



(12) SØKNAD

(19) NO

(21) 20131663

(13) A1

NORGE

(51) Int Cl.

E21B 47/02 (2006.01)

E21B 47/06 (2012.01)

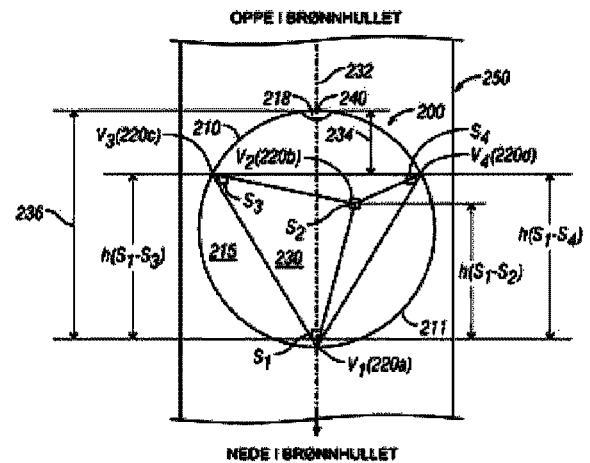
Patentstyret

| | | | | | |
|------|------------|--|------|---------------------------|---------------------------------|
| (21) | Søknadsnr | 20131663 | (86) | Int.inng.dag og søknadsnr | 2012.06.01 PCT/US2012/040457 |
| (22) | Inng.dag | 2013.12.13 | (85) | Videreføringsdag | 2013.12.13 |
| (24) | Løpedag | 2012.06.01 | (30) | Prioritet | 2011.06.02, US, 13/152,023 |
| (41) | Alm.tilgj | 2014.01.02 | | | |
| (73) | Innehaver | Baker Hughes Inc, P O Box 4740, US-TX77210-4740 HOUSTON, USA | | | |
| (72) | Oppfinner | Rocco Difoggio, 12006 Plumpoint Drive, US-TX77099 HOUSTON, USA | | | |
| (74) | Fullmektig | Bryn Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO, Norge | | | |

(54) Benevnelse **Apparat og fremgangsmåte for å bestemme helning og orientering av et brønnverktøy ved bruk av trykkmålinger**

(57) Sammendrag

I ett aspekt er en fremgangsmåte for å beregne én av helning og orientering av en brønnanordning fremskaffet som innbefatter trekkene med å utføre trykkmålinger ved et flertall av lokaliseringer på brønnanordningen i brønnboringen, hvori i det minste én lokalisering i flertallet av lokaliseringer er vertikalt forskjøvet fra i det minste den andre lokalisering, og beregning av den ene av helningen og orienteringen av brønnanordningen fra flertallet av trykkmålinger. I et annet aspekt er et brønnverktøy omtalt som i én konfigurasjon innbefatter anordning for å beregne helning og/eller orientering av brønnverktøyet som videre innbefatter et legeme som inneholder en væske deri og et flertall av trykksensorer anordnet i legemet konfigurert for å tilveiebringe trykkmålinger av væsken i legemet, hvori en trykksensor i flertallet av trykksensorer er vertikalt forskjøvet fra i det minste én annen sensor i flertallet av sensorer.



KRYSSREFERANSE TIL RELATERTE SØKNADER

Denne søknad krever fordelten av US søknad nr. 13/152023, innlevert 2. juni 2011, som herved er innlemmet med referanse i sin helhet.

5 BAKGRUNN FOR OPPFINNELSEN

1. Område for oppfinnelsen

[0001] Den foreliggende oppfinnelse er relatert til apparat og fremgangsmåter for å beregne helning og orientering av et verktøy i en brønnboring.

