lama. O toróide inferior é hermeticamente lacrado dentro do motor de lama. O toróide superior é hermeticamente lacrado dentro da sub dos componentes eletrônicos. A ligação de da-

dos bidirecional e a ligação de transferência de energia são novamente estabelecidas via acoplamento por corrente pela rotação relativa os toróides inferior e superior, com o eixo flexível funcionando como um condutor central.

5 Ainda em outra modalidade, os condutores são eletricamente conectados com anéis axialmente deslocados próximos ou na parte de cima do eixo flexível. Os anéis, os quais giram com o estator e com o eixo flexível, são contatados por dispositivos de contato elétrico não rotativos, tal como escovas. As escovas estão eletricamente conectadas com o elemento de
10 telemetria de fundo de poço dentro da sonda de componentes eletrônicos da sub de telemetria. Outros dispositivos de contato elétrico não rotativo adequados podem ser utilizados, tal como abas elásticas condutivas, mancais condutivos e assim por diante. A ligação de comunicação desejada é desse modo estabelecida entre o motor de lama e a sub dos componentes eletrôni-
15 cos pelo contato elétrico direto. Esta modalidade também permite a transferência de dados bidirecional, e também permite que a energia seja transmitida de cima do motor de lama para os elementos abaixo do motor de furo. A energia também pode ser transmitida para baixo através do motor de lama para a sub de instrumentos.

20 Ainda em outra modalidade, um dipolo magnético inferior e um superior são utilizados para estabelecer uma ligação de acoplamento magnético. O eixo flexível utilizado nas modalidades anteriores não é requerido. Esta ligação não é adequada para a transferência de energia.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

25 De modo que a maneira na qual os aspectos, vantagens e objetivos citados acima da presente invenção sejam obtidos e possam ser entendidos em detalhes, uma descrição mais particular da invenção, resumidamente sumarizada acima, pode ser obtida por referência às modalidades da mesma que são ilustradas nos desenhos anexos.

30 A Figura 1 é uma ilustração conceitual dos elementos principais da invenção dispostos em um furo de poço de poço;

A Figura 2 ilustra em mais detalhes os elementos da montagem

e fundo de poço da invenção;

A Figura 3 é uma ilustração conceitual de uma ligação transceptora eletromagnética entre o motor de lama e a sonda de componentes eletrônicos da montagem de fundo de poço;

5 A Figura 4 ilustra uma modalidade de ligação de dados que é baseada no acoplamento por corrente de sensores abaixo de um motor de lama e uma unidade de telemetria de fundo de poço acima do motor de lama;

10 A Figura 5 ilustra outra modalidade de ligação de dados que é baseada no acoplamento por corrente de sensores abaixo de um motor de lama e uma unidade de telemetria de fundo de poço acima do motor de lama;

A Figura 6 ilustra uma ligação de dados utilizando contatos elétricos diretos ao invés do que acoplamento por corrente;

15 A Figura 7 ilustra uma ligação de dados utilizando acoplamento magnético;

A Figura 8 apresenta um furo de poço perfurado pela montagem de fundo de poço e penetrando em uma formação de sustentação de óleo e limitada por uma formação que não é de sustentação de óleo;

20 A Figura 9 apresenta um registro obtido a partir de sensores de raio gama e inclinômetro dentro da dita montagem de fundo de poço; e

A Figura 10 ilustra um par de poços de drenagem de gravidade assistida por vapor (SAG-D) perfurados utilizando o geodirecionamento e outros aspectos da invenção.

25 DESCRIÇÃO DETALHADA DAS MODALIDADES PREFERIDAS

Esta seção da descrição irá apresentar uma vista geral do sistema, detalhes das modalidades de ligação, e uma ilustração do uso do sistema para determinar um ou mais parâmetros de interesse.

Vista Geral do Sistema

30 A Figura 1 é uma ilustração conceitual dos elementos principais da invenção dispostos em um furo de poço de poço 26 penetrando na formação terrestre 24. Uma montagem de fundo de poço, designada como um

todo pelo número 10, compreende uma subsseção ou "sub" do instrumento 12, um motor de lama 16, e uma sub de componentes eletrônicos 18. A sub de instrumentos 12 é terminada em uma extremidade inferior por uma broca 14 e operacionalmente conectada em uma extremidade superior com uma extremidade inferior de um motor de lama 16. A extremidade superior do motor de lama 16 está operacionalmente conectada com uma extremidade inferior de uma sub de componentes eletrônicos 18. A extremidade superior da sub de componentes eletrônicos 18 está operacionalmente conectada com uma coluna de perfuração 22 por meio de uma cabeça do conector 20. A coluna de perfuração 22 termina em uma extremidade superior em uma plataforma de perfuração rotativa que é conhecida na técnica e indicada de forma conceitual por 30. A plataforma de perfuração 30 coopera com o equipamento de superfície 32 que tipicamente compreende uma unidade de telemetria de cima do poço (não apresentado), dispositivos para determinar a profundidade da broca 14 no furo de poço 26 (não apresentados), e um processador de superfície (não apresentado) para combinar a resposta do sensor a partir de um ou mais sensores na montagem de fundo de poço 10 com a profundidade correspondente para formar um "registro" de um ou mais parâmetros de interesse. Os dados são transferidos entre a sub de componentes eletrônicos 18 e a unidade de telemetria de cima do poço pelos sistemas de telemetria conhecidos na técnica, incluindo sistemas de pulso de lama, acústicos e eletromagnéticos. Esta transferência de dados bidirecional é ilustrada conceitualmente pelas setas 25.

É observado que a coluna de perfuração 22 pode ser substituída por tubulação em espiral, e a plataforma de perfuração substituída por uma unidade injetora / extratora de tubulação em espiral. A telemetria pode incorporar condutores dentro ou dispostos na parede da tubulação em espiral.

A Figura 2 ilustra em maiores detalhes os elementos da montagem de fundo de poço 10. A broca 14 (vide a Figura 1), a qual é recebida pela caixa de instrumentos da broca 36, não é apresentada. Movendo-se para cima através dos elementos da montagem de fundo de poço 10, a sub de instrumentos 12 compreende pelo menos um sensor 40 e um pacote de

componentes eletrônicos 42 para controlar o pelo menos um sensor 40. Uma fonte de energia 38, tal como uma bateria, energiza o pelo menos um sensor 40 e o pacote de componentes eletrônicos nas modalidades nas quais a energia não pode ser fornecida a partir de fontes acima do motor de lama 16.

5 O pacote de componentes eletrônicos 42 tipicamente compreende elementos eletrônicos para controlar o um ou mais sensores 40, e um processador que processa, faz o processamento preliminar, e condiciona os dados de resposta de sensor para telemetria. O pelo menos um sensor 40 e o pacote de componentes eletrônicos 42 estão eletricamente conectados com um

10 terminal inferior 44 de um ou mais condutores 46 que se estendem para cima através da montagem de fundo de poço 10. Estes condutores podem ser filamentos de fio único, pares trançados, cabo multicondutor blindado, cabo coaxial e assim por diante. Alternativamente, os condutores 46 podem ser fibra óptica, com a sub de instrumentos 12 compreendendo elementos adequados (não apresentados) para converter os sinais de resposta de sensor

15 elétrico para os sinais ópticos correspondentes. O um ou mais sensores 40 podem ser essencialmente qualquer tipo de dispositivo de percepção ou de medição utilizado nas medições geofísicas de furo de poço. Estes tipos de sensor incluem, mas não estão limitados, aos detectores de radiação gama, detectores de nêutron, inclinômetros, acelerômetros, sensores acústicos,

20 sensores eletromagnéticos, sensores de pressão, e assim por diante. Um exemplo de um registro gerado por um detector de raio gama e por uma medida da inclinação da montagem de fundo de poço será apresentado em uma seção subsequente desta descrição. Quando possível, os elementos da

25 sub de instrumentos 12 são montados dentro da parede da sub de modo a não impedirem o fluxo da lama de perfuração para baixo através da montagem de fundo de poço 10.

Ainda se referindo à FIGURA 2, a sub de instrumentos 12 está conectada com um eixo de acionamento 48, o qual é suportado dentro da

30 seção de mancal do motor de lama 16, pelos mancais radiais 50 e 54, e por um mancal axial 52. O eixo de acionamento 48 está conectado com um rotor 58 por um eixo flexível do acionador 56, que transmite energia a partir do

rotor 58 para o eixo de acionamento 48. O eixo flexível do acionador 56 é disposto em uma seção curva 57 do motor de lama, desse modo permitindo que a direção da perfuração seja controlada. O rotor 58 é girado dentro de um estator 60 pela ação da lama de perfuração fluindo para baixo. A extremidade superior do rotor 58 termina em um conector do motor de lama 62. Os condutores 46, os quais se estendem a partir do terminal inferior 44 através do eixo de acionamento 48, do eixo flexível do acionador 56 e do rotor 58, terminam em um terminal superior 66 dentro do conector do motor de lama 62. O terminal superior 66, da mesma forma que o terminal inferior 44 e os condutores 46, gira.

