



(12) PATENT

(19) NO

(11) 334278

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

G01V 1/02 (2006.01)

G01V 1/24 (2006.01)

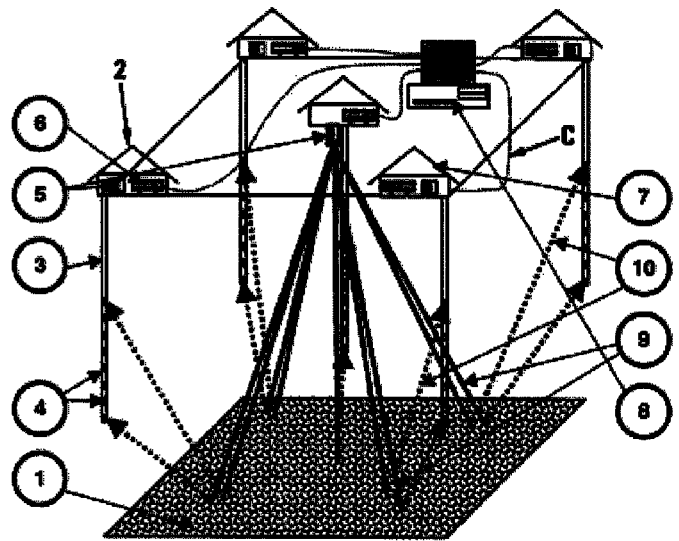
G01V 1/40 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20014972	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2001.02.09 PCT/FR2001/00379
(22)	Inng.dag	2001.10.12	(85)	Videreføringsdag	2001.10.12
(24)	Løpedag	2001.02.09	(30)	Prioritet	2000.02.14, FR, 0001792
(41)	Alm.tilgj	2001.12.12			
(45)	Meddelt	2014.01.27			
(73)	Innehaver	Gaz de France, Propriété Industrielle, 23, rue Philibert Delorme, F-75840 Paris Cédex 17, Frankrike CGGVeritas Services SA, 1, rue Léon Migaux, FR-91341 MASSY CEDEX, Frankrike			
(72)	Oppfinner	Julien Meunier, 12, rue de Père Guérin, FR-75013 PARIS, Frankrike			
(74)	Fullmektig	Bryn Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO, Norge			

(54)	Benevnelse	Fremgangsmåte for seismisk overvåkning av en undergrunnssone ved samtidig bruk av flere vibroseismiske kilder
(56)	Anførte publikasjoner	DE 1913875 A EP 0419245 A2 GB 2306219 A US 4188611 A EP 0937997 A1
(57)	Sammendrag	

Det er beskrevet en fremgangsmåte og et system innrettet for seismisk overvåkning av en undergrunnssone (1), omfattende samtidig bruk av flere seismiske vibratorer. - Systemet omfatter f.eks. flere lokale enheter (LU) som hver omfatter en vibrator (5), en seismisk mottakerantenne (2), en lokal innsamlings- og behandlingseenhet (6), og en sentral styre- og synkroniserings-enhet (8) for samtidig styring av de forskjellige vibratorer ved hjelp av ortogonale signaler, idet de lokale enheter (6) er innrettet for, ved hjelp av spesiell behandling, å isolere og rekonstruere de seismogrammer som svarer til bidragene fra de forskjellige vibratorer. - Anvendelsesområder: overvåkning av et hydrokarbonreservoar under produksjon, eller av et reservoar brukt til f.eks. gasslagring.



Foreliggende oppfinnelse vedrører en fremgangsmåte og en anordning innrettet for seismisk overvåkning av en undergrunnssone, slik som et reservoar, omfattende samtidig bruk av flere seismiske vibrasjoner.

Det er velkjent å overvåke langtidsvariasjonene av tilstanden til et reservoar under produksjon, enten et hydrokarbonreservoar eller et reservoar innrettet for gasslagring, ved hjelp av et seismisk system som omfatter en seismisk impulskilde eller en seismisk vibrator som sender ut seismiske bølger i grunnen, og en mottakeranordning omfattende seismiske følere anordnet på overflaten eller i brønner og som er koplet med de formasjoner som skal overvåkes. Ved forutbestemte tidsintervaller blir en seismisk undersøkelse utført med bølgeutsendelse, mottakelse av de bølger som er reflektert av diskontinuiteter i undergrunnen, og registrering av seismogrammer for ved sammenligning å bestemme de endringer som finner sted i reservoaret som et resultat av utnyttelsen av dette.

Forskjellige seismiske langtidsovervåkningssystemer er f.eks. beskrevet i patentene EP-0,591,037 (US-5,461,594), FR-2,593,292 (US-4,775,009), FR-2,728,973 (US-5,724,311) eller FR-2,775,349.

Patentene FR-2,728,973 og FR-2,775,349 beskriver spesielt systemer innrettet for seismisk overvåkning av en undergrunnssone under utvikling, enten et hydrokarbonreservoar eller et gasslagringsreservoar, f.eks. Som vist skjematisk på fig. 1 til 3 omfatter de f.eks. et nett av seismiske antenner 2 som hver består av en rekke seismiske følere 4 anordnet med jevne mellomrom langs en brønn 3 som er boret i grunnen. Dette nettet kan være regulært som vist på fig. 2, eller irregulært. Følerne kan være geofoner som virker i én retning, orientert vertikalt, eller fleraksegeofoner (trifoner) og/eller hydrofoner. En seismisk kilde 5 er anordnet i nærheten av hver antenne 2. Vibrasjoner av piezoelektrisk type slik som de som er beskrevet i fransk patentsøknad 99/04,001 som er inngitt av de foreliggende patentsøkere, blir fortrinnsvis brukt som kilder og er permanent installert i den umiddelbare nærhet av hver antenne 2.