10

2. Beskrivelse av relatert teknikk

[0002] Brønnboringer er boret i jordformasjoner for produksjon av hydrokarboner (olje og gass). Et stort antall brønner er avviksbrønner eller horisontalbrønner. Et typisk profil for slike brønner kan innbefatte en vertikal seksjon, en avviket eller

15

hellende (skrå) seksjon og en horisontal eller vesentlig horisontal seksjon. Boringen av slike brønnboringer er utført ved en borestreng som innbefatter en boresammenstilling (også referert til som en bunnhullssammenstilling eller BHA) som innbefatter en borkrone festet til sin bunnende. Borkronen er rotert ved å rotere borestrengen fra overflaten og/eller ved å rotere borkronen med en bore-

20 motor (også referert til som en "slammotor") i boresammenstillingen. Målinger gjort av flerakse-akselerometere og magnetometere i boresammenstillingen er benyttet for å bestemme helningen og orienteringen (asimutretning) av boresammen-

stillingen i formasjonen i forhold til en referanse, slik som geografisk nord. Bore-

sammenstillingen innbefatter typisk en eller flere styreanordninger for å opprett-

25 holde boresammenstillingen langs den ønskede brønnbane eller brønnprofil, basert på den bestemte helning og orientering av boresammenstillingen.

[0003] Oppfinnelsen heri tilveiebringer et apparat og fremgangsmåte for å bestemme helning og orientering av et verktøy, slik som boresammenstillingen, ved å benytte trykkmålinger gjort nede i brønnen.

30

SAMMENFATNING AV OPPFINNELSE

[0004] I ett aspekt er en fremgangsmåte for å beregne én av helning og/eller orientering av et brønnverktøy fremskaffet, som i én utførelse innbefatter: å gjøre trykk-

målinger ved et flertall av lokaliseringer forbundet med verktøyet i brønnboringen, hvor i det minste én lokalisering i flertallet av lokaliseringer er vertikalt forskjøvet fra i det minste én annen lokalisering, og beregning og helningen og/eller orienteringen av verktøyet fra flertallet av trykkmålinger.

5 [0005] I ett aspekt er et brønnverktøy omtalt som i én konfigurasjon innbefatter en anordning for å beregne helning og/eller orientering av brønnverktøyet, hvori anordningen innbefatter et legeme som inneholder en væske deri og et flertall av trykksensoren anordnet i legemet konfigurert for å tilveiebringe trykkmålinger av væsken i legemet. I et annet aspekt innbefatter anordningen en prosessor

10 konfigurert for å beregne helningen og/eller orienteringen fra trykkmålingene. [0006] Eksempler på visse elementer i apparatet og fremgangsmåten omtalt heri er oppsummert i heller bred grad for at den detaljerte beskrivelse derav som følger kan bedre forstås. Det er selvfølgelig ytterligere trekk med apparatet og fremgangsmåten omtalt heri som vil danne gjenstanden for kravene.

15

KORT BESKRIVELSE AV TEGNINGENE

[0007] For detaljert forståelse av den foreliggende oppfinnelse skal referanser gjøres til den følgende detaljerte beskrivelse, sett i forbindelse med de vedføyde tegninger, i hvilke like elementer har blitt gitt like numre og hvori:

20

Figur 1 er en skjematisk tegning av et eksemplifiserende boresystem for boring en brønnboring som innbefatter en anordning i et brønnverktøy for å bestemme helning og/eller orientering av brønnverktøyet under boring av brønnboringen, i henhold til én utførelse av oppfinnelsen;

25

Figur 2 viser en sensor laget i henhold til en utførelse av oppfinnelsen som kan benyttes i brønnverktøy i fig. 1 for å tilveiebringe trykkmålinger ved et flertall av lokaliseringer forbundet med brønnverktøyet; og

Figur 3 viser en krets som innbefatter en prosessor konfigurert for å behandle trykkmålinger for trykksensorene til anordningen vist i fig. 2 for å beregne helning og/eller orientering av brønnverktøyet.

