



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

(21) **PI 1102339-2 A2**

(22) Data de Depósito: 26/05/2011
(43) Data da Publicação: 06/11/2012
(RPI 2183)



(51) *Int.Cl.:*
G01V 3/17

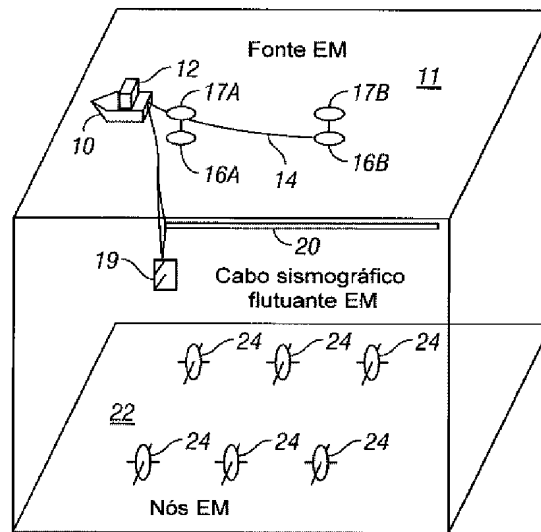
(54) Título: MÉTODO DE LEVANTAMENTO ELETROMAGNÉTICO TRIDIMENSIONAL DE ALTA RESOLUÇÃO

(30) Prioridade Unionista: 25/05/2010 US 12/800,907

(73) Titular(es): PGS Geophysical AS

(72) Inventor(es): Andras Robert Juhasz, Carl Joel Gustav Skogman, Gustav Göran Mattias Södow, Lena Kristina Frenje Lund, Rune Johan M. Mattsson, Ulf Peter Lindqvist

(57) Resumo: MÉTODO DE LEVANTAMENTO ELETROMAGNÉTICO TRIDIMENSIONAL DE ALTA RESOLUÇÃO. A presente invenção refere-se a um método para levantamento eletromagnético abaixo do fundo de um corpo de água inclui distribuir uma pluralidade de dispositivos de gravação nodais em um padrão selecionado no fundo da água. Um transmissor eletromagnético é rebocado na água. Pelo menos um cabo sismográfico flutuante com sensores eletromagnéticos é rebocado concorrentemente na água. O transmissor eletromagnético é acionado em momentos selecionados e sinais detectados por sensores nos dispositivos de gravação nodais e no pelo menos um cabo sismográfico flutuante são gravados.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO DE LEVANTAMENTO ELETROMAGNÉTICO TRIDIMENSIONAL DE ALTA RESOLUÇÃO**".

Antecedentes da Invenção

5 A presente invenção refere-se a uma maneira geral ao campo de levantamento eletromagnético de formações de rocha de subsolo abaixo de corpos de água. Mais especificamente, a invenção refere-se a melhoramento de resolução de tais levantamentos ao usar estações de detecção nodais modificadas em conjunto com cabos sismográficos flutuantes com sensores rebocados aprimorados. Levantamento eletromagnético de fonte controlada (CSEM) é um conjunto de técnicas para identificar anomalias de resistividade elétrica em formações de rocha de subsolo. Tais anomalias são conhecidas como estando associadas com a existência de reservatórios de subsolo de hidrocarbonetos (petróleo e gás). Levantamentos CSEM são conduzidos em terra e em corpos de água tais como lagos ou oceanos ("levantamentos marítimos") para ajudar a identificar prováveis reservatórios de subsolo nas formações de rocha abaixo do fundo da água.

 Levantamentos CSEM marítimos tipicamente são executados em dois métodos gerais. Um método é distribuir uma pluralidade de estações receptoras nodais no fundo da água em um padrão selecionado. Ver, por exemplo, a Patente U.S. No. 6.842.006 emitida para Conti e outros para uma descrição de uma estação receptora nodal de exemplo. Enquanto as estações receptoras estão gravando, uma antena transmissora eletromagnética (EM) acoplada a uma fonte de corrente elétrica é deslocada através do corpo de água. Corrente elétrica é passada pela antena transmissora para induzir um campo EM na água e nas formações abaixo do fundo da água. Respostas para os campos EM induzidos detectadas pelos vários gravadores nodais são interpretadas mais tarde para estimar a presença de anomalias de resistividade tais como reservatórios de hidrocarboneto.

30 O outro método de levantamento CSEM geral é rebocar um cabo com receptores na água concorrentemente enquanto rebocando a antena transmissora EM e acionando periodicamente a antena transmissora EM.

