



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

(11) PI 0017632-0 B1



(22) Data de Depósito: 28/03/2000

(45) Data da Concessão: 28/07/2015
(RPI 2325)

(54) Título: MÉTODO DE MONITORAMENTO SÍSMICO DE UMA ZONA SUBTERRÂNEA

(51) Int.Cl.: G01V1/00

(30) Prioridade Unionista: 30/03/1999 FR 99 004001

(73) Titular(es): COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE

(72) Inventor(es): Patrick Meynier

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO DE MONITORAMENTO SÍSMICO DE UMA ZONA SUBTERRÂNEA**".

Pedido dividido do PI0001493-1, depositado em 28/03/2000.

CAMPO DA INVENÇÃO

5 A presente invenção refere-se a um de monitoramento sísmico de uma zona subterrânea que usa um vibrador eletromecânico compacto.

FUNDAMENTO DA INVENÇÃO

 Tal vibrador encontra aplicações de forma notável dentro do escopo das operações de exploração química onde as imagens sísmicas de
10 uma formação subterrânea a ser explorada são formadas de ondas elásticas colidas por receptores sísmicos adequados, estas ondas sendo refletidas pelas discontinuidades do subsolo em resposta às ondas emitidas por uma fonte, qualquer uma de uma fonte impulsiva: carga de explosivos em um buraco, pistolas de ar rebocadas por uma embarcação no mar, etc. ou vibradores
15 emitindo sinais de duração variável, geralmente com uma frequência variável. A variação da frequência pode ser contínua dentro de uma certa faixa de frequência (varredura) como descrito na patente US-2.688.124 ou descontínua com codificação binária como na patente FR-2.589.587.

 Os vibradores podem ser vibradores do tipo eletromagnético,
20 eletrohidráulicos ou piezoelétricos por exemplo. Um vibrador do tipo piezoelétrico geralmente compreende uma chapa base acoplada com o solo, uma massa de inércia relativamente pesada acoplada com a chapa base por meio de um ou mais transdutores piezoelétricos. Cada transdutor compreende por exemplo uma barra consistindo de uma única peça ou de uma pilha
25 de discos de cerâmica piezoelétricos acoplados em série e elas está conectada com um gerador de sinal vibratório com fase ou frequência modulada. Um vibrador piezoelétrico é por exemplo descrito na patente US-5.005.665.

 A fim de obter força e amplitude vibracional suficientes, é necessário utilizar colunas de cerâmica de comprimento relativamente grande, da
30 ordem de 1 m na prática. Como resultado deste empilhamento, a massa de inércia pesada é colocada relativamente alta de modo que o vibrador fica instável e inadequado para trabalhar em um solo até mesmo ligeiramente

inclinado sem um apoio anterior. Além disso, as colunas de cerâmica de comprimento grande revelaram-se como sendo mais frágeis.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

O vibrador eletromecânico de acordo com a invenção permite
5 aplicar uma força vibracional a um meio material ao mesmo tempo que evitando as desvantagens mencionadas anteriormente. Ele compreende uma chapa base pretendida para ser acoplada durante a operação com uma superfície deste meio, uma massa de inércia conectada de forma firme com a chapa base por um dispositivo vibratório eletricamente conectado com um
10 gerador de excitação.

O dispositivo vibratório compreende pelo menos dois transdutores eletromecânicos incluindo cada um pelo menos um elemento motriz alongado (de qualquer tipo, mas de preferência compreendendo uma coluna por pilha de discos feitos de um material piezoelétrico ou magneto-estritivo),
15 cada elemento motriz do primeiro transdutor concertando-se de forma firme a chapa base com uma placa de relé e cada elemento motriz do segundo transdutor sendo conectado de forma firme, em uma extremidade, com a placa de relé e na extremidade oposta, com a massa de inércia colocada entre a chapa base e a placa de relé, o gerador de excitação compreendendo um dispositivo de deslocamento de fase para aplicar sinais com fase deslocada para respectivamente os dois transdutores.
20

De acordo com uma modalidade, o vibrador compreende um par de transdutores colocados no mesmo lado de uma placa de relé e acoplados de forma firme com a mesma, cada elemento motriz do segundo transdutor
25 conectando de forma firme a placa de relé com a massa de inércia.

De acordo com outra modalidade, o vibrador compreende pelo menos dois pares de transdutores, os transdutores de cada par sendo colocados no mesmo lado de uma placa de relé e de forma firme acoplados com a mesma, cada elemento motriz do segundo transdutor sendo conectado de
30 forma firme em uma extremidade, com a placa de relé e conectado, na extremidade oposta, com a massa de inércia por meio do segundo par de transdutores e das chapas retransmissoras.

De acordo com uma modalidade preferida, os transdutores eletromecânicos compreendem cada um uma ou mais colunas feitas de um material piezelétrico ou magneto-estritivo.