Novamente, se referindo à Figura 2, uma sonda de componentes eletrônicos ou inserto 19 é disposta dentro da sub dos componentes eletrônicos 18. A Figura 2 é um conceito e não está em escala. O diâmetro externo da sub dos componentes eletrônicos 19 é suficientemente menor do que o diâmetro interno da sub dos componentes eletrônicos 18 para formar o elemento anular adequado para o fluxo de lama. Este elemento anular é de forma clara apresentado por 21 nas Figuras 3 até 6. O conector do motor de lama 62 acopla de forma rotativa o motor de lama 16 com a sub dos componentes eletrônicos 18 e com a sonda de componentes eletrônicos 19 na mesma, através de um conector de telemetria de fundo de poço 64. A lama flui através, tanto do conector do motor de lama 62, como do conector de telemetria de fundo de poço 64. O conector de telemetria de fundo de poço 64 compreende um terminal de telemetria 70 que está eletricamente conectado com os elementos dentro da sonda de componentes eletrônicos 19. Estes elementos incluem uma unidade de telemetria de fundo de poço 72, opcionalmente uma fonte de energia 74, e opcionalmente um ou mais sensores adicionais 76 dos tipos anteriormente listados para o um ou mais sensores da sub de instrumentos 40. A sub dos componentes eletrônicos 18 e a sonda de componentes eletrônicos 19 estão operacionalmente conectados com a coluna de perfuração 22 através do conector 20, e a transferência de dados bidirecional entre a unidade de telemetria da superfície (não apresentada) e a unidade de telemetria de fundo de poço 72 é ilustrada de forma

conceitual, como na Figura 1, pela seta 25.

Novamente se referindo à Figura 2, uma ligação entre o terminal rotativo 68 e o terminal não rotativo 70 é ilustrado pela linha tracejada 68. A seção seguinte irá detalhar várias modalidades desta ligação, a qual permite
 5 que a resposta dos sensores 40 dispostos no lado do fundo do poço do motor de lama 16 seja transmitida para a superfície da terra deste modo permitindo que os sensores sejam dispostos em proximidade axial estreita com a broca 14.

É observado que algumas modalidades não utilizam um conector do motor de lama 62 e um conector de telemetria de fundo de poço 64, com os terminais correspondentes 66 e 70. Outras modalidades utilizam variações da disposição apresentada na Figura 2. A discussão de cada modalidade de ligação irá incluir detalhes das conexões de ligação.

Modalidades de Ligação

15 No contexto desta descrição, o termo "acoplamento operacional" compreende transferência de dados, transferência de energia, ou ambas transferências de dados e de energia.

Uma ligação transceptora eletromagnética entre o motor de lama 60 e a sonda de componentes eletrônicos 19 é apresentada conceitualmente
 20 na Figura 3. O condutor 46, apresentado aqui como um par de fios trançados, é novamente disposto dentro do rotor 58 e termina no terminal 66 dentro do conector do motor de lama 62. O terminal é fisicamente conectado com um transceptor inferior 80 disposto dentro do conector do motor de lama 62. Como na Figura 2, o conector do motor de lama 62 é ligado de forma
 25 que possa ser girado com o conector de telemetria de fundo de poço 64, o qual está ligado com a extremidade inferior da sub dos componentes eletrônicos 18. O conector de telemetria de fundo de poço 64 contém um transceptor superior 82 conectado fisicamente com o terminal 70. A unidade de telemetria de fundo de poço 72 disposta dentro da sonda de componentes
 30 eletrônicos 19 é conectada fisicamente com o terminal 70. Os dados são transmitidos para e a partir da unidade de telemetria de fundo de poço 72 e a superfície, como indicado conceitualmente pela seta 25. A ligação transcep-

tora, a ligação de dados eletromagnética bidirecional entre os transceptores superior e inferior 82 e 84, respectivamente, é indicada conceitualmente pela linha tracejada 68. Como citado anteriormente, os elementos dentro do conector de telemetria de fundo de poço 64 e do conector do motor de lama 62 são dispostos para permitir que a lama de perfuração flua através dos
 5 mesmos. Deve ser observado que a energia também pode ser transmitida para elementos dentro da sub de instrumentos, ou alternativamente, estes elementos podem ser energizados por uma fonte 38 (vide a Figura 2), tal como uma bateria.

10 A Figura 4 ilustra uma modalidade da ligação de dados que é baseada no acoplamento por corrente de sensores abaixo do motor de lama e da unidade de telemetria de fundo de poço acima do motor de lama. Os elementos e as funções desta modalidade serão discutidos começando na parte de baixo da ilustração. Como na modalidade anterior, os condutores 46
 15 proeminentes a partir da sub de instrumentos 12 são apresentados como um par trançado disposto dentro do rotor 58. Os condutores passam através dos dutos de alimentação 66A e 66B os quais são alguma coisa análogos a estruturas de terminal 66 apresentada nas Figuras 2 e 3. Os condutores 46 terminam em um toróide inferior 92 que envolve e gira com um eixo flexível
 20 90. O toróide inferior é hermeticamente lacrado do fluxo de lama por um dispositivo de vedação tal como uma capa de borracha 99. Como citado anteriormente, o eixo flexível essencialmente compensa o movimento axial do rotor, quando girando, com relação a sub dos componentes eletrônicos.

Ainda se referindo à Figura 4, o eixo flexível se estende 90 para
 25 cima através de uma caixa de pressão 97 através de um elemento de vedação 96, é suportado por um mancal radial 98 que proporciona um caminho condutor para a caixa da sonda de componentes eletrônicos 19. Um toróide superior 94 envolve a extremidade superior do eixo flexível 90. O toróide 94 é estacionário com relação ao eixo flexível rotativo 90. Condutores a partir
 30 do toróide superior 94 passam através dos dutos de alimentação 70A e 70B (os quais são aproximadamente análogos ao terminal 70 nas Figuras 2 e 3) e conectam-se com a unidade de telemetria de fundo de poço 72 disposta na

sonda de componentes eletrônicos 19. Os dados e / ou energia são transmitidos para e a partir da unidade de telemetria de fundo de poço 72 como ilustrado conceitualmente pela seta 25.

Novamente se referindo à Figura 4, os toróides superior e inferior 94 e 92 giram com relação um ao outro desse modo formando um acoplamento de corrente via o eixo flexível 90 funcionando como um condutor central. Deve ser entendido que, dentro do contexto desta descrição, a rotação relativa dos toróides superior e inferior 92 e 94 também compreende o componente de movimento axial discutido anteriormente do toróide inferior com relação ao toróide superior. A extremidade superior do eixo flexível 90 é eletricamente conectada através dos mancais radiais 98 com a caixa do motor de lama 60, o qual é eletricamente conectado com o rotor 58 através dos mancais axiais 52 (vide a Figura 2), os quais eletricamente estão conectados com a extremidade inferior do eixo flexível 90 desse modo completando o circuito de condução. Uma ligação de dados de enlace ascendente é obtida pela aplicação do sinal de corrente de dados, tal como uma resposta de um sensor 40 (vide a Figura 2), para o toróide inferior 92. Um sinal de corrente de dados correspondente é induzido no toróide superior 94, via o circuito de corrente anteriormente descrito, e transmitido para a superfície via a unidade de telemetria de fundo de poço 72. Inversamente, os dados podem ser transmitidos para a sub de instrumentos 12 a partir da superfície. Os dados de "enlace descendente" são transmitidos a partir da unidade de telemetria de superfície contida no equipamento de superfície 32 para a unidade de telemetria de fundo de poço 72, convertidos dentro da sonda de componentes eletrônicos 19 para uma corrente e aplicados para o toróide superior 94. Uma corrente correspondente induzida no toróide inferior 92 que é transportada para a sub de instrumentos via os condutores 46. A ligação acoplada de corrente bidirecional é apresentada conceitualmente pelas linhas tracejadas 68. A ligação de corrente pode também ser utilizada para transferir energia a partir de uma fonte contida na unidade de telemetria de fundo de poço 72 para a sub de instrumentos 12 na Figura 2.