30

DETALJERT BESKRIVELSE AV OPPFINNELSEN

[0008] Figur 1 er en skjematisk tegning av et eksemplifiserende boresystem 100 som er konfigurert for å innbefatte et brønnverktøy som innbefatter anordninger for

å bestemme helningen og/eller orienteringen av et verktøy i brønnboringen under boring, og for å bore brønnen langs en ønsket brønnboringbane i samsvar med den bestemte helning av orientering. Figur 1 viser en brønnboring 110 som innbefatter en øvre seksjon 111 med et føringsrør 112 installert deri og en nedre seksjon 114 som er boret med en borestreng 118. Borestrengen 118 innbefatter en rørdel 116 som bærer en boresammenstilling 130 ved sin bunnende. Rørdelen 116 kan være laget ved å forbinde borerørseksjoner eller et kveilerør. En borkrone 150 er festet til enden av boresammenstilling 130 for å bore brønnboringen 110 med en valgt diameter i en formasjon 119. Boresammenstillingen 130 innbefatter en styreanordning 160 som kan være styrt under boring av brønnboringen 110 for å styre borkrone 150 og således boresammenstillingen 130 langs en ønsket retning eller brønnbane. I en spesiell konfigurasjon kan styreanordningen 160 innbefatte et antall av selvstendig styrte kraftpåføringsdeler 162 konfigurert for å styre borkronen i den ønskede retning. Enhver annen styreanordning kan benyttes for formål med denne oppfinnelse.

[0009] Borestreng 118 er vist transportert inn i brønnboringen 110 fra en eksemplifiserende rigg 180 ved overflaten 167. Riggeren 180 vist i fig. 1 er en landrigg for enkel forklaring. Apparatet og fremgangsmåten omtalt heri kan også benyttes med rigger benyttet for boring av offshore brønnboringer. Et rotasjonsbord 169 eller en toppdrift 168 koblet til borestrengen 118 ved overflaten kan benyttes for å rotere borestrengen 118 og således boresammenstillingen 130 og borkrone 150 for å bore brønnboringen 110. En boremotor 155 (også referert til som "slammotor") kan også være anordnet for å rotere borkronen 150. En styreenhet (eller kontroller) 190, som kan være en databasert enhet, kan være plassert ved overflaten 167 for å motta og behandle data overført av de forskjellige sensorer og måling-under-boring (MWD) anordninger (kollektivt angitt ved nummer 175) i boresammenstillingen 130 og for å styre valgte operasjoner av de forskjellige anordninger og sensorer i boresammenstillingen 130, innbefattende styreanordningen 160. Overflatekontrolleren 190, i én utførelse, kan innbefatte en prosessor 192, slik som en mikroprosessor, og en datalagringsanordning (et "datalesbart medium") 194 for å lagre data og dataprogrammer 196. Datalagringsanordningen 194 kan være enhver passende anordning, innbefattende, men ikke begrenset til, et leselager (ROM), et direkteminne (RAM), flash-hukommelse, et magnetisk

bånd, en harddisk og en optisk disk. For å bore en brønnboring er et borefluid fra en borefluidkilde 179 pumpet under trykk inn i rørdelen 116. Borefluidet går ut ved bunnen av borkrone 150 og returnerer til overflaten 167 via det ringformede rom (også referert til som "ringrommet") 117 mellom borestrengen 118 og innsiden av brønnboringen 110.

[0010] Fremdeles med referanse til fig. 1, kan borkronen 150 innbefatte en sensor 140 for å tilveiebringe et flertall av trykkmålinger ved valgte lokaliseringer forbundet med BHA-en 130. En krets 142 pre-prosesserer trykkmålingene og tilveiebringer de behandlede signaler til en kontroller 170 for å beregne helningen og/eller orienteringen av boresammenstillingen under boring av brønnboringen 110. Kontrolleren 170 kan være konfigurert for å behandle signaler fra kretsen 142 og andre sensorer og MWD-anordninger 175. Kontrolleren 170 kan innbefatte en prosessor 172, slik som en mikroprosessor, en datalagringsanordning 174 og et program 176 til bruk av prosessoren 172 for å behandle brønndata. I aspekter kan kontrolleren 170 behandle data for å beregne brønnparametere, innbefattende helningen og orienteringen å kommunisere resultatene til overflatekontrolleren via en telemetrienhet 118. I andre aspekter kan kontrolleren 170 være konfigurert for delvis å behandle valgte brønndata og kommunisere resultatene til kontrolleren 190 for ytterligere behandling. Kontrollerne 170 og 190 kan samarbeide med hverandre for å styre forskjellige operasjoner av boresammenstillingen, innbefattende styring av styreanordningen for å bore brønnboringen langs en ønsket retning i samsvar med helningen og orienteringen av boresammenstillingen bestemt ved å benytte målinger gjort av sensoren 140. I aspekter tilveiebringer telemetrienheten 188 toveis kommunikasjon mellom overflaten og boresammenstillingen. Ethvert passende telemetrisystem kan benyttes for formålet med denne oppfinnelse. Eksemplifiserende telemetrisystem kan innbefatte slampulstelemetri, akustisk telemetri, elektromagnetisk telemetri, og et system hvor én eller flere ledere er posisjonert langs borestrengen 118 (også referert til som kablet rør). Lederne kan innbefatte metall-ledninger, fiberoptisk kabler, eller andre passende databærere. En kraftenhet 178 sørger for kraft til de elektriske sensorer, MWD-anordningene og kretsene i boresammenstillingen. I én utførelse kan kraftenheten 178 innbefatte en turbin drevet av borefluidet 179 og en elektrisk generator.