5 Com tal layout de pelo menos um par de transdutores eletromecânicos com elementos motrizes de comprimento limitado, acoplados e combinados por meio de uma ou mais chapas retransmissoras, a massa de inércia pode ser posicionada próxima à chapa base, o que permite obter um vibrador muito robusto e muito estável de altura total limitada.

10 Cada transdutor de preferência compreende vários elementos motrizes alongados dispostos paralelos um ao outro e conectados em paralelo com o dispositivo de deslocamento de fase.

15 De acordo com uma modalidade preferida, o tamanho do vibrador é diminuído por se fazer uma ou mais reentrâncias através da massa de inércia através das quais funcionam os elementos motrizes de cada um dos transdutores.

De acordo com outra modalidade preferida, pelo menos um alojamento é proporcionado na massa de inércia de modo que parte do comprimento dos elementos motrizes do segundo transdutor é alojada na espessura do mesmo.

20 O gerador de excitação de preferência compreende um dispositivo de conexão permitindo a excitação separada dos dois transdutores de cada par com sinais de excitação de amplitude de fase que pode ser modulada.

25 Em aplicações onde o critério de estabilidade não é particularmente buscado, é possível utilizar um vibrador compreendendo pelo menos três transdutores eletromecânicos interconectando a chapa base e a massa de inércia, estes transdutores sendo conectados uns com os outros por meio de pelo menos duas chapas retransmissoras, o gerador de excitação sendo conectado com os vários transdutores pelo dispositivo de deslocamento de fase adequado para aplicar os sinais de excitação com fase deslocada respectivamente aos mesmos, de modo a combinar os sinais vibratórios emitidos pelos vários transdutores.

30

Em certas aplicações onde o vibrador é para ser colocado em uma cavidade estendida por um poço de exploração reservatório, a chapa base, a massa de inércia e cada placa de relé podem ser proporcionadas com uma reentrância central para a passagem de uma tubulação.

5 A invenção também refere-se a um método pretendido para monitoramento sísmico de uma zona subterrânea tal como por exemplo um reservatório de armazenamento de fluido subterrâneo, compreendendo:

- acoplar um dispositivo de recepção de onda elástica com a zona (por exemplo, em um poço),
- 10 - instalar, durante o período de monitoramento da zona, pelo menos um vibrador compreendendo uma chapa base pretendida para ser acoplada durante a operação com uma superfície da zona (por exemplo, uma parte inferior de uma cavidade perfurada no solo ou nas paredes laterais da mesma), uma massa de inércia conectada de forma firme com a
- 15 chapa base por pelo menos dois transdutores eletromecânicos dispostos no mesmo lado de uma placa de relé e conectados de forma firme com a mesma, cada um compreendendo pelo menos um elemento motoriz alongado eletricamente conectado com um gerador de excitação pelo dispositivo de deslocamento de fase adequado par aplicar sinais
- 20 com fase deslocada respectivamente aos mesmo de modo a combinar os sinais vibratórios emitidos pelos vários transdutores,
- instalar uma rede de cabos elétricos conectados com os transdutores de cada vibrador, e
- conectar os cabos desta rede com uma estação central compreendendo pelo menos um gerador de excitação elétrica permitindo excitar cada um dos vibradores por sinais de amplitude e de fase que pode ser
- 25 modulada, um dispositivo permitindo a conexão seletiva de cada vibrador por meio desta rede de cabos elétricos e dispositivo para gravar os sinais vindo da zona subterrânea em resposta às ondas elásticas seletivamente transmitidas no solo por cada vibrador.
- 30

A invenção refere-se ainda a um método de monitoramento sísmico de uma zona subterrânea tal como um depósito de armazenamento de

fluido subterrâneo, compreendendo uma etapa de acoplar meios de recepção de ondas elásticas com a zona,

o método compreendendo adicionalmente as etapas de:

- instalar, para o período de duração do monitoramento da zona,
- 5 pelo menos um vibrador piezoelétrico para emitir ondas elásticas em um meio material, compreendendo uma chapa base acoplada com uma superfície única do meio sólido, os meios vibratórios compreendendo pelo menos dois transdutores eletro-mecânicos, cada um tendo pelo menos um elemento
- motriz alongado, cada elemento motriz do primeiro transdutor conectando
- 10 rigidamente a chapa base a uma placa de relé e cada elemento motriz do segundo transdutor estando, por uma primeira extremidade, fixado rigidamente na placa de relé, e pela extremidade oposta, conectado a uma segunda placa que é disposta entre a chapa base e a placa de relé, a segunda placa sendo uma massa de inércia;
- 15 instalar uma rede de cabos elétricos conectados aos transdutores de cada vibrador; e
- conectar os cabos da rede a uma estação central compreendendo pelo menos um gerador de excitação;
- aplicar, através de pelo menos um gerador de excitação, sinais
- 20 vibratórios defasados uns com relação aos outros, respectivamente, aos transdutores;
- colocar substancialmente em fase os deslocamentos da placa de relé e da chapa base;
- maximizar o movimento relativo da chapa base em relação à
- 25 massa de inércia;
- conectar seletivamente cada um dos vibradores através dos cabos elétricos à estação central; e
- registrar sinais emitidos da zona subterrânea em resposta às ondas sísmicas transmitidas seletivamente dentro do solo pelo vibrador de
- 30 cada dispositivo.