Ver, por exemplo, a Patente U.S. Nº 7.602.191 emitida para Davidsson.

Outra tecnologia conhecida na técnica para conduzir levantamentos EM inclui sistemas sensores de cabo colocados no fundo do oceano. Ver, por exemplo, os Pedidos de Patentes U.S. Nºs 2008/0265895 e
5 2008/0265896 depositados por Strack e outros. Tais sistemas de cabo também não têm experimentado uso comercial muito difundido por causa dos custos de fabricação e de manutenção.

De uma maneira geral, levantamento EM executado usando um sistema de nós receptores e usando uma fonte EM rebocada é bem apropriado para detecção e caracterização de anomalias resistivas em grandes profundidades abaixo do fundo da água. Entretanto, a natureza dos receptores nodais exige uma colocação relativamente esparsa dos nós receptores para alcançar eficiências de aquisição razoáveis. Um sistema de cabo sismográfico flutuante EM rebocado tem resolução espacial e eficiência de aquisição
10 maiores do que um sistema baseado em nós, mas cabos sismográficos flutuantes EM são desprovidos das propriedades de baixo ruído do sistema de nós. Ruído é causado principalmente pelo movimento dos cabos sismográficos flutuantes com receptores no corpo de água. Aquisição de cabo sismográfico flutuante EM rebocado, entretanto, pode fornecer melhor resolução
15 lateral e pode capacitar a detecção de alvos pequenos, rasos (por exemplo, bolsas de gás). Por outro lado, cabos sismográficos flutuantes EM rebocados são menos úteis na detecção de alvos profundos. Também deve ser notado que é preferido não rebocar sistemas de cabos sismográficos flutuantes EM marítimos perto de equipamento e estruturas marítimos em operação
20 tais como plataformas de perfuração e/ou de produção.

Como uma matéria prática, aquisição nodal e aquisição de cabo sismográfico flutuante rebocado de uma maneira geral são executadas independentemente, resultando em dados nodais 3D amostrados de modo esparsos, ou também dados de cabo sismográfico flutuante 2D de profundidade
30 relativamente rasa de alta resolução.

Existe uma necessidade de um sistema que combine a resolução de profundidade relativamente alta de sistemas de gravação EM nodais

com a resolução espacial de sistemas de cabos sismográficos flutuantes EM rebocados.

Sumário da Invenção

Um método de acordo com um aspecto da invenção para levantamento eletromagnético abaixo do fundo de um corpo de água inclui distribuir uma pluralidade de dispositivos de gravação nodais em um padrão selecionado no fundo da água. Um transmissor eletromagnético é rebocado na água. Pelo menos um cabo sismográfico flutuante com sensores eletromagnéticos é rebocado concorrentemente na água. O transmissor eletromagnético é acionado em momentos selecionados e sinais detectados por sensores nos dispositivos de gravação nodais e no pelo menos um cabo sismográfico flutuante são gravados.

Outros aspectos e vantagens da invenção estarão aparentes a partir da descrição a seguir e das reivindicações anexas.

15 Breve Descrição dos Desenhos

A figura 1 mostra um navio de levantamento de exemplo rebocando uma antena de fonte eletromagnética e um cabo sismográfico flutuante com receptores eletromagnéticos, e uma pluralidade de nós receptores dispostos em um padrão selecionado no fundo da água.

20 A figura 2 mostra uma vista plana de um padrão de levantamento de exemplo para o navio, cabo sismográfico flutuante e nós receptores na figura 1 associado com um reservatório de petróleo em formações de rocha de subsolo.

Descrição Detalhada

25 A figura 1 mostra uma vista em perspectiva de um sistema de levantamento eletromagnético (EM) sendo usado de acordo com a invenção. Um navio de levantamento 10 se desloca ao longo da superfície de um corpo de água 11 tal como um lago ou oceano. O navio reboca um transmissor EM, o qual no presente exemplo pode ser um dipolo elétrico longitudinal consistindo dos dois eletrodos espaçados lado a lado 16A, 16B dispostos em um cabo elétrico isolado 14. Os eletrodos 16A, 16B podem ser suspensos em uma profundidade selecionada na água 11 usando os flutuadores 17A,