De seismiske bølger som genereres av den eller hver seismisk kilde 5 blir forplantet nedover (nedadgående bølger 9). Disse innfallende bølgene blir først registrert av mottakere 4 i hver brønn 3. De bølgene som reflekteres av diskontinuiteter i sonen (seismiske grenseflater) blir forplantet oppover. Disse oppadgående bølgene blir også registrert av de forskjellige mottakere 4. De oppadgående bølger og

nedadgående bølger er således overlappet på seismogrammene. De blir vanligvis behandlet ved hjelp av en fremgangsmåte i likhet med VSP-behandlingsmetoden (VSP, vertikale seismiske profiler) som er velkjent for fagkyndige på området.

De forskjellige kilder i det seismiske system kan aktiveres suksessivt ved mellom hver utløsning å tilveiebringe et tilstrekkelig tidsintervall for mottakelse av de bølger som er reflektert av den undersøkte sone. Flere seismiske kilder som sender ut de samme signaler, kan også brukes og utløses samtidig for å øke sender-effekten.

Patent FR-2,589,587 (US-4,780,856) beskriver også en marin seismisk lete-metode som omfatter utsendelse av seismiske bølger av en vibrator eller samtidig av flere vibratorene som styres ved hjelp av kodede vibrasjonssignaler i henhold til en pseudotilfeldig kode.

Fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen gjør det mulig å utføre operasjoner innrettet for seismisk overvåking av en undergrunnsformasjon. Den omfatter:

- utsendelse av seismiske bølger i formasjonen ved kopling til formasjonen av minst to vibratorene som sender samtidig og som er styrt av ortogonale signaler for å danne et sammensatt vibrasjonssignal 1,

- mottakelse av signaler reflektert av formasjonen som reaksjon på utsendelsen av seismiske bølger,

- registrering av de signaler som er mottatt av minst én seismisk mottaker, og
- dannelsen av seismogrammer ved å behandle de registrerte signaler, omfattende diskriminering av de respektive bidrag for vibratorene til det sammensatte vibrasjonssignal, og rekonstruksjon av seismogrammer som er ekvivalente med de som ville bli oppnådd ved å aktivere vibratorene separat.

Sinusformede signaler ved forskjellige frekvenser, i deres grunnkomponenter så vel som i sine respektive harmoniske, eller signaler basert på småbølger, på Legendre-polynomer eller på tilfeldige rekker, osv., blir f.eks. brukt som ortogonale signaler.

I det tilfelle hvor spesielt ortogonale signaler utsendes som sinusformede signaler, blir f.eks. diskriminering av de respektive bidrag fra vibratorene utført ved å bestemme amplituden og fasen til det sammensatte vibrasjonssignal ved grunnfrekvensene til de pilotsignaler som påtrykkes vibratorene.

Diskriminering av de respektive bidrag fra vibratorene omfatter f.eks. å veie det registrerte signal ved hjelp av en klokkeveiefaktor (eller en konisk faktor) og bestemme amplituden og fasen til det sammensatte signal.

5 For å utføre diskriminering av de respektive bidrag fra vibratorene, blir det f.eks. utført et valg ved hjelp av Fourier-transformasjon av linjene i det komplekse spektrum som henholdsvis er tilordnet de forskjellige veide signaler.

Rekonstruksjon av seismogrammene som spesielt svarer til de forskjellige vibratorer, blir utført ved f.eks. å anvende, etter separasjon, av en invers Fourier-transformasjon på de linjer som henholdsvis er tilknyttet de forskjellige veide
10 signaler.

Ifølge en implementeringsmåte blir frekvensene til de ortogonale styresignaler som henholdsvis påtrykkes de forskjellige vibratorer, forskjøvet med frekvensintervaller, ved forutbestemte tidsintervaller, for å sveipe et visst sendefrekvensbånd.

Systemet som er innrettet for seismisk overvåkning av en undergrunns-
15 formasjon i henhold til oppfinnelsen, omfatter en anordning som muliggjør utsendelse av seismiske vibrasjoner i formasjonen, omfattende minst to vibratorer, og en anordning for å generere ortogonale signaler og for å påtrykke dem på hver av vibratorene for i formasjonen å generere et sammensatt vibrasjonssignal, en anordning som muliggjør mottakelse av de signaler som er reflektert av formasjonen
20 som reaksjon på utsendelsen av seismiske bølger, en anordning for å registrere signalene som er mottatt av mottakeranordningene, og en anordning for å behandle de signaler som er registrert for å danne seismogrammer, omfattende minst én data-maskin innrettet for å utføre diskriminering av de respektive bidrag fra vibratorene til det sammensatte vibrasjonssignal og rekonstruksjon av seismogrammer ekvivalent
25 med de som ville bli oppnådd ved separat aktivering av vibratorene.