Os vibradores de preferência são colocados em cavidades proporcionadas no solo e os receptores de onda elástica acoplados com a for-

mação em um ou mais poços perfurados na formação, localização estas que são distintas ou não das cavidades. Eles são de forma adequada acoplados com a cavidade de modo a gerar ondas longitudinais ou transversais na formação.

5 Para o monitoramento sísmico de uma zona subterrânea, uma pluralidade de montagens feitas de vibradores e de receptores pode ser proporcionada e ciclos de monitoramento podem ser realizados com a excitação de vários vibradores (sucessivamente ou simultaneamente) de acordo com os modos particulares) e a gravação das ondas refletidas pelas formações
10 em resposta às ondas emitidas recebidas por vários receptores.

O vibrador de acordo com a invenção pode ser utilizado dentro do escopo das operações de prospecção sísmica terrestres bem como operações de monitoramento sísmico realizadas na terra ou na parte de baixo de uma massa de água.

15 Como um resultado da robustez e do tamanho reduzido do mesmo, o vibrador, de acordo com a invenção, pode ser prontamente instalado de forma permanente em uma cavidade proporcionada no solo e excitado de forma intermitente por meio da rede, dentro do escopo das operações de monitoramento da zona subterrânea, ou ele pode ser utilizado para
20 operações de prospecção sísmica.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Outros aspectos e vantagens do vibrador, de acordo com a invenção, ficarão claros a partir da leitura da descrição daqui para frente das modalidades exemplos que não são limitantes onde os transdutores são
25 transdutores do tipo piezoelétrico, com referência aos desenhos acompanhantes, onde:

- a Figura 1 apresenta de forma diagramática uma vista em seção transversal de uma primeira modalidade do vibrador de acordo com a invenção, cujos elementos motrizes são colunas consistindo de elementos
30 piezoelétricos sensíveis,

- a Figura 2 é uma vista da parte de cima em seção transversal ao longo de CC do mesmo vibrador, apresentando os respectivos layouts de

duas colunas do transdutor piezoelétrico,

- a Figura 3 apresenta de forma diagramática uma terceira modalidade do vibrador com dois transdutores coaxiais,

5 - a Figura 4 apresenta de forma diagramática uma quarta modalidade do vibrador com dois transdutores coaxiais,

- a Figura 5 é um diagrama das operações ilustrando uma modalidade onde o vibrador compreende dois pares de transdutores piezoelétricos imbricados,

10 - a Figura 6 apresenta de forma diagramática um primeiro exemplo do layout para o monitoramento de uma zona subterrânea,

- a Figura 7 apresenta uma instalação de múltiplas fontes de múltiplos poços para monitoramento sísmico periódico de uma zona subterrânea, e

15 - a Figura 8 apresenta de forma diagramática um exemplo do vibrador compreendendo um número desigual de transdutores.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

O vibrador V, de acordo com a invenção, é feito pelo acoplamento mecânico de transdutores compreendendo cada um várias colunas consistindo cada uma, como é conhecido na técnica, de pilhas de elementos
20 sensíveis eletricamente conectados em série, do tipo piezoelétrico, por exemplo.

A modalidade das Figuras 1, 2 compreende dois transdutores 1, 2 conectados em oposição, incluindo cada um vários pilares consistindo de discos empilhados. Uma primeira extremidade de cada coluna A do primeiro
25 transdutor piezoelétrico 1 está de forma firme ligada com uma chapa base 3 adequada para ser pressionada junto a superfície do solo na parte de baixo de um buraco. Na extremidade oposta do mesmo, as colunas A estão de forma firme ligadas com uma placa de relé 4. Cada coluna B do segundo transdutor piezoelétrico 2 está de forma firme ligada, em uma primeira ex-
30 tremidade, com a placa de relé 4 e na extremidade oposta da mesma, com uma massa de inércia de forma suficiente pesada 5. O layout é tal que a massa de inércia 5 é suspensa da placa de relé 4 pelas colunas B do se-

gundo transdutor piezoelétrico 2, a própria placa de relé 4 sendo suportada pelas colunas A situando-se na chapa base 3.

As colunas de cada transdutor piezoelétrico 1 ou 2 estão eletricamente conectadas em paralelo com um gerador de sinal vibratório 6 compreendendo o dispositivo de deslocamento de fase 7. Os transdutores piezoelétricos 1, 2 estão conectados por este dispositivo de deslocamento de fase 7 de modo que as respectivas vibrações dos mesmos combinam. A amplitude dos deslocamentos aplicados a partir da chapa base 3 em relação à massa de inércia 5 alcança um nível máximo quando ambos transdutores são alimentados em oposição de fase.