17B ou outros dispositivos de controle de fluabilidade. O navio 10 pode incluir equipamento no mesmo, mostrado de uma maneira geral por 12 e referido por conveniência como um sistema de gravação. O sistema de gravação 12 pode incluir dispositivos (não mostrados separadamente para clareza) para condução do navio 10, para passar corrente elétrica através dos eletrodos transmissores 16A, 16B em momentos selecionados, para detectar e gravar sinais detectados por receptores EM em um cabo sismográfico flutuante com sensores 20 e para recuperar e processar sinais EM detectados gravados em uma pluralidade de nós receptores 24 dispostos no fundo da água 22 em um padrão selecionado. O cabo sismográfico flutuante com receptores EM 20 pode ser deslocado em uma maior profundidade na água 11 do que o cabo com transmissores 14 ao usar um depressor 19 na extremidade dianteira do cabo sismográfico flutuante 20. Deve ficar claramente entendido que o transmissor EM de exemplo mostrado na figura 1, o qual é um dipolo elétrico longitudinal horizontal não é o único tipo de transmissor EM que pode ser usado de acordo com a invenção. Outros exemplos não limitativos de transmissores EM incluem laços de fio ou bobinas energizadas com corrente elétrica (dipolos magnéticos) orientada para ter momento dipolar magnético ao longo de qualquer direção selecionada assim como dipolos elétricos orientados ao longo de qualquer outra direção selecionada do que a direção mostrada na figura 1. A natureza da corrente elétrica passada pelo transmissor EM também não é um limite no escopo da presente invenção. A corrente pode ser corrente alternada tendo uma ou mais frequências distintas individuais para executar levantamento CSEM de domínio de frequência. A corrente também pode ser corrente contínua comutada, por exemplo, ligada, desligada, polaridade invertida ou uma combinação de eventos de comutação tal como uma sequência binária pseudoaleatória, qualquer um dos quais pode ser usado para executar levantamento CSEM de domínio de tempo.

30 Referindo-se à figura 2, na condução de um levantamento EM usando o sistema mostrado na figura 1, os nós receptores EM 24 podem ser dispostos em um padrão selecionado tal como uma rede que inclua o que

pode ser um reservatório de subsolo R, identificado, por exemplo, por levantamentos sísmicos conduzidos da superfície. Durante levantamento EM, o transmissor (16A, 16B na figura 1) pode ser acionado usando uma forma de onda de corrente selecionada, a qual pode ser onda senoidal contínua tendo
5 uma ou mais frequências distintas, uma varredura de frequências tal como usada em um "chiado" de sonar ou radar ou corrente contínua comutada tal como descrito anteriormente, tal como ligar, desligar, inverter polaridade ou uma sequência de comutações tal como uma sequência binária pseudoaleatória. Sinais detectados por sensores nos nós receptores 24 podem ser gra-
10 vados localmente em cada nó, enquanto que sinais de sensores no cabo sismográfico flutuante (20 na figura 1) podem ser conduzidos para o sistema de gravação (12 na figura 1) para gravação. O navio (10 na figura 1) pode ser conduzido para atravessar diversas linhas paralelas L_1-L_N ao longo da superfície da água para obter sinais de cabo sismográfico flutuante e de nó
15 sobre a área que se acredita cobrir o reservatório R. O padrão exato atravessado pelo navio (10 na figura 1) é apresentado somente como um exemplo e não é pretendido para limitar o escopo da invenção.

Resultados de levantamento EM tridimensional de alta resolução, de acordo com modalidades da invenção, podem utilizar diversas possíveis modificações para técnicas típicas usadas em levantamento EM.
20

O espaçamento de nó pode ser tornado mais esparsa, economizando assim em custos de materiais e melhorando eficiência operacional. Tal como seria entendido por uma pessoa de conhecimento comum na técnica com o benefício desta revelação, dados coletados pela parte nodal do sistema de levantamento EM podem focalizar em detecção de alvo profundo.
25 Conseqüentemente, a implementação nodal pode ser feita em uma rede mais esparsa (tipicamente com um espaçamento de cerca de 3 km) do que é executada ordinariamente com nós usados em uma base autônoma.

Os cabos sismográficos flutuantes podem ser tornados menores
30 do que cabos sismográficos flutuantes típicos (por exemplo, de aproximadamente 1-2 km em vez de os mais comuns de 5-6 km), e o arranjo de cabo sismográfico flutuante pode se beneficiar de um maior espalhamento lateral

do que utilizado tradicionalmente. Cabos sismográficos flutuantes menores podem ser mais econômicos para produzir e manter, e operações com cabos sismográficos flutuantes menores podem ser mais eficientes. Dados coletados pela parte de cabo sismográfico flutuante do sistema de levantamento EM podem focalizar em cobertura lateral melhorada. Os longos deslocamentos alcançados por cabos sismográficos flutuantes longos não serão exigidos já que estes são usados primariamente para detecção de alvo profundo, o que no presente exemplo é executado pela parte nodal do sistema de levantamento EM.