Ifølge en første implementeringsmåte omfatter systemet minst to lokale enheter anordnet i avstand fra hverandre og koplet til formasjonen, idet hver enhet omfatter minst én seismisk mottaker, en seismisk vibrator, en lokal innretning innrettet for innsamling og behandling av de mottatte signaler, og en sentral styre- og
30 synkroniseringsenhet koplet til de forskjellige enheter, omfattende en generator innrettet for å tilføre vibratorene de ortogonale vibrasjonsstyresignaler.

Ifølge en annen implementeringsmåte omfatter systemet minst to lokale enheter anordnet i avstand fra hverandre og koplet til formasjonen, idet hver enhet

omfatter minst én seismisk mottaker, en seismisk vibrator og en sentral styre- og synkroniseringsenhet koplet til de forskjellige lokale enheter ved hjelp av en materiell- (f.eks. kabler) eller immateriell forbindelse (radio), og omfattende en signal-generator innrettet for å danne de forskjellige ortogonale vibrasjonsstyresignaler, og
5 en anordning innrettet for innsamling av de signaler som er mottatt av de forskjellige antenner og for rekonstruksjon av seismogrammer svarende til bidragene fra de forskjellige vibratorer.

Mottakeranordningen omfatter f.eks. minst én antenne bestående av flere seismiske mottakere anordnet langs en brønn som er boret i formasjonen, idet
10 denne antennen er koplet til registreringsanordningen.

Andre trekk og fordeler ved fremgangsmåten og systemet ifølge oppfinnelsen vil fremgå av den følgende beskrivelse av ikke-begrensede eksempler, under henvisning til de vedføyde tegninger, hvor:

- fig. 1 skjematisk viser et system innrettet for overvåkning av en undergrunns-
15 formasjon, omfattende flere signalsender- og innsamlingsenheter,

- fig. 2 viser et eksempel på fordeling av overvåkningsinnretninger på overflaten,

- fig. 3 skjematisk viser en signalsender- og innsamlingsenhet omfattende seismiske mottakere innrettet for å danne antenner,

- fig. 4 viser en variant av overvåkningssystemet på fig. 1 hvor den seismiske signalinnsamlingsanordning er sentralisert i en sentral stasjon,

- fig. 5 illustrerer de forskjellige trinn i algoritmen for implementering av fremgangsmåten, og

- fig. 6 skjematisk viser banen til bølgene mellom to senderpunkter X1, X2 og
25 et felles mottakspunkt.

Fremgangsmåten gjør det således mulig å utføre seismiske overvåkningsoperasjoner i en undergrunnsone ved å bruke en rekke seismiske mottakere og et antall vibratorer som aktiveres samtidig ved hjelp av signaler ved forskjellige
30 frekvenser som er valgt for å gjøre det mulig å diskriminere bidragene fra hver kilde til de seismogrammer som dannes av de signaler som er mottatt og registrert. Dette blir vanligvis gjort ved å styre de forskjellige kilder ved hjelp av "ortogonale" signaler som representerer funksjoner kalt ortogonale funksjoner, som er velkjent for

fagdyndige på området, og ved å bruke velkjente numeriske beregningsteknikker, slik som den inverse Fourier-transformasjon, til å atskille bidragene til seismogrammene som er fremskaffet av de forskjellige vibratorer, som forklart i det etterfølgende ved hjelp av de følgende begrep:

5	• Konvolvering	*	
	• Korrelering		
	• Sendelengde	t_s	(sekunder)
	• Lytteperiode	t_e	(sekunder)
	• Samplingsintervall	t_i	(sekunder)
10	• Startfrekvens	f_b	(Hertz)
	• Slutfrekvens	f_f	(Hertz)
	• Grunnfrekvens	$f_i = 1/t_e$	(Hertz)
	• Linjebredde	f_d	(Hertz)

15 A - Ortogonale funksjoner

Vi betrakter to sinusformede enhetssignaler P_1 og P_2 ved respektive frekvenser f_1 og f_2 utsendt av to kilder S_1 og S_2 anbrakt ved punktene X_1 og X_2 (fig. 6) over en varighet t_s hvis verdi er stor sammenlignet med $1/f_1$ og $1/f_2$.

$$P_1 = \sin 2\pi f_1 t$$

$$20 \quad P_2 = \sin 2\pi f_2 t.$$

De registrerte seismogrammer for de signaler som er mottatt ved et mottakspunkt R fra kilde S_1 som sender alene, er: $T_1 = A_1 \sin(2\pi f_1 t - \Phi_1)$ hvor Φ_1 er en faseforsinkelse.

Likeledes er det seismogram som observeres ved det samme punkt R fra S_2 når denne sender alene: $T_2 = A_2 \sin(2\pi f_2 t - \Phi_2)$ hvor Φ_2 også er en faseforsinkelse.

Hvis S_1 og S_2 sender samtidig, medfører lineariteten til utsendelsen av de seismiske bølger at seismogrammet for de bølger som er mottatt ved R, er summen av T_1 og T_2 .