Como mencionado anteriormente, o conector do motor de lama,

o conector de telemetria de fundo de poço, e a estrutura de terminal apresentada na Figura 4, foram modificados na modalidade da ligação. Os elementos axiais dentro da linha tracejada 62A são aproximadamente análogos ao conector do motor de lama e ao terminal associado. Os elementos axiais dentro da linha tracejada 64A são aproximadamente análogos ao conector de telemetria de fundo de poço e ao terminal associado.

A Figura 5 ilustra outra modalidade de uma ligação de dados que é baseada no acoplamento de corrente de sensores abaixo do motor de lama e da unidade de telemetria de fundo de poço acima do motor de lama. Os elementos e as funções desta modalidade novamente serão discutidos começando na parte de baixo da ilustração. A extremidade inferior do eixo flexível 90 está ligada com o rotor 58 por meio de um flange 49, e a extremidade superior do eixo flexível 90 se estende através da vedação 106 e para dentro da sonda de componentes eletrônicos 19. Os condutores 46 destacando-se a partir da sub de instrumentos 12 são novamente apresentados como um par trançado disposto dentro do rotor 58 e do eixo flexível 90. Os condutores passam através dos dutos de alimentação 114 na parede do eixo flexível 90 e são ligados com o toróide inferior 92 que envolve e gira com um eixo flexível 90. Um mancal radial de condução elétrica 108 suporta o eixo flexível abaixo do toróide inferior 92.

Ainda se referindo à Figura 5, o eixo flexível 90 se estende para cima através de um toróide superior 94, o qual é fixo com relação à sonda de componentes eletrônicos 19. O toróide superior 94 é suportado por um mancal radial superior de condução elétrica 110 disposto acima do toróide superior 94. O toróide superior 94 é estacionário com relação ao eixo flexível rotativo 90. Condutores a partir do toróide superior 94 passam através dos dutos de alimentação 70A e 70B e se conectam com a unidade de telemetria de fundo de poço 72 disposta na sonda de componentes eletrônicos 19. Os dados são transmitidos para e a partir da unidade de telemetria de fundo de poço 72 como ilustrado conceitualmente pela seta 25. Observe que os toróides superior e inferior 94 e 92 e os mancais superior e inferior 110 e 108, todos são dispostos dentro da sonda de componentes eletrônicos 19.

Novamente se referindo à Figura 5, os toróides superior e inferior 94 e 92 giram com relação um ao outro desse modo formando um acoplamento de corrente via o eixo flexível 90 que funciona como um condutor central. A extremidade superior do eixo flexível 90 é eletricamente conectada através dos mancais radiais superiores 110 com a caixa da sonda de componentes eletrônicos 19, a qual está eletricamente conectada com o eixo flexível 90 através do mancal radial inferior 108, o qual eletricamente está conectado com a extremidade inferior do eixo flexível 90 desse modo completando o circuito de condução. Como na modalidade anterior, uma ligação de dados de enlace ascendente é obtida pela aplicação de um sinal de corrente de dados, tal como uma resposta de um sensor 40 (vide a Figura 2), para o toróide inferior 92. Um sinal de corrente de dados correspondente é induzido no toróide superior via o circuito de corrente anteriormente descrito, e transmitido para a superfície via a unidade de telemetria de fundo de poço 72. Inversamente, os dados podem ser transmitidos para a sub de instrumentos a partir da superfície. Os dados são transmitidos para a unidade de telemetria de fundo de poço 72, convertidos dentro da sonda de componentes eletrônicos 19 para uma corrente e aplicados para o toróide superior 94. Uma corrente correspondente induzida no toróide inferior 92, a qual é transportada para a sub de instrumentos via os condutores 46. A ligação acoplada por corrente bidirecional é novamente apresentada pelas linha tracejadas 68.

A Figura 6 ilustra uma ligação de dados utilizando contatos elétricos diretos ao invés do acoplamento por corrente. A extremidade inferior do eixo flexível 90 é ligada com o toro 58 por meio de um flange 49, e a extremidade superior do eixo flexível 90 se estende através de uma vedação 120 e para dentro de uma caixa de pressão 122. Os condutores 46 saindo da sub de instrumentos 12 são novamente apresentados como um par trançado disposto dentro do rotor 58 e do eixo flexível 90. Os condutores são terminados nos anéis condutores inferior e superior 128 e 126, respectivamente. Os anéis condutores superior e inferior são eletricamente isolados um do outro e do eixo flexível 90, e giram com o eixo flexível.

90 é suportado por um mancal radial 124 disposto abaixo do anel de condução inferior 128. Foi anteriormente observado que o número de condutores pode variar. Um anel condutor é proporcionado para cada condutor.

Ainda se referindo à Figura 6, os anéis condutores superior e inferior 126 e 128 são eletricamente contatados pelas escovas superior e inferior 129 e 130 que são fixas com relação à sonda de componentes eletrônicos 19. Os condutores a partir das escovas superior e inferior 129 e 130 passam através dos dutos de alimentação 134 e 132, respectivamente, e eletricamente se conectam com a unidade de telemetria de fundo de poço 72 disposta dentro da sonda de componentes eletrônicos 19. Os dados são transmitidos para e a partir da unidade de telemetria de fundo de poço 72 como ilustrado pela seta 25. Como citado acima, o número de condutores pode variar. Um anel condutor e uma escova que coopera são proporcionados para cada condutor.

A Figura 7 ilustra ainda outra modalidade de uma ligação de dados que é baseada no acoplamento magnético de sensores abaixo do motor de lama e da unidade de telemetria de fundo de poço acima do motor de lama. Um dipolo magnético inferior e um superior, representados como um todo por 220 e 210, respectivamente, são utilizados para estabelecer a ligação. O eixo flexível utilizado nas modalidades anteriores foi eliminado. Os elementos e as funções desta modalidade novamente serão discutidos começando na parte de baixo da ilustração. O dipolo inferior 220 está ligado com o rotor 58, e compreende um elemento de ferrita 204 envolvendo um mandril de aço 200. Os fios 218 são enrolados ao redor da circunferência do elemento de ferrita 205 e conectados através dos dutos de alimentação 212 com os condutores 46 emergindo a partir do rotor 58.

Ainda se referindo à Figura 7, o dipolo superior 210 é ligado com a sonda de componentes eletrônicos 19, e compreende um elemento de ferrita 205 envolvendo um mandril de aço 202. Os fios 221 são enrolados ao redor da circunferência do elemento de ferrita 205 e conectados através dos dutos de alimentação 222 com a unidade de telemetria de fundo de poço 72 disposta na sonda de componentes eletrônicos 19. Os dados são transmiti-

dos para e a partir da unidade de telemetria de fundo de poço 72 como ilustrado conceitualmente pela seta 25.

Novamente se referindo à Figura 7, os dipolos superior e inferior 210 e 220 giram com relação um ao outro desse modo formando um acoplamento magnético ilustrado conceitualmente pelas curvas tracejadas 230. O campo magnético gerado pelo dipolo inferior 220 é indicativo da resposta dos elementos da sub de instrumentos 12, tal como a resposta de um sensor 40 (vide a Figura 2). Este campo magnético induz um sinal de dados correspondente no dipolo superior 210, o qual tipicamente é transmitido para a superfície via a unidade de telemetria de fundo de poço 72. Inversamente, os dados podem ser transmitidos para a sub de instrumentos 12 a partir da superfície via a mesma ligação magnética. A ligação ilustrada na Figura 7 não é adequada para transferência de energia.

Aplicações

Duas aplicações de direção geofísica MWD / LWD do sistema são ilustradas para enfatizar a importância de dispor a sub de instrumentos 12 o mais próxima possível da broca 14. Novamente é enfatizado que o sistema não está limitado às aplicações de geodirecionamento, mas pode ser utilizado virtualmente em qualquer aplicação LWD / MWD com um ou mais sensores dispostos na sub de instrumentos 12. Nas aplicações onde o deslocamento axial entre os sensores e a broca não é crítico, sensores adicionais podem ser dispostos dentro da sonda de componentes eletrônicos 19 ou na parede da sub de componentes eletrônicos 18. Estas aplicações incluem, mas não estão limitadas às medições do tipo LWD feitas quando a coluna de perfuração é viajada.

Para propósitos de ilustração de geodirecionamento, será assumido que o um ou mais sensores 40 na sub de instrumentos 12 compreendem um detector de raio gama e um inclinômetro. Utilizando a resposta destes dois sensores, a posição da montagem de fundo de poço 10 em uma formação terrestre pode ser determinada com relação às formações adjacentes. A radiação gama e os dados do inclinômetro são transmitidas para a superfície em tempo real utilizando a metodologia anteriormente discutida

desse modo permitindo que o furo de poço avançando seja ajustado baseado nesta informação. Algum processamento das respostas de sensor pode ser feito em um ou mais processadores dispostos dentro dos elementos da montagem de fundo de poço 10 onde a informação é decodificada pelo software apropriado de aquisição de dados.