10 Para processar os sinais obtidos tanto pelos nós quanto pelos cabos sismográficos flutuantes, uma inversão de junção pode ser executada. Tal processamento pode fornecer resultados aprimorados na caracterização de sobrecarga dos dados de cabo sismográfico flutuante, juntamente com uma sensibilidade de profundidade aprimorada por causa dos dados nodais.

15 Uma aplicação típica de tal aquisição nodal/cabo sismográfico flutuante e técnica de processamento combinadas seria áreas com uma geologia complicada onde uma alta sensibilidade tanto para estruturas rasas quanto para profundas é essencial para processamento correto (domos fortes, falhas etc.). O processamento pode ser executado em um computador (não mostrado separadamente) no sistema de gravação (12 na figura 1) ou em qualquer outro computador programado adequadamente. Um método de exemplo adequado para sinais EM de processamento de inversão para obter informação a respeito de estruturas de subsolo está descrito na Patente U.S. N° 6.914.433 emitida para Wright e outros. Outras técnicas de inversão são

20 conhecidas na técnica.

 Em uma implementação particular do processamento, sinal magnetotelúrico (MT), o qual pode ser detectado pelos sensores no cabo sismográfico flutuante (20 na figura 1), criando assim uma fonte de ruído no campo elétrico detectado, pode ser corrigido ao usar medições do sinal MT

30 feitas por detectores (não mostrados separadamente) nos nós receptores (24 na figura 1). Será percebido pelos versados na técnica que sinais MT podem ser detectados e gravados pelos nós receptores (24 na figura 1) du-

rante momentos em que o transmissor EM não esteja ativo.

Um método e sistema de nós receptores e cabo sismográfico flutuante EM rebocado combinados tal como descrito neste documento pode identificar tanto alvos rasos quanto profundos enquanto aumentando eficiência de aquisição total, por causa de o transmissor EM somente necessitar ser deslocado através da área de levantamento uma vez tanto para aquisição de dados de cabo sismográfico flutuante quanto para aquisição de dados de nó receptor.

Embora a invenção tenha sido descrita com relação a um número limitado de modalidades, os versados na técnica, tendo o benefício desta revelação, perceberão que outras modalidades podem ser imaginadas que não divergem do escopo da invenção tal como revelado neste documento. Desta maneira, o escopo da invenção deve ser limitado somente pelas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para levantamento eletromagnético abaixo do fundo de um corpo de água, compreendendo:
 - distribuir uma pluralidade de dispositivos de gravação nodais em
 - 5 um padrão selecionado no fundo da água;
 - rebocar um transmissor eletromagnético na água;
 - rebocar concorrentemente pelo menos um cabo sismográfico flutuante com sensores eletromagnéticos na água;
 - acionar o transmissor eletromagnético em momentos seleciona-
 - 10 dos; e
 - gravar sinais detectados por sensores nos dispositivos de gravação nodais e no pelo menos um cabo sismográfico flutuante.
2. Método de acordo com a reivindicação 1, em que um espaçamento entre dispositivos de gravação nodais adjacentes é pelo menos
- 15 cerca de 3 quilômetros.
3. Método de acordo com a reivindicação 1, em que um comprimento do pelo menos um cabo sismográfico flutuante está entre cerca de 1 a 2 quilômetros.
4. Método de acordo com a reivindicação 1, compreendendo a-
- 20 dicionalmente:
 - rebocar concorrentemente uma pluralidade de cabos sismográficos flutuantes com sensores eletromagnéticos separados espaçados lateralmente; e
 - gravar sinais dos sensores nos mesmos em resposta a aciona-
 - 25 mentos do transmissor eletromagnético.
5. Método de acordo com a reivindicação 1, em que o transmissor eletromagnético é um dipolo elétrico horizontal.
6. Método de acordo com a reivindicação 1, compreendendo a-
- 30 dicionalmente inverter os sinais gravados do pelo menos um cabo sismográfico flutuante e dos dispositivos de gravação nodais para obter imagens de formações de rocha abaixo do fundo da água.
7. Método de acordo com a reivindicação 1, compreendendo a-

dicionalmente inverter conjuntamente sinais gravados tanto dos sensores nos dispositivos de gravação nodais quanto dos no pelo menos um cabo sismográfico flutuante.