Hvis $f_1 \neq f_2$, så er videre:

$$30 \quad P_2 \quad P_1 = 0 \quad (A),$$

$$T \quad P_1 = T_1 \quad P_1 \quad (B), \text{ og}$$

$$T \quad P_2 = T_2 \quad P_2 \quad (C).$$

Ligning (A) uttrykker ortogonaliteten til signalene P_1 og P_2 ; ligningene (B) og (C) uttrykker muligheten for å atskille det sammensatte signal T i dets to komponenter. Denne egenskapen gjelder teoretisk et hvilket som helst antall kilder som sender sinusbølger ved forskjellige frekvenser, eller mer nøyaktig, ortogonale signaler, men i praksis må antall kilder begrenses på grunn av de følgende fenomener:

a) den forvrengning som ikke kan ses bort fra med mekaniske kilder. Når den sender ut frekvens f_1 , sender kilden S_1 også frekvensene $2f_1, 3f_1 \dots nf_1$. Hvis f_i og f_j følgelig er de respektive frekvensene til de to kildene S_i og S_j i gruppen med kilder, må vi ha $f_i \neq f_j$, så vel som $f_i \neq 2f_j, f_i \neq 3f_j, \dots f_i \neq nf_j$;

b) den nødvendigvis avkortede beskaffenheten til utsendelseslengden (t_s), som i frekvensdomene uttrykkes ved hjelp av en konvolvering av linjen (impulsen) ved hjelp av Fourier-transformasjonen av avkortningen. Hvis sistnevnte er plutselig (multiplikasjon med "boxcar" av lengde t_s), er det en diffraksjonsfunksjon med stor bredde. Hvis den er progressiv (multiplikasjon med en klokkeformet kurve eller en Gauss-kurve eller en Hanning-funksjon, f.eks.), er den en annen klokkefunksjon hvis bredde er omvendt proporsjonal med lengden av avkortningen, og

c) uregelmessighetene til kildene som påvirker deres stabilitet og nøyaktigheten av de utsendte frekvenser. I praksis kan det anses at denne uregelmessigheten ganske enkelt bidrar til økningen av linjebredden.

De enkleste ortogonale funksjoner er sinusfunksjoner av forskjellige frekvenser. Andre ortogonale funksjoner kan også benyttes: funksjoner basert på Legendre-polynomer, småbølger, tilfeldige rekker, osv.

B - Reversibilitet av Fourier-transformasjonen

Istedenfor å utsende en sinusformet T_i med frekvens f_i , amplitude A_i og fase Φ_i , hvis man sender det sammensatte signal P_t bestående av summen av N sinusbølger $\{f_i, A_i, \Phi_i\}$ med $1 \leq i \leq N$, idet alle frekvensene befinner seg i et spektralband mellom to grensefrekvenser f_b og f_r , vil seismogrammet T_1 som observeres ved punkt R ha som Fourier-transformasjon ved frekvens f_i antallet med amplitude A_i og fase Φ_i lik amplituden og fassen til sinusbølgen T_i . Det er således mulig, ved suksessiv utsendelse av alle sinusbølgene ved frekvensene f_b til f_r , å rekonstruere seismogrammet T_t ved hjelp av invers Fourier-transformasjon.

I tilfeller hvor f.eks. alle amplitudene A_i er lik 1 og alle fasene $\Phi_i = 0$, er signalet P_t som oppnås, meget nær det signal som er et resultat av krysskorrelasjon av et signal med glidende frekvens i $[f_b - f_f]$ -området (sveip), som vanligvis brukes i vibroseismiske fremgangsmåter. Ifølge den diskrete Fourier-transformasjonsteori som er velkjente for fagkyndige på området, hvis det er ønskelig å lytte til kilden S_i i tidsrommet t_e , er frekvensinkrementet mellom sinusbølgene $\Delta f = 1/t_e$ og antallet sinusbølger som er nødvendig, er $N_f = (f_f - f_b)t_e$.

N vibratorer installert på et felt som således eksiteres samtidig ved hjelp av vibrasjonssignaler hvis frekvenser er slik at hver kilde blir eksitert suksessivt med hver og en av de N_f sinusbølger ovenfor til enhver tid, forutsatt at de respektive frekvenser til de sinusbølger som utsendes samtidig av de forskjellige vibratorer, alle er forskjellig. Separasjon av de signaler som er mottatt av mottakerne på feltet, som reaksjon på den samtidige utsendelse av de forskjellige signaler, blir således oppnådd ved valg av linjen ved den passende frekvens.

Fig. 5 illustrerer skjematisk de forskjellige trinn i fremgangsmåten. Sinusformede styresignaler 11 for de respektive frekvenser af_0, bf_0, cf_0, df_0 , osv., blir samtidig tilført de forskjellige seismiske kilder 5 som er installert på feltet, idet koeffisientene a, b, c, d , osv. er valgt slik at disse frekvensene er forskjellige fra hverandre og forskjellige fra sine respektive harmoniske. Disse frekvensene er hele multipler av en grunnfrekvens f_0 .

Seismogrammet 12 som oppnås ved å registrere de bølger som er mottatt av mottakerne i de forskjellige antenner 4, er en lineær kombinasjon av de seismogrammer som ville ha blitt oppnådd ved å eksitere kildene 5 sekvensielt.

De registrerte signaler blir så veid ved å multiplisere dem med en klokkeformet veiefaktor, referert til som avkortningsfaktor 13, for å danne avkortede eller veide signaler 14. Den reelle del 15 og den imaginære del 16 av Fourier-transformasjonen av de avkortede signaler, blir så beregnet. Hver del består av pulser som er atskilte fra hverandre. For hver kilde 5, blir så bare det reelle tall 17 og det imaginære tall 18 som utgjør den komplekse verdien av Fourier-transformasjonen ved den frekvens som utsendes av kilden, beholdt.