A Figura 8 apresenta um furo de sonda 26 penetrando várias formações terrestres. Como apresentado, a montagem de fundo de poço 10, operacionalmente ligada com a coluna de perfuração 22, está avançando o furo de poço 26 e uma formação de contenção de óleo 140. O objetivo da operação de perfuração é avançar o furo de poço 26 dentro da formação de contenção de óleo 140, como apresentado, desse modo maximizando a produção de hidrocarboneto a partir desta formação. Como ilustrado na Figura 8, a formação de contenção de óleo 142 é relativamente fina e limitada pelas formações de "piso" e de "teto" 144 e 142 nos limites do leito 152 e 143, respectivamente. Os níveis naturais de radiação gama nas formações de contenção de óleo tipicamente são baixos. As formações de contenção de óleo tipicamente são limitadas por folhelhos, os quais exibem alta atividade de raio gama natural. Para propósitos de ilustração, será assumido que a formação de contenção de óleo 140 é escassa em atividade de raio gama, e as formações de "piso" e de "teto" limitantes 144 e 142, respectivamente, são folhelhos exibindo níveis relativamente altos de radiação gama natural.

A Figura 9 é um "registro" de uma medida de intensidade de raio gama natural (ordenada), representado como a curva contínua 160, em função da profundidade (abscissa) ao longo do furo de poço 26. A curva tracejada 166 da Figura 9 ilustra um registro da montagem de fundo de inclinação 10, como medido pelo sensor inclinômetro, em função da profundidade. A vertical para baixo é arbitrariamente denotada como -180 graus, e a horizontal é denotada como 0 graus. Como será discutido abaixo, esta informação de registro é transmitida em tempo real para a superfície, desse modo permitindo que alterações na direção de perfuração sejam feitas rapidamente de modo a permanecer dentro da formação alvo.

Referindo-se a ambas Figuras 8 e 9, o furo de poço está dentro

da formação de folhelho do teto 142 em uma profundidade 149, e o furo de poço 26 está quase vertical. Isto é representado no registro da Figura 9 na profundidade 149A como uma leitura de radiação gama máxima e uma leitura do inclinômetro de cerca de -180 graus. À medida que o furo de poço entra na formação de contenção de óleo 140 como indicado por uma diminuição na radiação gama, o furo de poço é desviado da vertical pelo operador de perfuração de modo a permanecer dentro desta formação alvo. Em 150 na Figura 8, pode ser visto que o furo de poço está próximo do centro da formação 140, e a inclinação é cerca de -90 graus. Esta localização é refletida na profundidade 150A no registro da Figura 9 pela intensidade mínima de radiação gama e por uma inclinação de aproximadamente -90 graus. Entre 150 e 152 da Figura 8, pode ser visto que o furo de poço está se aproximando do limite do leito 152 da formação de piso 144 pelo operador de perfuração. O detector de raio gama percebe a estreita proximidade da formação, e é refletido como um aumento na radiação gama em uma profundidade 152A do registro da Figura 9. Isto alerta o operador de perfuração que o furo de poço está se aproximando da formação de piso, e a direção de perfuração deve ser alterada para próxima da horizontal de modo que a montagem de fundo de poço 10 permaneça dentro da zona alvo 140. A curva tracejada 166 indica em 152A que o furo de poço está próximo da horizontal. Como visto na Figura 8, o furo de poço 26 é essencialmente horizontal entre 152 e 154, mas está se aproximando do limite do leito 143 da formação de teto 142. Isto é percebido pelo detector de raio gama e é refletido em um aumento na radiação gama que alcança um máximo na profundidade 154A. Este aumento é observado em tempo real pelo operador de perfuração. Como resultado desta observação em tempo real, a direção de perfuração é ajustada para baixo entre 153 e 154 até que uma diminuição na radiação gama abaixo da profundidade 154A indica que a montagem de fundo de poço 10 novamente está sendo direcionada em direção ao centro da formação alvo. Esta alteração na inclinação é refletida na Figura 9 pela curva tracejada 166 em uma profundidade entre 153A e 154A.

Para resumir, o sistema pode ser incorporado para direcionar a

operação de perfuração e desse modo manter o furo de poço que avança dentro de uma formação alvo. Nesta aplicação, onde a alterações de direção são feitas baseadas nas respostas de sensor, é de grande importância dispor os sensores o mais próximo possível da broca. Como um exemplo, se a sub de sensores fosse disposta acima do motor de lama, a formação de piso 144 poderia ser penetrada em 152 antes que o operador de perfuração recebesse uma indicação de tal registro de raio gama 160 . O presente sistema permite que os sensores sejam dispostos tão próximos quanto 609,6 mil (dois pés) da broca.

10 A disposição de broca – sensor da invenção também é muito útil na perfuração de poços de drenagem por gravidade assistida por vapor (SAG-D). Os poços SAG-D normalmente são perfurados em pares, como ilustrado na Figura 10. O sistema de perfuração e a montagem de fundo de poço que coopera 10 tipicamente são utilizados para perfurar as seções curva e lateral do primeiro furo de poço do poço 26A. Utilizando a metodologia de geodirecionamento discutida acima, este furo de poço é perfurado dentro da formação de contenção de óleo 140 mas próximo do limite do leito 141 da formação de piso 144. Uma vez que o furo de poço 26A esteja completo, uma ferramenta de determinação magnética 165 é disposta dentro do furo de poço 26A. O segundo furo de poço de poço 26B perfurado com um sensor magnético como um dos sensores 40 utilizados na sub de sensores 12 (vide a Figura 2) da montagem de fundo de poço 10. O sensor magnético responde à localização da ferramenta de determinação magnética 165 no furo de poço 26A e, portanto, é utilizado para determinar a proximidade do 20 furo de poço 26B em relação ao furo de poço 26A. Os pares de furo de poço tipicamente são perfurados dentro de estreita proximidade um do outro, com rígidas tolerâncias no plano de perfuração, de modo a otimizar a recuperação de óleo a partir da formação alvo 140. O vapor é bombeado para dentro do furo de poço superior 26B, o qual aquece o óleo na formação alvo 140 25 causando que a viscosidade diminua. A óleo com pouca viscosidade então migra para baixo em direção ao furo de poço inferior 26A onde ele é coletado e bombeado para a superfície.

Para resumir, os poços SAG-D de perfuração eficaz exigem que os sensores sejam dispostos o mais próximos possíveis da broca de modo a satisfazer as rígidas tolerâncias do plano de perfuração.

- Os versados na técnica irão apreciar que a presente invenção
- 5 pode ser praticada por outras modalidades diferentes das descritas, as quais são apresentadas para propósitos de ilustração e não de limitação, e a presente invenção está limitada somente pelas reivindicações que se seguem.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de montagem de furo de poço, compreendendo:
 - uma sub de instrumentos;
 - uma sub de componentes eletrônicos compreendendo uma son-
 - 5 da de componentes eletrônicos;
 - um motor de lama disposto entre a dita sub de instrumentos e a dita sub de componentes eletrônicos; e
 - um condutor disposto no dito motor de lama com um terminal inferior eletricamente conectado com a dita sub de instrumentos e com um
 - 10 terminal superior eletricamente conectado com uma ligação disposta entre o dito motor de lama e a dita sonda de componentes eletrônicos, onde
 - a dita sub de instrumentos é girável com relação à dita sub de componentes eletrônicos; e
 - a dita ligação proporciona acoplamento operacional entre a dita
 - 15 sub de instrumentos e a dita sonda de componentes eletrônicos, em que a dita ligação compreende:
 - um toróide superior;
 - um toróide inferior girável com relação ao toróide superior; e
 - um eixo flexível se estendendo através dos ditos toróides inferior
 - 20 e superior; onde
 - os ditos toróides superior e inferior proporcionam o dito acoplamento operacional por acoplamento por corrente.
 - 2. Sistema de registro de furo de poço com uma montagem de fundo de poço, compreendendo:
 - 25 (a) uma sub de instrumentos com uma extremidade inferior que recebe uma broca;
 - (b) um motor de lama compreendendo um rotor, onde uma extremidade inferior do dito motor de lama é operacionalmente ligada com uma extremidade superior da dita sub de instrumentos;
 - 30 (c) uma sub de componentes eletrônicos compreendendo uma sonda de componentes eletrônicos, onde uma extremidade inferior da dita sub de componentes eletrônicos é operacionalmente ligada com uma extre-

midade superior do dito motor de lama;

(d) um eixo flexível com uma extremidade inferior afixada junto ao dito rotor;

(e) pelo menos um condutor disposto dentro do dito rotor e do dito eixo flexível com um terminal inferior eletricamente conectado com pelo menos um sensor disposto dentro da dita sub de instrumentos;

(f) um toróide inferior disposto ao redor e afixado ao dito eixo flexível, onde um terminal superior do dito pelo menos um condutor está eletricamente conectado com o dito toróide inferior;

(g) um toróide superior disposto ao redor do dito eixo flexível e afixado com a dita sub de componentes eletrônicos, onde o dito eixo flexível pode girar dentro do dito toróide superior; e

(h) uma unidade de telemetria de fundo de poço disposta dentro da dita sonda de componentes eletrônicos e eletricamente conectada com o dito toróide superior; onde

(i) a rotação relativa do dito toróide inferior com relação ao dito toróide superior proporciona acoplamento operacional entre a dita sub de instrumentos e a dita sonda de componentes eletrônicos via acoplamento por corrente.