- 5 8. Método de acordo com a reivindicação 1, compreendendo adicionalmente corrigir sinais detectados pelo cabo sismográfico flutuante com sensores em resposta ao transmissor para efeitos magnetotelúricos usando sinais magnetotelúricos detectados pelos dispositivos de gravação nodais.

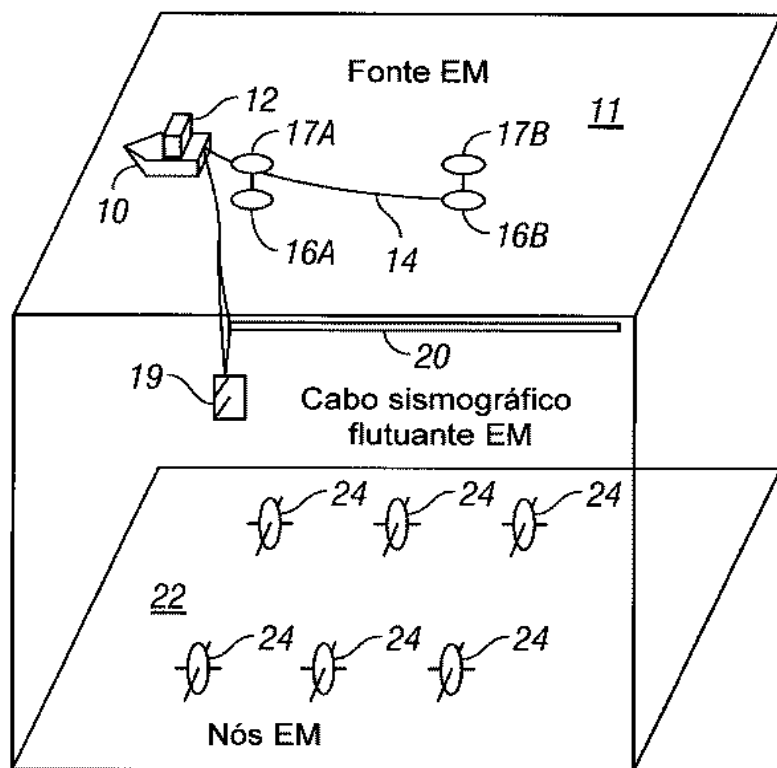


FIG. 1

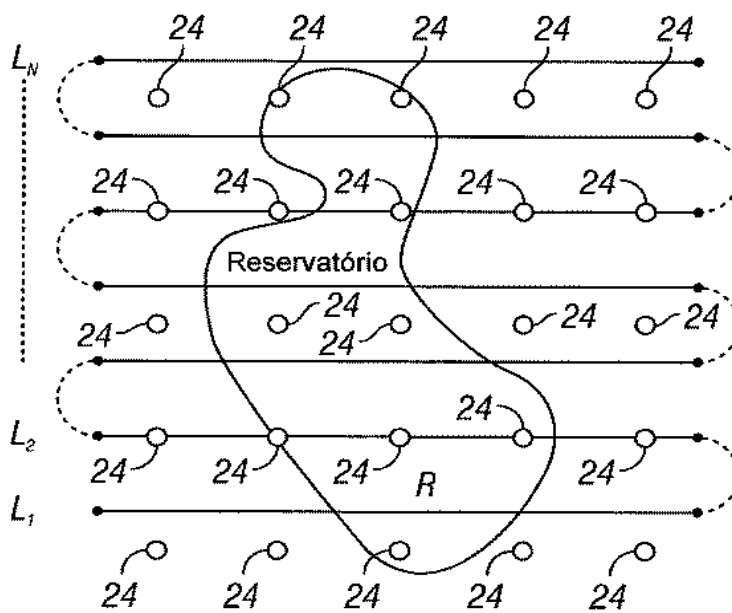


FIG. 2

RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODO DE LEVANTAMENTO ELETROMAGNÉTICO TRIDIMENSIONAL DE ALTA RESOLUÇÃO"**.

A presente invenção refere-se a um método para levantamento eletromagnético abaixo do fundo de um corpo de água inclui distribuir uma pluralidade de dispositivos de gravação nodais em um padrão selecionado no fundo da água. Um transmissor eletromagnético é rebocado na água. Pelo menos um cabo sismográfico flutuante com sensores eletromagnéticos é rebocado concorrentemente na água. O transmissor eletromagnético é acionado em momentos selecionados e sinais detectados por sensores nos dispositivos de gravação nodais e no pelo menos um cabo sismográfico flutuante são gravados.