Settene med de forskjellige tall 17 og 18, når kilden sender alle de programmerte frekvenser, utgjør den reelle del 19 og den imaginære del 20 av

seismogrammet 21 tilknyttet kilden. Dette seismogrammet blir oppnådd ved invers Fourier-transformasjon.

I henhold til et første eksempel på utførelse av fremgangsmåten, omfatter systemet et antall lokale enheter LU som hver omfatter en antenne 2 som ved hjelp
5 av kabler (ikke vist) til en lokal innsamlings- og behandlingsinnretning 6 (fig. 1, 2), og de forskjellige vibratorer er ved hjelp av kabler C f.eks. koplet til en sentral styre- og synkroniseringsenhet 8 som omfatter en signalgenerator (ikke vist) innrettet for å generere, for de forskjellige vibratorene 5, de ortogonale styresignaler som er definert ovenfor.

10 Ifølge en annen utførelsesform (fig. 4) er de forskjellige mottakerantenner 2 ved hjelp av kabler C f.eks. koplet til den sentrale styre- og synkroniseringsenhet 8 som utfører oppgavene med å generere de sammensatte signaler for de forskjellige kilder 5 og innsamling og registrering av signalene som er mottatt av mottakerne 4, så vel som behandling av de innsamlede signaler.

15 Selvsagt kan kablene C vanligvis erstattes av enhver materiell eller immateriell forbindelse (radioforbindelse, optisk fiber, osv.).

De lokale innsamlings- og behandlings-innretninger 6 og/eller den sentrale styre- og synkroniserings-enhet 8 oppfatter datamaskiner slik som PC-er programmert til å utføre behandlinger innrettet for å isolere og gjenopprette de
20 seismogrammer som svarer til de spesifikke bidrag fra de forskjellige vibratorer 5, som angitt i beskrivelsen.

P A T E N T K R A V

1. Fremgangsmåte innrettet for seismisk overvåkning av en undergrunnsformasjon (1), omfattende utsendelse av seismiske bølger i formasjonen, mottakelse
5 av signalene som er reflektert av formasjonen som reaksjon på utsendelsen av de seismiske bølger, registrering av de signaler som er mottatt av minst én seismisk mottaker (4) og dannelse av seismogrammer ved å behandle de registrerte signaler, karakterisert ved at:
- utsendelse blir utført ved å kople til formasjonen minst to vibratorer (5) som
10 sender samtidig og som styres av ortogonale signaler bestående av sinusbølger med forskjellige frekvenser, i dets grunnkomponenter så vel som i de respektive harmoniske, for å danne et sammensatt vibrasjonssignal; og
 - behandlingen omfatter diskriminering av de respektive bidrag fra vibratorene til det sammensatte vibrasjonssignal og rekonstruksjon av seismogrammer som er
15 ekvivalente med de som ville bli oppnådd ved å aktivere vibratorene separat.
2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, hvor ortogonale signaler, basert på småbølger, Legendre-polynomer eller tilfeldige rekker, blir utsendt.
- 20 3. Fremgangsmåte ifølge krav 1 eller 2, hvor diskrimineringen av de respektive bidrag fra vibratorene blir utført ved å bestemme amplituden og fasen til det sammensatte vibrasjonssignal ved grunnfrekvensene til de styresignaler som påtrykkes vibratorene.
- 25 4. Fremgangsmåte ifølge et av krav 1-3, hvor diskrimineringen av de respektive bidrag fra vibratorene (5) omfatter å veie de registrerte signaler ved hjelp av en klokkeveiefaktor (13) og bestemme amplituden og fasen til det sammensatte signal.
- 30 5. Fremgangsmåte ifølge krav 4, hvor diskrimineringen av de respektive bidrag fra vibratorene omfatter utvelgelse, ved hjelp av Fourier-transformasjon, av linjer (15, 18) i det komplekse spektrum, som henholdsvis er tilknyttet de forskjellige veide signaler.

6. Fremgangsmåte ifølge et av krav 1-5, hvor rekonstruksjon av seismogrammene som spesielt svarer til de forskjellige vibratorer, blir utført ved å anvende, etter separasjon, en invers Fourier-transformasjon på linjene (19, 20) som henholdsvis er tilknyttet de forskjellige veide signaler.

5

7. Fremgangsmåte ifølge et av de foregående krav, hvor frekvensene til de ortogonale styresignaler som henholdsvis tilføres de forskjellige vibratorer, blir forskjøvet med frekvensintervaller, ved bestemte tidsintervaller, for å sveipe et visst sendefrekvensbånd $[f_b - f_i]$.