[0011] Figur 2 viser en sensor 2 laget i henhold til én utførelse og plassert i et brønnverktøy 250 for å bestemme helning og/eller orientering av verktøyet 250 under boring av en brønnboring. I ett aspekt innbefatter sensoren 200 et legeme 210 (slik som en kule eller sfærisk legeme) fylt med et passende fluid 215, som kan være en vesentlig ikke-komprimerbar væske, slik som olje. Et parti 218 til kulen 210 er tom eller ikke fylt med fluidet 215 for å ta hensyn til ekspansjonen av fluidet 215 opp til en ønsket eller valgt temperatur, slik som opptil 200 °C eller 300 °C. Sensoren 200 er vist å innbefatte et antall av trykksensorer S_1 , S_2 , S_3 og S_4 plassert atskilt fra hverandre i kulen 210 for å tilveiebringe signaler representative for trykket i væsken 215 på innsiden av kulen 210. Diameteren til kulen 210 er valgt basert på det tilgjengelige rom i verktøyet 250 og den beregnede anvendelse. I en spesiell konfigurasjon kan kulen 210 være mellom 30 mm-50 mm i diameter, som generelt er passende for bruk i verktøy til bruk i brønnboringer, slik som boresammenstillinger. Sensorene S_1 - S_4 kan være plassert i kulen 210 på enhver passende måte, slik som ved skruer, etc. I ett aspekt penetrerer sensorer S_1 - S_4 en relativt liten distanse (omkring 2-5 mm) inn i skallet 211 til kulen 210, med deres trykkfølede elementer geometrisk anordnet ved vertikalen til et normalt tetrahedron 230. I den spesielle sensor 200, er sensorer S_1 , S_2 , S_3 , S_4 vist plassert i kulen 210 for henholdsvis å føle trykk ved vertikaler V_1 , V_2 , V_3 og V_4 (220a, 220b, 222c og 220d) til den normale tetrahedron 230. Trykket målt ved hvert toppunkt kan være representert ved ρgh , hvor ρ er tettheten av fluidet 215, g er tyngdekraftakselerasjonen og h er neddykkingsdybden av den spesielle trykksensor innen fluidet 215. Ettersom helningen og orienteringen av verktøyet 250 forandrer seg i brønnboringen, vil neddykkingsdybden h_i til ith trykksensoren innen fluidet 215 forandre seg basert på forandringen i helning og orientering. En forandring i neddykkingsdybden vil bevirke at trykket ved slik lokalisering forandrer seg og således utgangssignalet til trykksensoren ved slik lokalisering. Når sensoren 200 er i den vertikale posisjon, slik som vist i fig. 2, ligger sensorene S_2 , S_3 , S_4 i et felles plan 230, til det normale tetrahedron, hvilket plan er perpendikulær (ortogonal) med den vertikale akse 232 til kulen 210. I fig. 2 er akse 232 vist som å være den samme akse som den langsgående akse til verktøyet 250. I en slik vertikal posisjon er trykket ved vertikale V_1 , V_2 og V_3 det samme, fordi høyden 234 av fluidet i kulen 210 over hver slik sensor er den samme. I den vertikale

posisjon vil trykket ved sensor S_1 svare til høyden 236 av fluidet, hvilken høyde er diameteren av kulen 210. Således, i denne vertikale posisjon, vil trykkforskjellen mellom trykket ved toppunkt V_1 og vertikalerne V_2 , V_3 og V_4 være $\rho g (h_{236} - h_{234})$.