3. Sistema de registro de furo de poço, de acordo com a reivindicação 2, onde:

(a) uma extremidade superior do dito eixo flexível é recebida pela dita sub de componentes eletrônicos; e

(b) o dito toróide superior e o dito toróide inferior são dispostos dentro da dita sub de componentes eletrônicos.

4. Sistema, de acordo com a reivindicação 2, onde o dito acoplamento operacional compreende dados transmitidos entre o dito pelo menos um sensor e a dita unidade de telemetria de fundo de poço.

5. Sistema, de acordo com a reivindicação 2, adicionalmente compreendendo:

(a) uma fonte de energia disposta dentro da dita sub de componentes eletrônicos, onde

(b) a dita fonte de energia é eletricamente conectada com o dito toróide superior; e

(c) o dito acoplamento operacional compreende energia a partir da dita fonte de energia transmitida para a dita sub de instrumentos via os ditos toróides superior e inferior acoplados por corrente e o dito pelo menos um condutor.

6. Sistema, de acordo com a reivindicação 4, adicionalmente compreendendo uma unidade de telemetria de cima do poço disposta dentro do equipamento de superfície; onde

(a) a dita montagem de fundo de poço é transportada dentro do dito furo de poço por meio de uma coluna de perfuração;

(b) os dados de resposta a partir do dito pelo menos um sensor são transmitidos para o dito sistema de telemetria de cima do poço via um sistema de telemetria de furo de poço; e

(c) os ditos dados de resposta são processados em função da profundidade medida dentro do dito furo de poço, desse modo formando um registro de um parâmetro de interesse.

7. Sistema, de acordo com a reivindicação 6, onde um comando para controlar a dita montagem de fundo de poço é transmitido a partir do dito equipamento de superfície via a dita unidade de telemetria de cima do poço e do dito sistema de telemetria de furo de poço e recebido pela dita unidade de fundo de poço.

8. Método para acoplar operacionalmente, em uma montagem de fundo de poço, uma sub de instrumentos e uma sonda de componentes eletrônicos com um motor de lama disposto entre as mesmas, o método compreendendo:

dispor um condutor no dito motor de lama com um terminal inferior eletricamente conectado com a dita sub de instrumentos e um terminal superior eletricamente conectado com uma ligação disposta entre o dito motor de lama e a dita sonda de componentes eletrônicos, onde

a dita sub de instrumentos é girável com relação à dita sub de componentes eletrônicos; e

a dita ligação proporciona o dito acoplamento operacional entre a dita sub de instrumentos e a dita sonda de componentes eletrônicos; sendo que a dita ligação é proporcionada por:

- 5 dispor-se um toróide superior em torno de um eixo flexível;
- dispor-se um toróide inferior em torno do eixo flexível; onde
- o toróide inferior é girável com relação ao toróide superior; e
- os ditos toróides superior e inferior proporcionam o dito acoplamento operacional por acoplamento por corrente.

9. Método para registrar um furo de poço com uma montagem
10 de fundo de poço, o método compreendendo:

(a) proporcionar uma sub de instrumentos com uma extremidade inferior com a qual a broca pode ser ligada;

(b) proporcionar um motor de lama compreendendo um rotor, onde uma extremidade inferior do dito motor de lama é operacionalmente
15 ligada com uma extremidade superior da dita sub de instrumentos;

(c) operacionalmente ligar uma sub de componentes eletrônicos com uma extremidade inferior com uma extremidade superior do dito motor de lama, onde a dita sub de componentes eletrônicos compreende uma sonda de componentes eletrônicos;

20 (d) afixar uma extremidade inferior de um eixo flexível com uma extremidade superior do dito rotor;

(e) dispor pelo menos um condutor dentro do dito rotor e do dito eixo flexível afixado com um terminal inferior do dito pelo menos um condutor elétrico eletricamente conectado com pelo menos um sensor disposto
25 dentro da dita sub de instrumentos;

(f) dispor um toróide inferior ao redor do dito eixo flexível, onde um terminal superior do dito pelo menos um condutor é eletricamente conectado com o dito toróide inferior e o dito toróide inferior é afixado junto ao dito eixo flexível;

30 (g) dispor um toróide superior ao redor do dito eixo flexível e afixar o dito toróide superior junto à dita sub de componentes eletrônicos, onde o dito eixo flexível pode girar dentro do dito toróide superior; e

(h) dispor uma unidade de telemetria de fundo de poço dentro da dita sonda de componentes eletrônicos e eletricamente conectar a dita unidade de telemetria de fundo de poço com o dito toróide superior; onde

(i) a rotação relativa do dito toróide inferior com relação ao dito toróide superior proporciona acoplamento operacional entre a dita sub de instrumentos e a dita sonda de componentes eletrônicos via o acoplamento por corrente.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9; onde

(a) uma extremidade superior do dito eixo flexível é recebida pela dita sub de componentes eletrônicos; e

(b) o dito toróide superior e o dito toróide inferior são dispostos dentro da dita sub de componentes eletrônicos.

11. Método, de acordo com a reivindicação 9, onde o dito acoplamento operacional compreende dados transmitidos entre o dito pelo menos um sensor e a dita unidade de telemetria de fundo de poço.

12. Método, de acordo com a reivindicação 9, adicionalmente compreendendo as etapas de:

(a) dispor uma fonte de energia dentro da dita sub de componentes eletrônicos; e

(b) eletricamente conectar a dita fonte de energia com o dito toróide superior; onde

(c) o dito acoplamento operacional compreende energia a partir da dita fonte de energia transmitida para a dita sub de instrumentos via os toróides superior e inferior acoplados por corrente e o dito pelo menos um condutor.

13. Método, de acordo com a reivindicação 11, adicionalmente compreendendo:

(a) proporcionar uma unidade de telemetria de cima do poço disposta dentro do equipamento de superfície;

(b) transportar a dita montagem de fundo de poço dentro do dito furo de sonda por meio de uma coluna de perfuração;

(c) transmitir dados de resposta a partir do dito pelo menos um

sensor para o dito sistema de telemetria de cima do poço via um sistema de telemetria de furo de poço; e

- (d) processar os ditos dados de resposta em função da profundidade medida dentro do dito furo de poço, desse modo formando um registro de um parâmetro de interesse.
- 5

14. Método, de acordo com a reivindicação 13, compreendendo transmitir um comando a partir do dito equipamento de superfície via a dita unidade de telemetria de cima do poço e o dito sistema de telemetria de furo de poço, onde o dito comando é recebido pela dita unidade de telemetria de fundo de poço.