Esta combinação dos transdutores 1, 2 com as colunas de comprimento médio permite obter a mesma força e o mesmo alongamento como aqueles obtidos com um único transdutor utilizando colunas de cerâmica longas e mais frágeis. A montagem obtida, onde a massa de inércia está posicionada nas vizinhanças da chapa base, permite obter um vibrador compacto e mais estável.

A combinação dos dois transdutores oferece outra vantagem se dispositivos de conexão permitindo fornecer aos mesmos de forma separada a partir do gerador 6 forem utilizados. Por variar a amplitude dos sinais liberados para os transdutores 1, 2 respectivamente, bem como o deslocamento de fase aplicado aos mesmos pelo dispositivo de deslocamento de fase 7, a curva de resposta do vibrador pode ser corrigida e em particular seu espectro de frequência pode ser igualado.

As aberturas 8 de preferência são proporcionadas através da massa de inércia 5 a fim de permitir a passagem livre das colunas A do transdutor piezoelétrico 1 conectando a chapa base 3 com a placa de relé 4. A superfície do piso do vibrador e as dimensões da placa de relé portanto são reduzidas, a última sendo portando mais rígida. Como apresentado na Figura 2, as colunas dos transdutores 1, 2 são de preferência distribuídas em intervalos angulares retangulares em relação uma a outra.

Também é possível ganhar em altura por proporcionar as cavidades 9 na massa de inércia 5 de modo que parte do comprimento das co-

lunas B do segundo transdutor piezoelétrico 2 fique alojada na espessura da mesma.

A tensão liberada pelo gerador 6 pode ser modulada em frequência e/ou em amplitude de modo a implementar técnicas de exploração sísmica conhecidas utilizando vibradores de frequência variável.

Os transdutores 1, 2 podem também ser dispostos de forma concêntrica como apresentado nas Figuras 3, 4.

De acordo com a modalidade da Figura 3, a chapa base 3 está acoplada com a placa de relé 4 por uma única coluna central A consistindo de uma pilha de discos sensíveis. O acoplamento entre a placa de relé 4 e a massa de inércia 5 é proporcionado por uma pilha B de discos anulares dispostos ao redor da coluna central A. A massa de inércia 5 compreende uma reentrância central 11 permitindo a passagem livre da coluna central A.

De acordo com a modalidade da Figura 4, é uma pilha A de discos anulares que conecta de forma firme a chapa base 3 com a placa de relé 4, ao passo que a conexão entre a placa de relé e a massa de inércia 5 é proporcionada por uma coluna B atravessando a pilha A.

De acordo com a modalidade da Figura 5, também é possível utilizar um segundo par de transdutores associados com o primeiro permitindo, através do retorno duplo, posicionar a massa 5 nas vizinhanças da chapa base 3. Com tal layout, um primeiro grupo de colunas A conecta a chapa base 3 com uma primeira placa de relé R1, um segundo grupo de colunas B conecta, em direção oposta, a primeira placa de relé R1 com uma segunda placa de relé R2, a própria conectada por um grupo de colunas C com uma terceira placa de relé R3, nas vizinhanças da primeira placa de relé R1. Finalmente, as colunas D conectam a terceira placa de relé R3 com a massa de inércia 5, nas vizinhanças da segunda placa de relé e da chapa base 3.

Com tal layout de quatro transdutores excitados de forma separada em amplitude e com a fase deslocada de forma adequada em relação um ao outro, as possibilidades de ajuste da curva de resposta global do vibrador são aumentadas.

A disposição descrita da localização das colunas do transdutor respectivamente entre a placa de relé (4, R1) por um lado e da chapa base 3 e a massa de inércia 5 não é limitativa. Qualquer outro posicionamento das colunas em relação uma a outra, permitindo a massa de inércia ser posicionada nas vizinhanças da superfície de acoplamento do vibrador com o solo, pode ser selecionada.

Em aplicações onde a estabilidade do vibrador, obtida como descrito por posicionar a massa de inércia 5 nas vizinhanças da chapa base 3, não é particularmente buscada, é possível utilizar, sem sair do escopo da invenção, um número desigual de transdutores como diagramaticamente ilustrado na Figura 8. As colunas A de um primeiro transdutor conectam a chapa base 3 com uma primeira placa de relé R1. No mesmo lado desta primeira placa de relé, as colunas B de um segundo transdutor conectam o mesmo com uma segunda placa de relé R2. A massa de inércia 5 está conectada com a segunda placa de relé R2 pelas colunas C de um terceiro transdutor, situado no mesmo lado da mesma como as colunas B.