[0012] Fremdeles med referanse til fig. 2, kan en forandring i orienteringen av sensor 200 være beskrevet som en rekke av rotasjoner ved tre Euler-vinkler. I én fremgangsmåte kan orienteringen av verktøyet 250 være beregnet eller bestemt ved Euler's vinkler forbundet med neddykkingsdybdene h_1 , h_2 , h_3 og h_4 av henholdsvis sensorer S_1 , S_2 , S_3 og S_4 som best korrelerer til de målte trykkverdier P_1 , P_2 , P_3 og P_4 henholdsvis ved vertikaler V_1 , V_2 , V_3 og V_4 . I denne fremgangsmåte kan forskjellige Euler-vinkelkombinasjoner være prøvd inntil en vinkelkombinasjon er oppnådd for hvilken en rett linje passer mellom P_i og h_i er best, som vil oppstå når verdien av R i kvadrat er størst. For å redusere eller minimere antallet av Euler-vinkelkombinasjonsantegnelser som skal testes (dvs. antall av utførte iterasjoner), kan en flervariabel optimaliseringsalgoritme benyttes. En slik algoritme er kjent som Generalized Reduced Gradient (GRG2) algoritmen, som er innlemmet under varenavnet Solver i et kommersielt tilgjengelig applikasjonsprogram referert til som "Microsoft Excel" fra Microsoft Corporation. Den algoritme starter med en første antagelse for Euler-vinklene og en andre antagelse for Euler-vinklene. Fra de partielle deriverte for forandringen i R kvadrat med hver forandring i Euler-vinkelen, bestemmer algoritmen den maksimale gradient, som så benyttes for å preparere den neste antagelse for hver Euler-vinkel, og så videre. Denne prosess er repetert iterativt inntil den konvergerer til en løsning. Enhver annen modell eller algoritme kan benyttes for å bestemme orienteringen fra trykkmålingen. Selv om sensoren 200 vist i fig. 2 er i formen av en kule i hvilken sensorenes målte trykk av fluid av vertikaler til et vanlig tetrahedron 230, eller enhver annen for og plassering av sensorene kan benyttes for formålet med denne oppfinnelse. Helningen av akse 232 fra vertikalen kan beregnes eller bestemmes fra forandringen i trykk ved sensor S_1 . Maksimumstrykket ved S_1 er når sensoren 200 er i den vertikale posisjon. Når verktøyet 250 skråstilles, vil trykket ved S_1 svare til høyden h_1 . Når verktøyet 250 er i den horisontale posisjon (dvs. når helningen i forhold til vertikalen er 180 grader), vil trykket ved S_1 være det minste. I den horisontale posisjon vil trykket ved toppunkt V_1 være det samme som trykket ved toppen 2040 av kulen 210. Trykket mellom disse to yttergrenser

vil være proporsjonal (lineært forhold) til verdien av h_1 . Under operasjon tilveiebringer hver av trykksensorene S_1 - S_4 et signal som svarer til trykket målt ved slik sensor. For eksempel er et signal 220a fremskaffet av sensor S_1 , signal 220b av sensor S_2 , signal 220c ved sensor S_3 , og signal 220d ved sensor S_4 . Slike signaler
5 kan behandles ved enhver passende krets for å beregne helningen og/eller orienteringen av verktøyet 250.