10

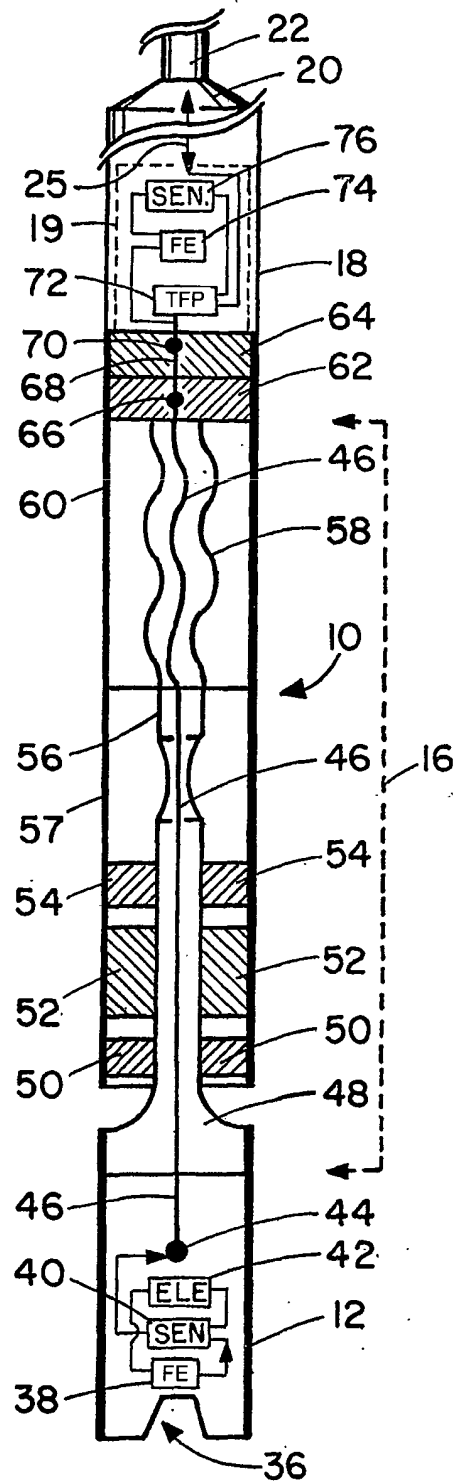
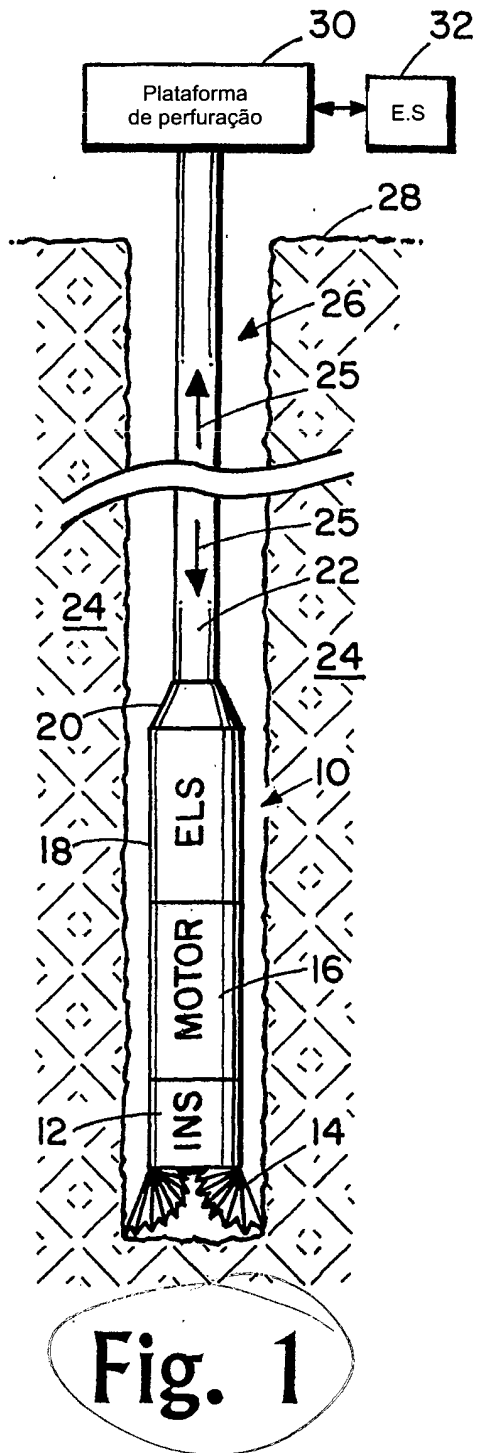