O vibrador, como descrito acima, pode ser utilizado como uma fonte permanente dentro do escopo das técnicas de monitoramento sísmico de reservatório subterrâneo descritas, por exemplo, nas patentes FR-2.674.029, (US-5.243.562), EP-0.748.457 (US-5.724.311) ou no pedido de patente FR-98/02.170 onde os receptores sísmicos e uma ou mais fontes de onda elástica acopladas com o dispositivo de fornecimento de energia estão instaladas de forma permanente em um local de desenvolvimento a fim de executar inspeções sísmicas periódicas.

Os vibradores G, tal como estes descritos acima, podem ser (FIG. 6) prontamente acoplados com a superfície ou instalados na vizinhança da superfície. Eles de preferência são instalados de preferência em cavidades subterrâneas profundas S (por exemplo cerca de dez metros).

A chapa base 3 do vibrador pode ser levada em contato com a parte de baixo e/ou com as paredes de modo a gerar nas formações envolventes, como pode ser o caso, ondas longitudinais ou ondas transversais ou ondas de corte transversal.

Cada vibrador está conectado por cabos elétricos 12, possivelmente enterrados, com um gerador de sinal vibratório em uma estação central 13 também adequada para coletar e gravar os sinais colhidos pelo dispositivo de recepção R, abaixado dentro de um ou mais poços W, em resposta aos sinais vibratórios emitidos.

Os poços W podem ser perfurados especialmente para instalar os receptores R nos mesmos, em uma profundidade de algumas centenas de metros. Um ou mais dos mesmos podem também ser poços pretendidos para o desenvolvimento da zona subterrânea, os receptores sendo instalados atrás do tubo de revestimento ou associados com uma tubulação de desenvolvimento do poço.

Cada cavidade pode ser formada por aumentar um poço W para os receptores na parte superior do mesmo, ou perfurada vários metros da parte de cima do buraco. Para aplicações onde a cavidade é atravessada por uma tubulação pretendida para desenvolvimento de uma zona subterrânea, um vibrador adequado pode ser colocado ao redor da mesma e utilizado. A chapa base 3, a massa de inércia 5 e cada uma das chapas retransmissora 4 de tal vibrador portanto são proporcionados com uma abertura central permitindo a passagem da tubulação.

De acordo com a modalidade apresentada na Figura 7, vários pares de poços W e das cavidades S tal como aquelas apresentadas na Figura 6 são perfuradas em uma distância uma da outra através do todo da zona subterrânea a ser monitorada.

Os vibradores podem ser excitados sucessivamente. Os sinais sísmicos recebidos em resposta as ondas emitidas por um vibrador são colhidos pelos receptores R nos vários poços e correlacionados com as ondas sísmicas emitidas.

Os vibradores também podem ser atuados simultaneamente sabido que eles são excitados a cada minuto por sinais específicos obtidos pelo deslocamento de frequência contínuo ou pela variação de código binário descontínua como na patente mencionada anteriormente FR-2.589.587, de modo que o ponto de emissão pode ser identificado pela correlação com

os sinais recebidos nos vários poços W.

As aplicações terrestres do vibrador, de acordo com a invenção, foram descritas. Entretanto ele pode ser acoplado com a parte inferior de uma massa de água para monitoramento sísmico de zonas subterrâneas.

- 5 Ele também pode ser utilizado para operações de prospecção sísmica.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de monitoramento sísmico de uma zona subterrânea tal como um depósito de armazenamento de fluido subterrâneo, compreendendo as etapas de
 - 5 acoplar meios (R) de recepção de ondas elásticas com a zona, e
 instalar, para o período de duração do monitoramento da zona, pelo menos um vibrador piezoelétrico para emitir ondas elásticas em um meio material, compreendendo uma chapa base (3) acoplada com uma superfície única do meio sólido, os meios vibratórios compreendendo pelo menos dois transdutores eletro-mecânicos (1, 2), cada um tendo pelo menos um elemento motriz alongado, cada elemento motriz (A) do primeiro transdutor (1) conectando rigidamente a chapa base (3) a uma placa de relé (4, R1) e cada elemento motriz (B) do segundo transdutor (2) estando, por uma primeira extremidade, fixado rigidamente na placa de relé (4, R1), e pela extremidade oposta, conectado a uma segunda placa (5) que é disposta entre a chapa base (3) e a placa de relé (4, R1), a segunda placa sendo uma massa de inércia;
 - 15 instalar uma rede de cabos elétricos (12) conectados aos transdutores (1, 2) de cada vibrador; e
 - 20 conectar os cabos (12) da rede a uma estação central (13) compreendendo pelo menos um gerador de excitação (6, 7);
 o método sendo ainda caracterizado por compreender as etapas de:
 - 25 aplicar, através de pelo menos um gerador de excitação (6, 7), sinais vibratórios defasados uns com relação aos outros, respectivamente, aos transdutores (1, 2);
 colocar substancialmente em fase os deslocamentos da placa de relé e da chapa base;
 maximizar o movimento relativo da chapa base em relação à massa de inércia (5);
 - 30 conectar seletivamente cada um dos vibradores através dos cabos elétricos (12) à estação central (13); e

registrar sinais emitidos da zona subterrânea em resposta às ondas sísmicas transmitidas seletivamente dentro do solo pelo vibrador de cada dispositivo.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo**
5 **fato de que** compreende as etapas de instalar pelo menos um vibrador (V) em pelo menos uma cavidade (S) proporcionada no solo e o acoplar o mesmo com as formações envolvendo a cavidade, para gerar ondas longitudinais ou transversais na mesma.