[0013] Figur 3 viser en eksemplifiserende krets 300 konfigurert for å behandle trykkmålinger fra trykksensorene S_1 - S_4 til sensor 200 for å beregne helning og/eller orientering av et brønnverktøy, slik som verktøy 250. Krets 300 kan være
10 plassert ved enhver passende lokalisering i verktøyet 250. I ett aspekt kan signaler 220a, 220b, 220c og 220d henholdsvis fra sensorer S_1 - S_4 være forhåndsforsterket og kondisjonert ved en krets 310. I én konfigurasjon kan kretsen 310 tilveiebringe analoge signaler P_1 svarende til trykk målt av sensor S_1 , signaler P_2 svarende til trykk målt av sensor S_2 , signaler P_3 svarende til trykk målt av sensor S_3 og
15 signaler P_4 svarende til trykk målt av sensor S_4 . En digitaliserer 320 kan benyttes for å digitalisere P_1 , P_2 , P_3 og P_4 og fremskaffe tilhørende digitaliserte signaler D_1 , D_2 , D_3 og D_4 til en kontroller 330. Kontrolleren 330 kan være kontroller 170 (fig. 1) og/eller kontroller 140 ved overflaten (fig. 1). Kontrolleren 330 kan være en mikroprosessor konfigurert for å behandle signaler D_1 , D_2 , D_3 og D_4 ved å benytte
20 programmer 332 på måten som beskrevet ovenfor med referanse til fig. 2 for å beregne eller bestemme helningen 342 og/eller orienteringen 344 av brønnverktøyet 250 når verktøyet er i brønnboringen.

[0014] Således, i aspekter, tilveiebringer oppfinnelsen en fremgangsmåte for å beregne eller bestemme helning og/eller orientering (verktøyflate) av en anordning eller verktøy i en brønnboring, hvilken fremgangsmåte, i én utførelse, innbefatter:
25 å ta trykkmålinger ved et flertall av lokaliseringer forbundet med verktøyet i brønnboringen, hvori i det minste én lokalisering i flertallet av lokaliseringer er vertikalt forskjøvet fra i det minste én annen lokalisering; og å beregne helningen og/eller orienteringen av verktøyet fra flertallet av trykkmålinger. I ett aspekt
30 innbefatter å ta trykkmålingene å ta trykkmålingene ved et flertall av lokaliseringer svarende til et flertall av vertikaler til et tetrahedron. I et annet aspekt er flertallet av lokaliseringer på innsiden av et fluidlegeme. I én konfigurasjon er fluidlegemet en kule og fluidet er en relativt ukomprimerbar væske. I et annet aspekt er

trykkmålingene tatt av sensorer innført i væsken i kulelegemet. I ett aspekt omfatter beregning av helningen og/eller orienteringen å bestemme trykk som ρgh , hvor ρ er tetthet av fluidet, g er tyngdeakselerasjonen, og h er neddykkingsdybden av hver trykksensor innen fluidet. I en et annet aspekt innbefatter fremgangsmåten å benytte forandringer i neddykkingsdybden av trykksensorene for å beregne den ene av helning og orientering av brønnenanordningen. I enda et annet aspekt omfatter beregning av helningen eller orienteringen: å beregne forandringer i trykkmålinger i det minste én av trykkmålingene; å bestemme Euler's vinkler forbundet med neddykkingsdybder av flertallet sensorer; og korrelasjon av neddykkingsdybdene med trykkmålingene for å beregne den ene av helningen og orienteringen av verktøyet. I ett aspekt omfatter korreleringen av neddykkingsdybdene med trykkmålingene å utføre en kurvetilpasning mellom neddykkingsdybdene og trykkmålingene.