Fig. 2

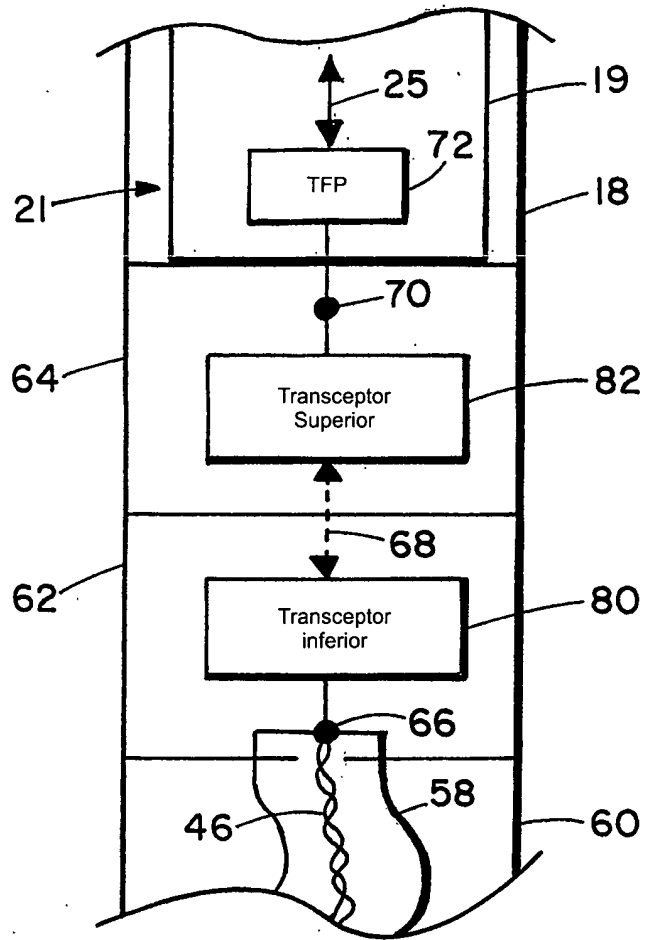
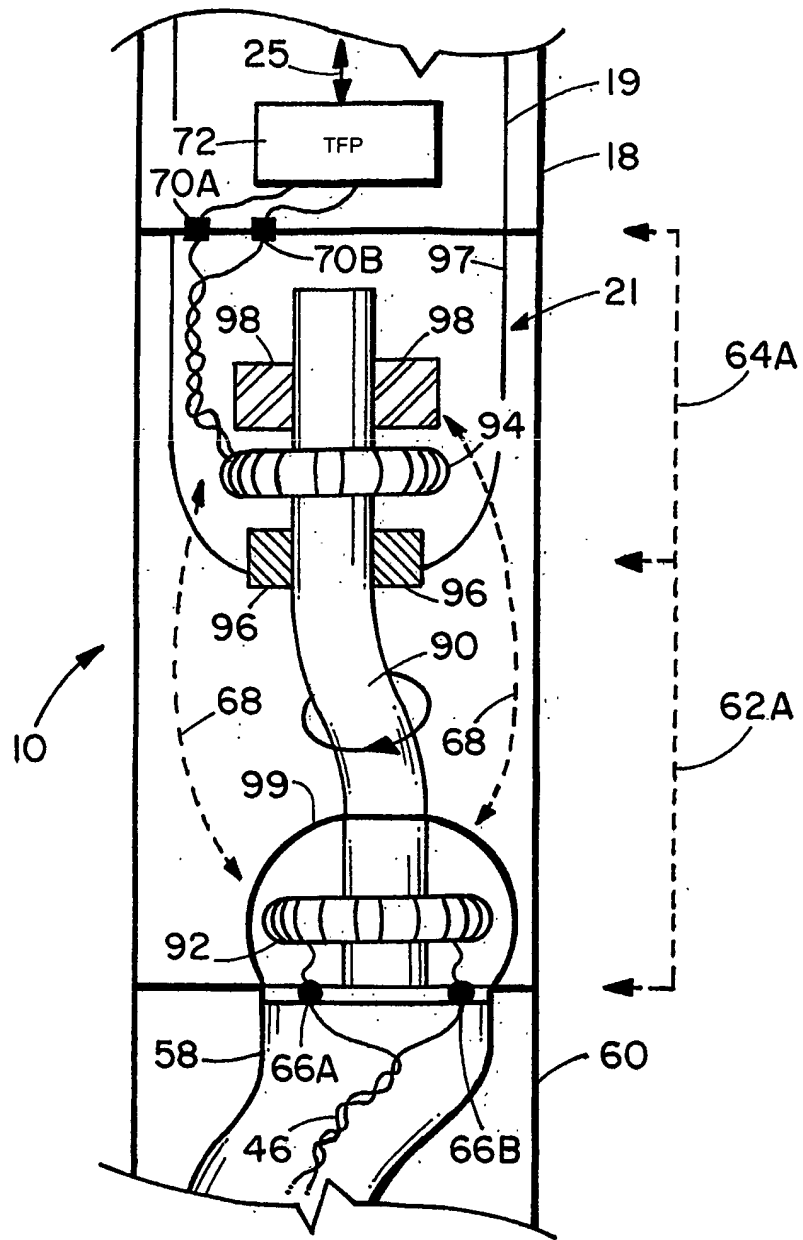
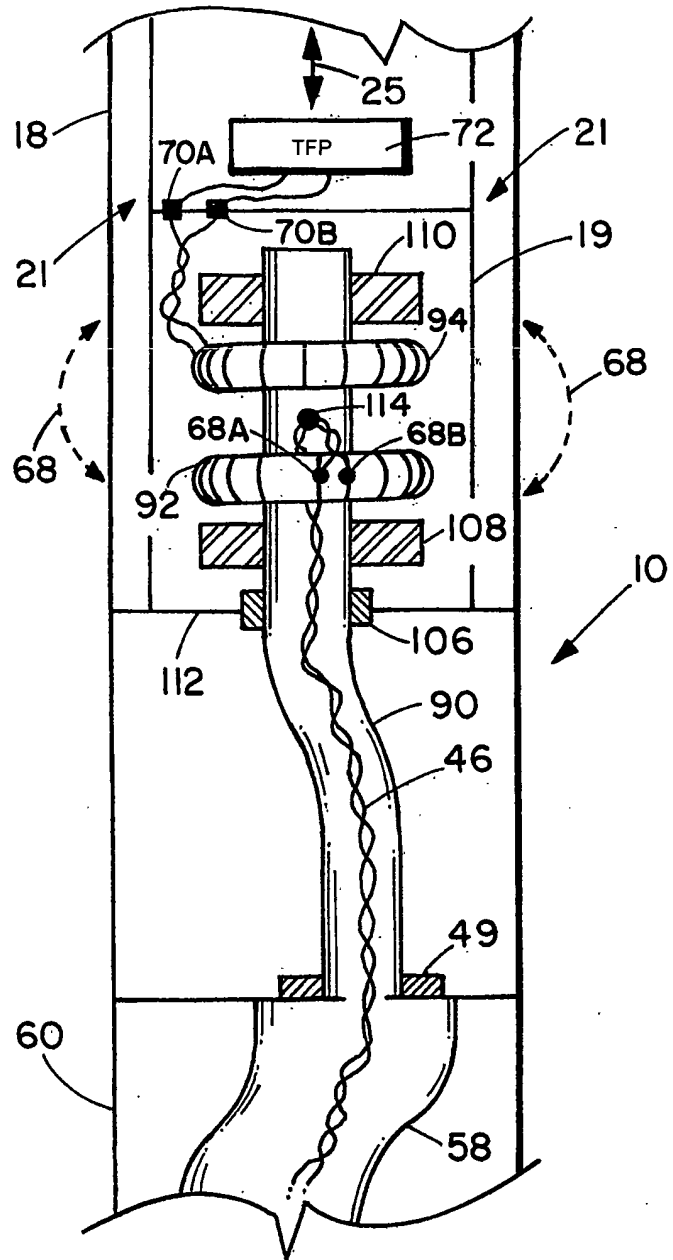
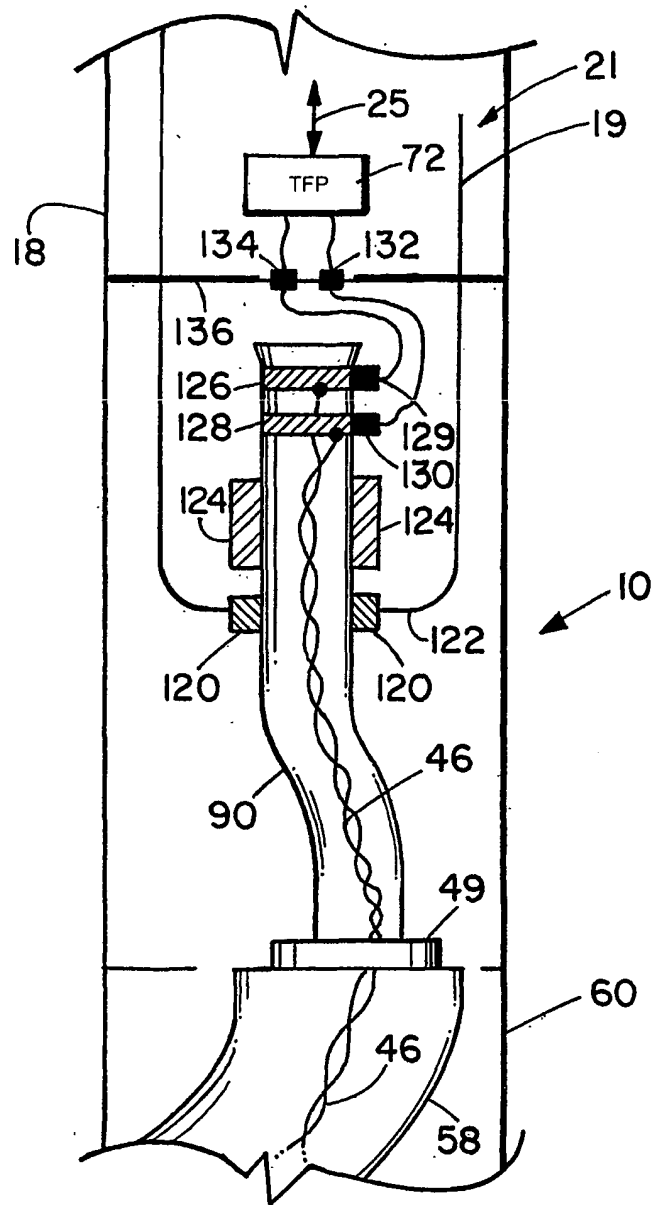