10

8. System innrettet for seismisk overvåkning av en undergrunnsformasjon, omfattende senderanordninger som muliggjør utsendelse av seismiske vibrasjoner i formasjonen, anordninger som muliggjør mottakelse av de signaler som er reflektert av formasjonen som reaksjon på utsendelsen av seismiske bølger, en registreringsanordning for å registrere signaler mottatt av signalmottakeranordningene, og en behandlingsanordning for behandling av registrerte signaler for å danne seismogrammer,

15

karakterisert ved at:

- utsendelsesanordningene omfatter minst to vibratorer (5) og en anordning (8) for å generere ortogonale signaler bestående av sinusbølger av forskjellige frekvenser, både deres grunnkomponenter og de respektive harmoniske av disse, og for å påtrykke dem på respektive vibratorer (5) for i formasjonen å generere et sammensatt vibrasjonssignal, og

20

- behandlingsanordningen omfatter minst én datamaskin (6) innrettet for å utføre diskriminering av de respektive bidrag fra vibratorene til det sammensatte vibrasjonssignal, og rekonstruksjon av seismogrammer som er ekvivalente med de som ville bli oppnådd ved å aktivere vibratorene separat.

25

9. System ifølge krav 8, videre omfattende et antall lokale enheter (LU) anordnet i avstand fra hverandre og koplet til formasjonen, idet hver enhet omfatter minst én seismisk mottaker (4), en seismisk vibrator (5) en lokal innretning (6) innrettet for innsamling og behandling av de mottatte signaler, og en sentral styre- og synkroniseringsenhet (8) koplet til de forskjellige lokale enheter, omfattende en

30

signalgenerator innrettet for å tilføre vibratorene (5) de ortogonale vibrasjonsstyre-signaler.

5 10. System ifølge krav 9, hvor den sentrale styre- og synkroniseringsenhet (8) er koplet til forskjellige lokale enheter ved hjelp av materielle eller elektromagnetiske forbindelser.

10 11. System ifølge krav 9 eller 10, videre omfattende et antall lokale enheter (LU) anordnet i avstand fra hverandre og koplet til formasjonen, idet hver enhet omfatter minst én seismisk mottaker, en seismisk vibrator (5) og en sentral styre- og synkroniseringsenhet (8) koplet til de forskjellige lokale enheter (LU), omfattende en signalgenerator innrettet for å danne de forskjellige ortogonale vibrasjonsstyre-signaler og en anordning innrettet for innsmaling av de signaler som er mottatt av de forskjellige antenner (2) og for rekonstruksjon av de seismogrammer som svarer til
15 bidragene fra de forskjellige vibratorene (5).

20 12. System ifølge krav 10 eller 11, hvor mottakeranordningen omfatter minst én antenne (2) bestående av flere seismiske mottakere (4) innrettet langs en brønn (3) som er boret i formasjonen, idet denne antennen er koplet til registreringsanordninger.

1/3

FIG.1

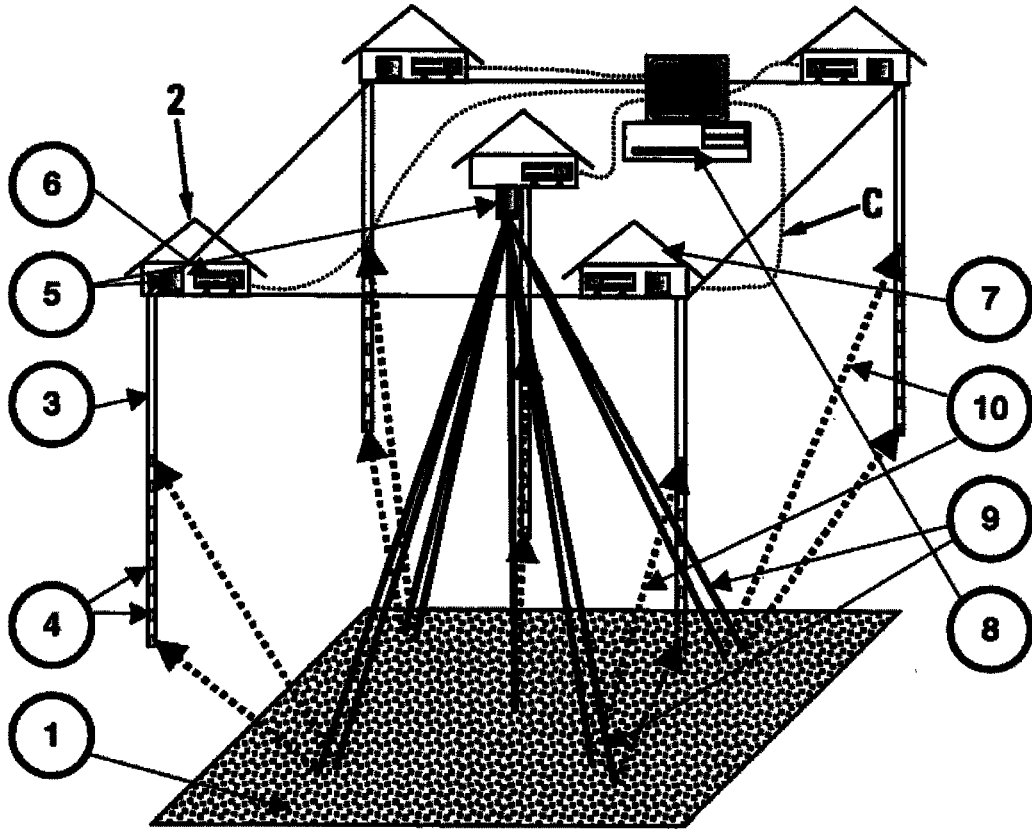
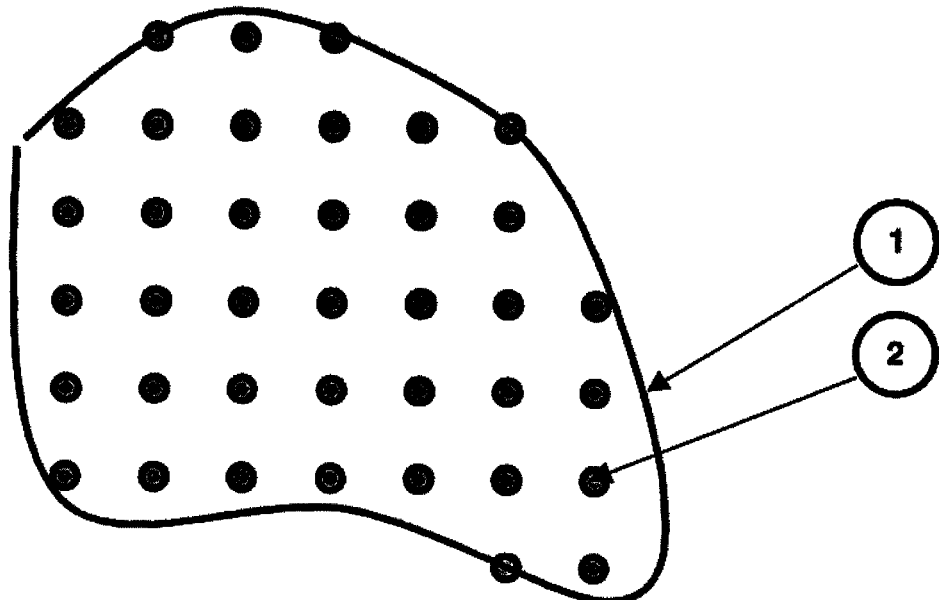