3. Método, de acordo com uma das reivindicações 1 ou 2, **carac-**
10 **terizado pelo fato de que** compreende a etapa de acoplar receptores (R) de ondas elásticas em pelo menos um poço (W) perfurado na formação.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo**
fato de que compreende a etapa de distribuir na zona uma pluralidade de grupos de vibradores e de receptores (R) acoplados à formação sob a super-
15 fície e realizar os ciclos de monitoramento com excitação dos diferentes vibradores e registrar as ondas refletidas pela formação em resposta às ondas emitidas pelos vibradores e recebidas por diferentes receptores.

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pelo**
fato de que os diferentes vibradores são acionados sucessivamente.

20 6. Método, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pelo**
fato de que os diferentes vibradores são excitados por sinais específicos e acionados simultaneamente.

1/2
FIG.1

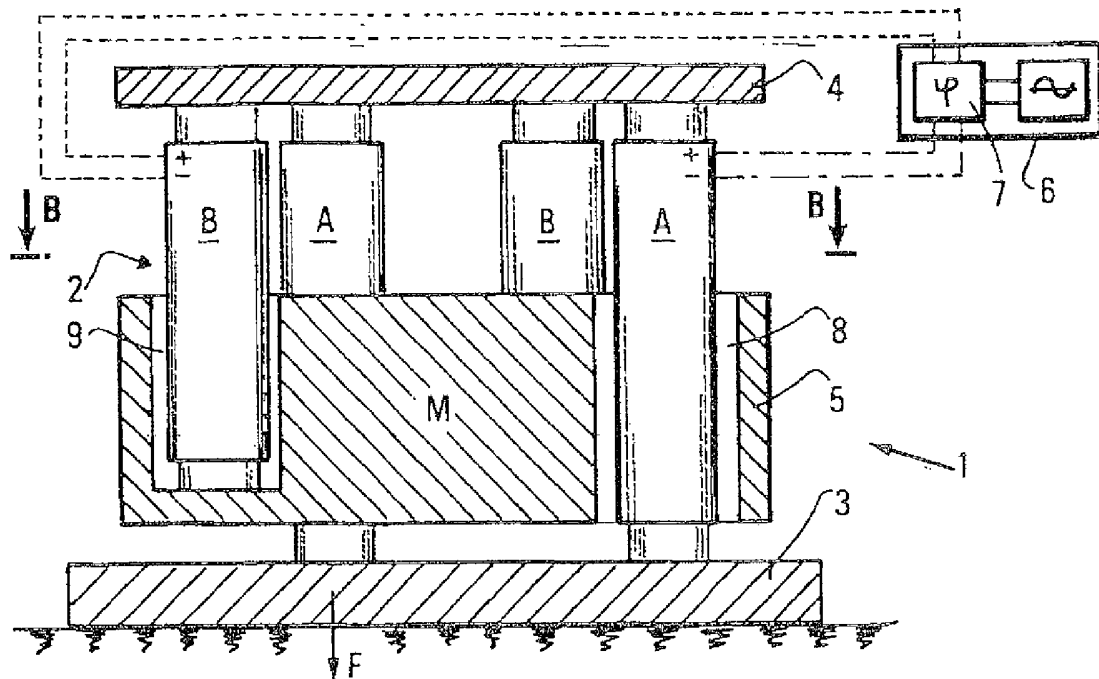
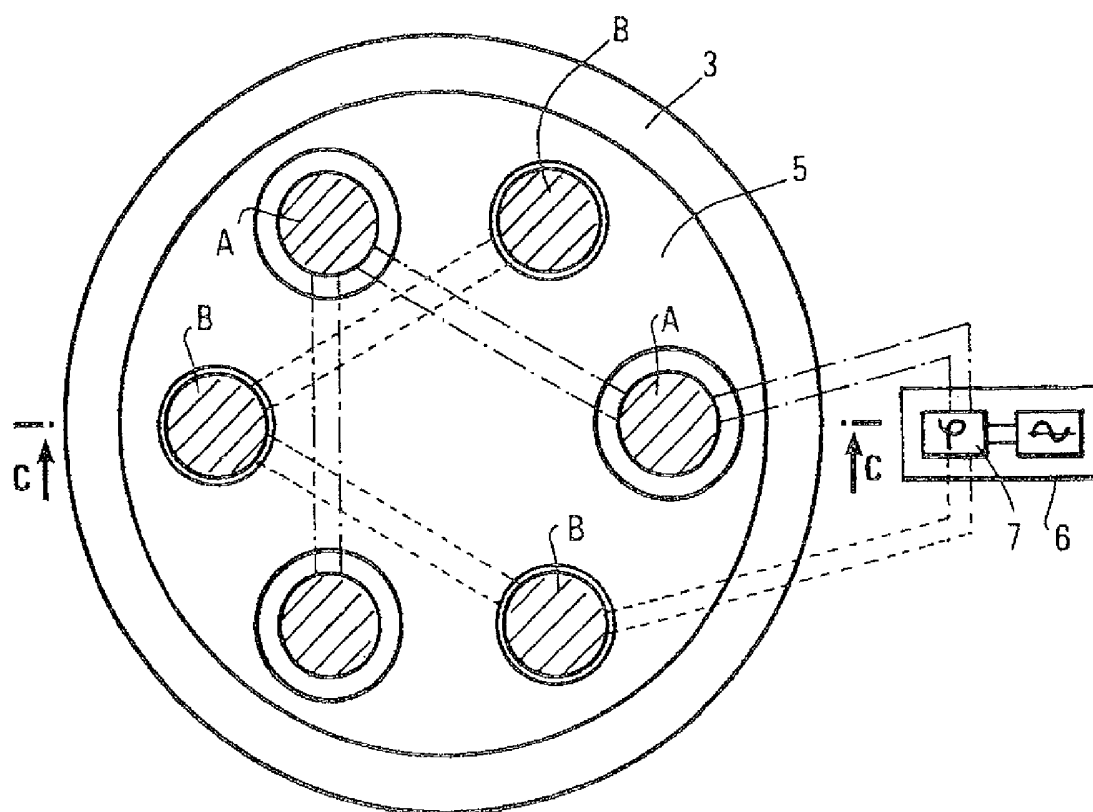
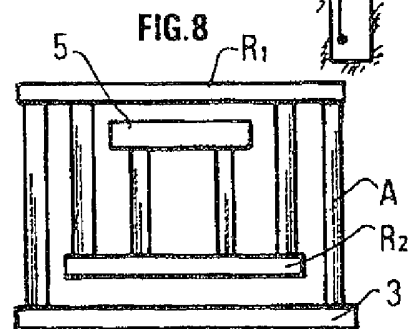
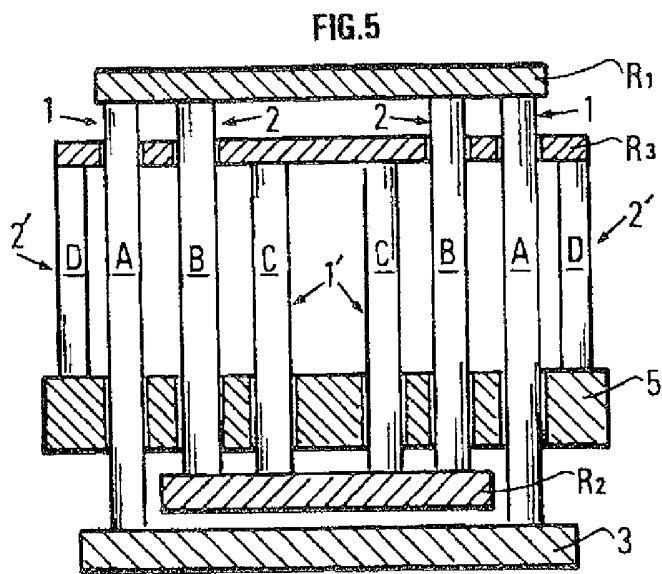
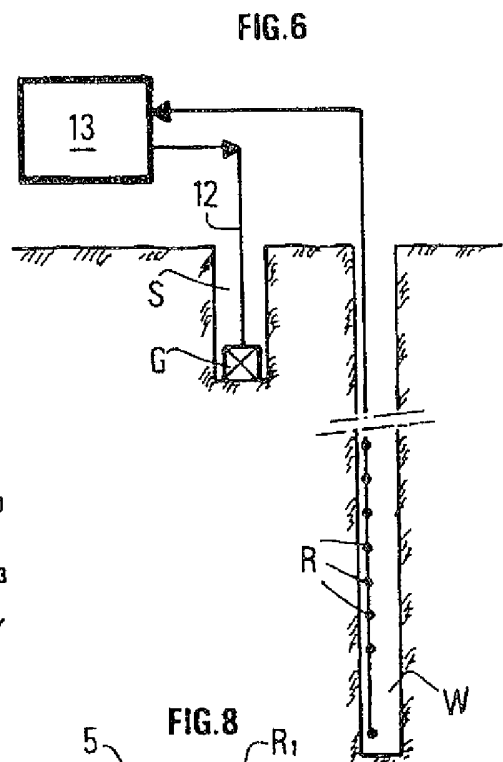
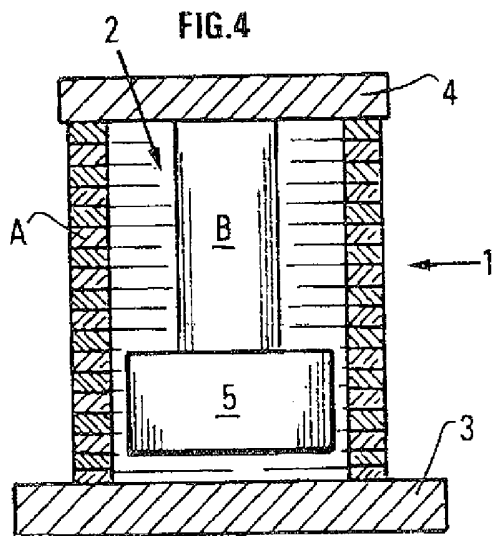
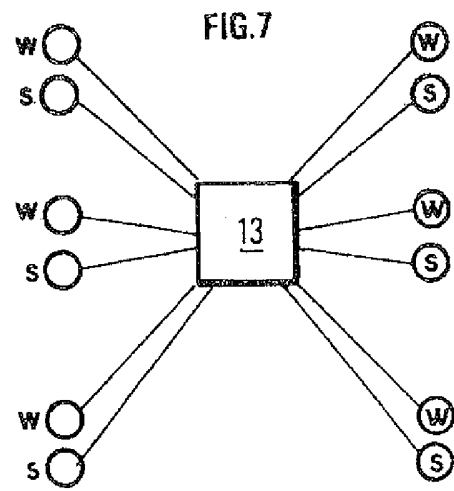
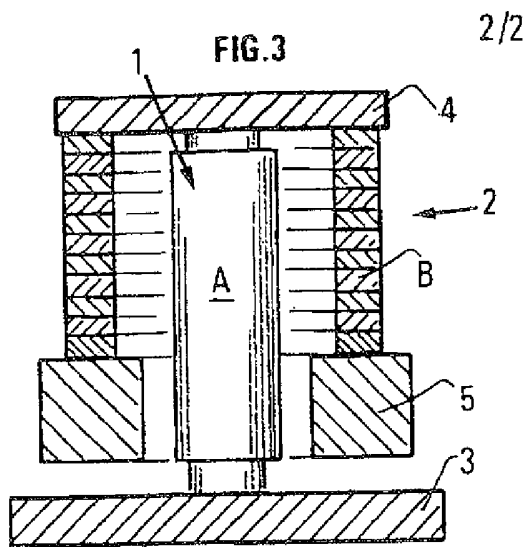