Fig. 3

**Fig. 4**

**Fig. 5**

**Fig. 6**

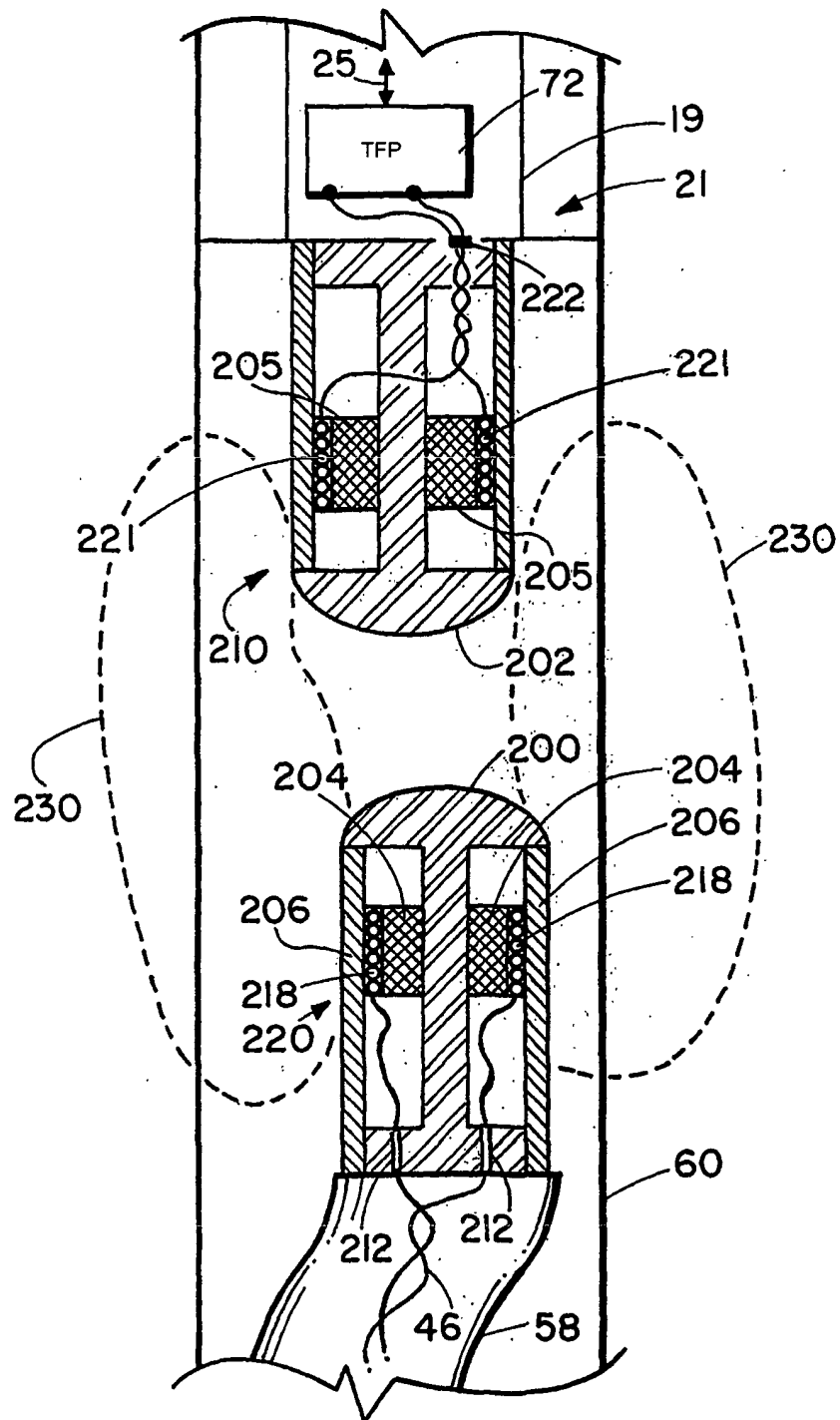


Fig. 7

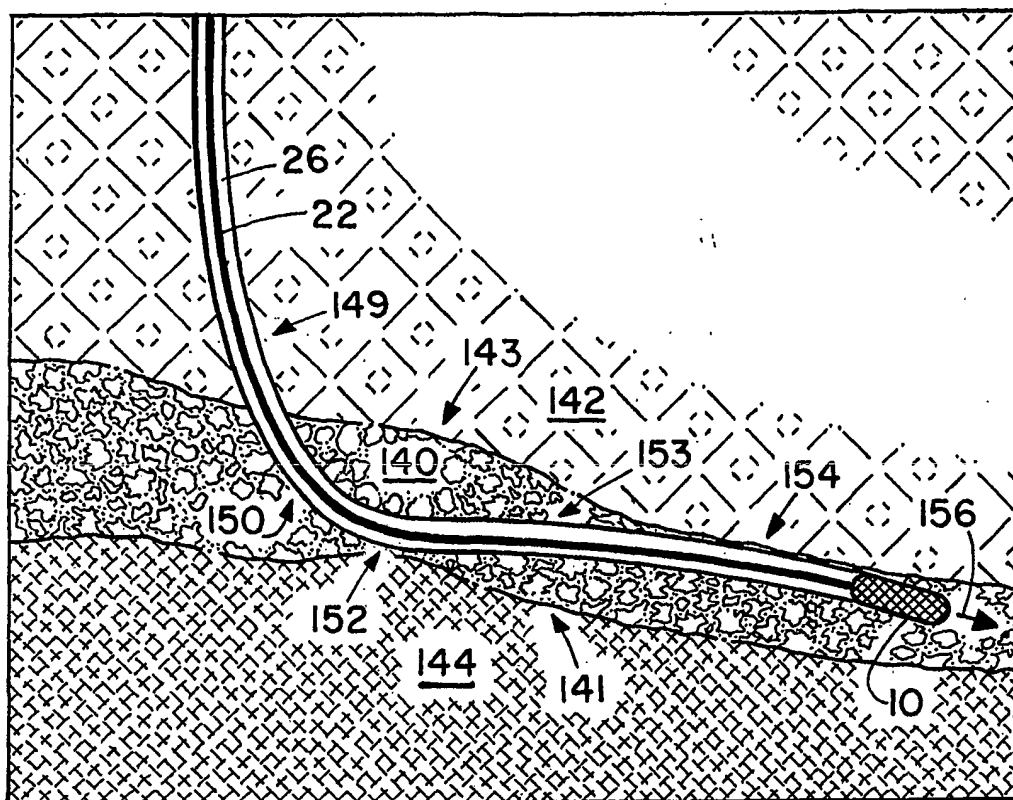


Fig. 8

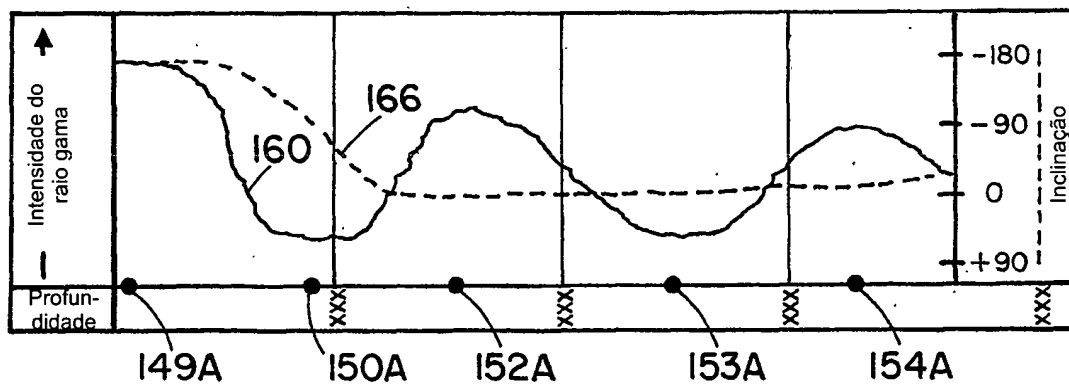


Fig. 9

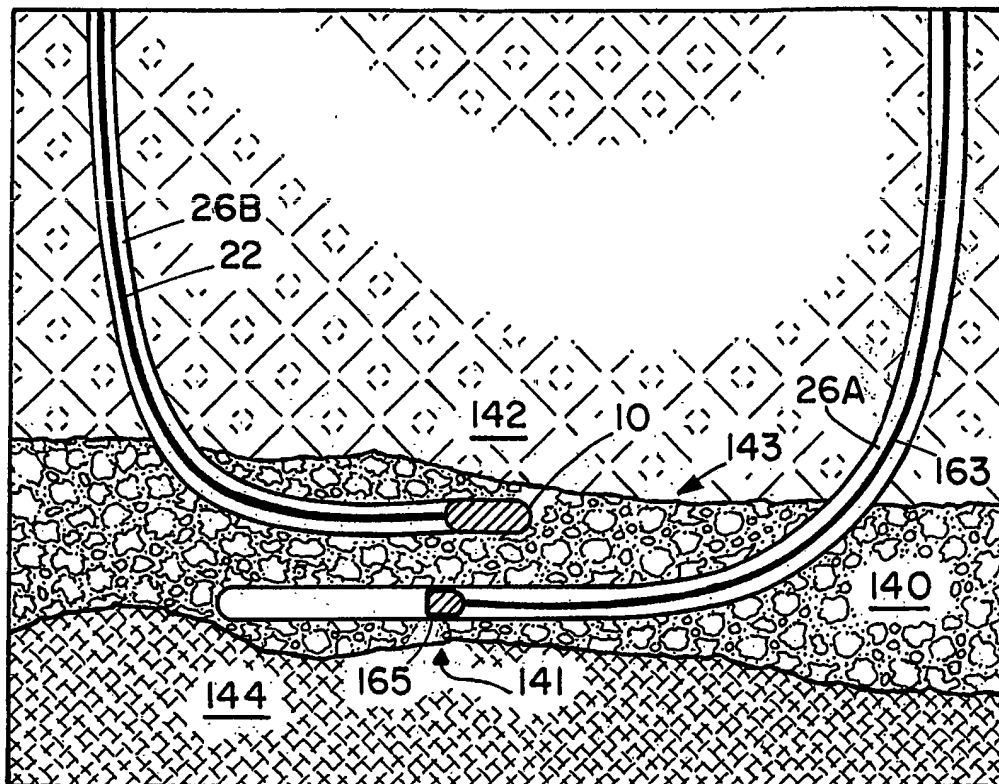


Fig. 10

200626903-5

RESUMO

Pedido de Patente: **"SISTEMA DE MONTAGEM DE FURO DE POÇO, SISTEMA DE REGISTRO DE FURO DE POÇO, MÉTODO PARA ACOPLAR E MÉTODO PARA REGISTRAR UM FURO DE POÇO"**.

- 5 A presente invenção refere-se a aparelhos e métodos para estabelecer comunicação elétrica entre uma subsseção de instrumentos disposta abaixo de um motor de lama e uma sonda de componentes eletrônicos disposta acima do motor de lama em um sistema de registro de furo de poço transportado pela coluna de perfuração. A comunicação elétrica é estabelecida via pelo menos um condutor disposto dentro do motor de lama e pela
- 10 conexão da subsseção de instrumentos com uma ligação disposta entre o motor de lama e a sonda de componentes eletrônicos. A ligação pode ser concretizada como uma ligação de acoplamento por corrente, como uma ligação de acoplamento magnético, como uma ligação de telemetria eletromagnética e como um contato elétrico direto. A transferência de dados bidirecional é estabelecida em todas as modalidades de ligação. A transferência de energia também é estabelecida em todas exceto na ligação de telemetria eletromagnética.
- 15