FIG 2



2/3

FIG.3

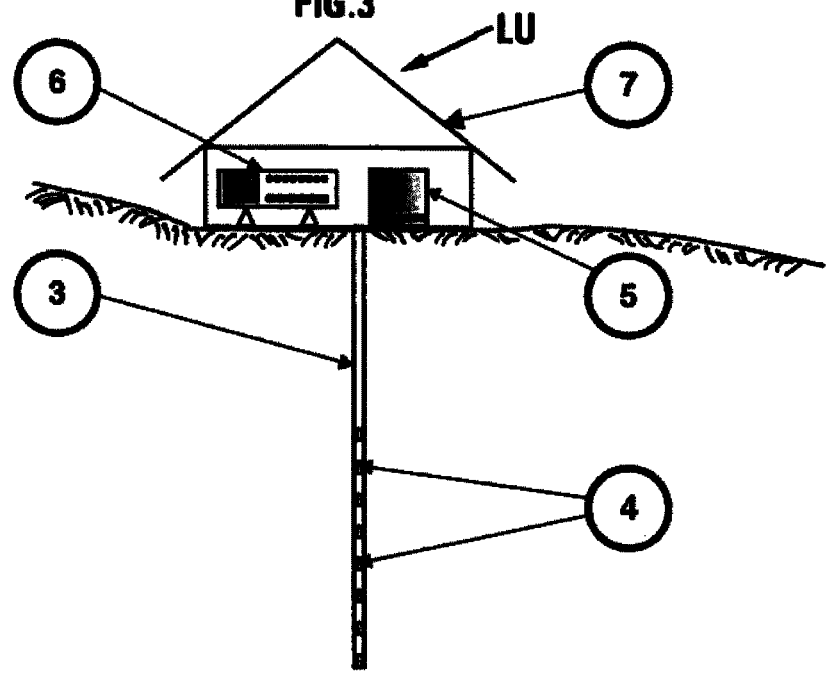
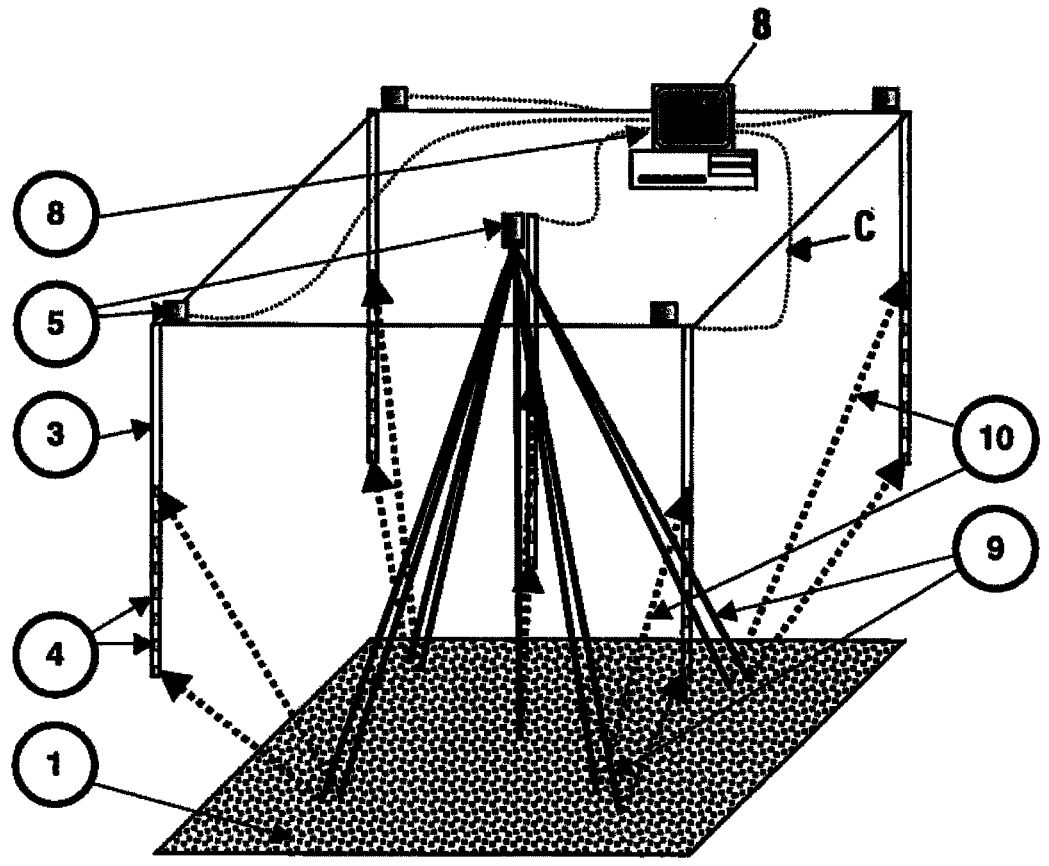