FIG.2





RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODO DE MONITORAMENTO SÍSMICO DE UMA ZONA SUBTERRÂNEA"**.

A invenção refere-se a um método de monitoramento sísmico de
5 uma zona subterrânea tal como um depósito de armazenamento de fluido subterrâneo, compreendendo acoplar meios (R) de recepção de ondas elásticas com a zona, compreende as etapas de: instalar, para o período de duração do monitoramento da zona, pelo menos um vibrador piezoelétrico para emitir ondas elásticas em um meio material, compreendendo uma chapa
10 base (3) acoplada com uma superfície única do meio sólido, os meios vibratórios compreendendo pelo menos dois transdutores eletro-mecânicos (1, 2), cada um tendo pelo menos um elemento motriz alongado, cada elemento motriz (A) do primeiro transdutor (1) conectando rigidamente a chapa base (3) a uma placa de relé (4, R1) e cada elemento motriz (B) do segundo
15 transdutor (2) estando, por uma primeira extremidade, fixado rigidamente na placa de relé (4, R1), e pela extremidade oposta, conectado a uma segunda placa (5) que é disposta entre a chapa base (3) e a placa de relé (4, R1), a segunda placa sendo uma massa de inércia; instalar uma rede de cabos elétricos (12) conectados aos transdutores (1, 2) de cada vibrador; e conectar os cabos (12) da rede a uma estação central (13) compreendendo pelo
20 menos um gerador de excitação (6, 7) adaptado para aplicar, respectivamente, aos transdutores (1, 2), sinais vibratórios defasados uns com relação aos outros, de maneira a colocar substancialmente em fase os deslocamentos da placa de relé e da chapa base e maximizar o movimento relativo da chapa base em relação à massa de inércia (5), meios de conexão seletiva do
25 vibrador de cada dispositivo através dos cabos elétricos (12), e meios de registro de sinais emitidos da zona subterrânea em resposta às ondas sísmicas transmitidas seletivamente dentro do solo pelo vibrador de cada dispositivo.