FIG.4



3/3

FIG.5

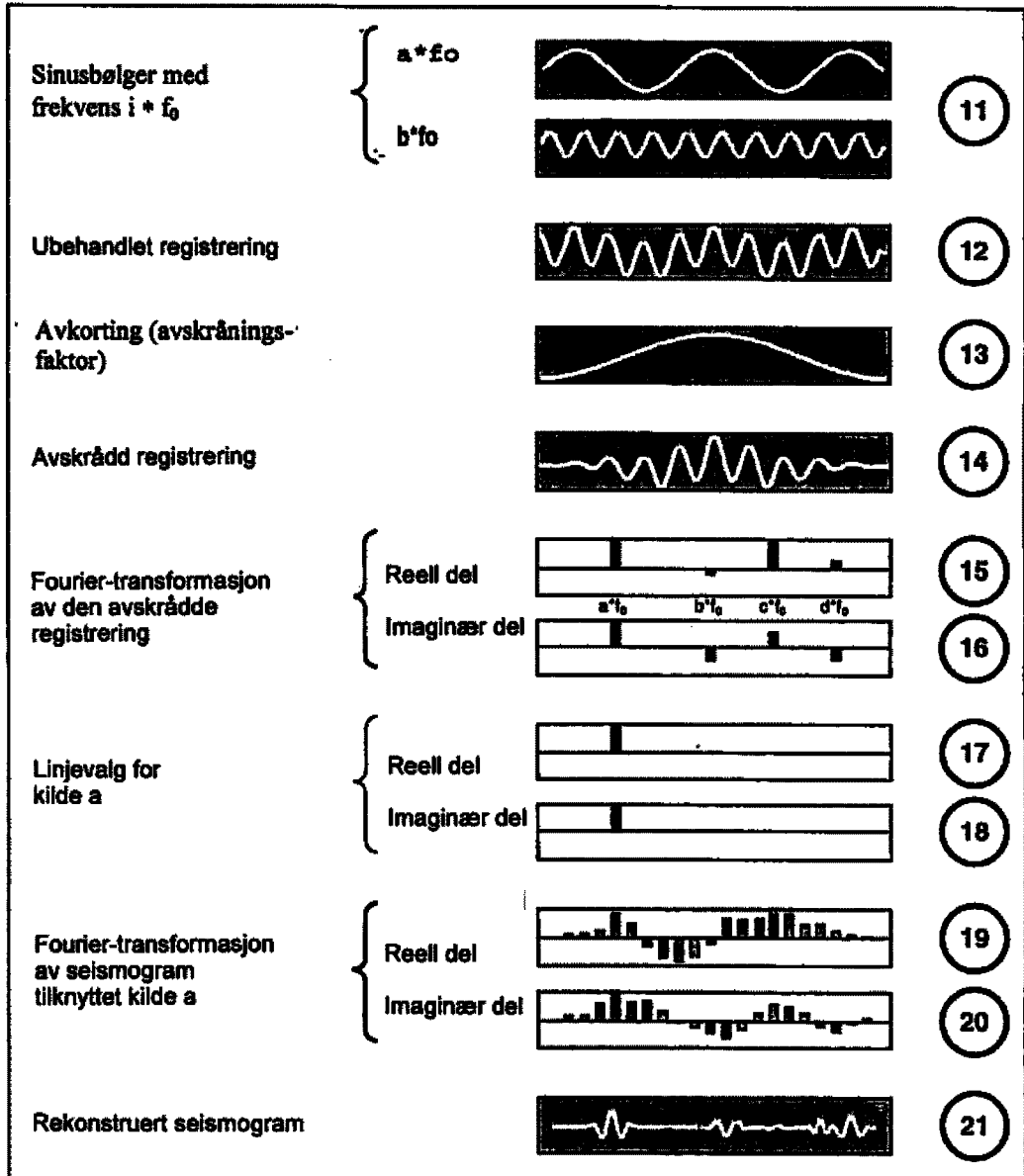


FIG.6