[0015] I et annet aspekt er et verktøy omtalt som i én konfigurasjon innbefatter en anordning for å beregne helning og/eller orientering av verktøy. Anordningen for å bestemme helning og orientering, i en konfigurasjon, innbefatter et legeme som inneholder en væske deri og et flertall av trykksensorer anordnet i legemet konfigurert for å tilveiebringe trykkmålinger av væsken i legemet, hvori en trykksensor i flertallet av trykksensorer er vertikalt forskjøvet for i det minste en annen sensor, som skjer når som helst når alle trykksensorene ikke ligger på et enkelt plan. I én konfigurasjon er en trykksensor i flertallet av trykksensorer vertikalt anbrakt fra i det minste en annen trykksensor. En annen konfigurasjon av verktøyet kan innbefatte et flertall av trykksensorer med en trykksensor vertikalt forskjøvet fra i det minste en annen av de andre trykksensorene; en krets konfigurert for å tilveiebringe signaler svarende til trykkmålinger av flertallet av trykksensorer når verktøyet er i en ikke-vertikal posisjon i brønnboringen; og en krets konfigurert for å beregne helning og/eller orientering av verktøyet ved å benytte trykkmålingene. I én konfigurasjon er flertallet av trykksensorer anordnet ved vertikaler av et tetrahedron definert i et væskefylt kulelegeme. I ett aspekt er kulelegemet konfigurert for å ta hensyn til varmeeekspansjon av væsken opp til en valgt temperatur. I én konfigurasjon innretter en sensor i flertallet av trykksensorer seg med en langsgående akse av verktøyet og de gjenværende trykksensorer er i et plan perpendikulær til en langsgående akse av brønnverktøyet. I ett aspekt er

prosessoren videre konfigurert for å beregne helningen og/eller orienteringen av verktøyet ved å benytte trykkverdier beregnet som ρgh , hvor ρ er tetthet av fluidet, g er tyngdeakselerasjonen og h er neddykkingsdybden av hver trykksensor innen fluidet. I et annet aspekt er prosessoren videre konfigurert for å utnytte foran-

5 dringer neddykkingsdybden av trykksensorene for å beregne helningen og/eller orienteringen av verktøyet. Prosessoren kan videre være konfigurert for å beregne helningen og/eller orienteringen ved: å beregne forandringer i trykkmålinger i det minste én av trykkmålingene; å bestemme Euler's vinkler forbundet med neddykkingsdybder av flertallet av trykksensorer; og å korrelere neddykkings-

10 dybdene med trykkmålingene for å beregne helningen og/eller orienteringen av verktøyet. I enda et annet aspekt er en anordning til bruk ved beregning av helning og/eller orientering av et verktøy fremskaffet, hvilken anordning, innbefatter en konfigurasjon: et legeme som inneholder en væske deri; og et flertall av trykksensorer konfigurert for å tilveiebringe trykkmålinger av væsken i legemet, hvori en

15 trykksensor av flertallet av trykksensorer er vertikalt anbrakt fra i det minste en annen sensor i flertallet av trykksensorer. I én konfigurasjon er trykksensorene i flertallet av trykksensorer lokalisert ved vertikaler til et tetrahedron. I ett aspekt, er alle unntatt en trykksensor i flertallet av trykksensorer ved det samme trykk når anordningen er i en nøytral posisjon. I et annet aspekt omfatter anordningen en

20 prosessor konfigurert for å beregne helningen og/eller orienteringen ved: å beregne forandringer i trykkmålingene i det minste én av trykkmålingene; å bestemme Euler's vinkler forbundet med neddykkingsdybdene av flertallet av trykksensorer; og å korrelere neddykkingsdybdene med trykkmålingene for å beregne den ene av helningen over orienteringen av brønnanordningen. I enda et

25 annet aspekt er et for boring av en brønnboring fremskaffet. Systemet innbefatter i én utførelse: en borestreng med en bunnhullssammenstilling; en anordning for å bestemme helning og/eller orientering av bunnhullssammenstillingen som et flertall av trykksensorer og krets konfigurert for å beregne helning og/eller orientering ved å benytte målinger fra trykksensorene.

30 **[0016]** I det den foregående beskrivelse er rettet mot de foretrukne utførelser av oppfinnelsen, vil forskjellige modifikasjoner være åpenbare for de som er faglært på området. Intensjonene er at alle varianter innen omfanget og området av de vedføyde kravene skal omfavnes av den foregående omtale.

P A T E N T K R A V

1. Fremgangsmåte for å beregne én av helning og orientering av en
5 brønnanordning,
der fremgangsmåten omfatter:
 å ta trykkmålinger ved å benytte trykksensorer ved et flertall av lokaliseringer på brønnanordningen i brønnboringen, hvor i det minste én lokalisering i flertallet av lokaliseringer er vertikalt forskjøvet fra i det minste en annen
10 lokalisering; og
 å beregne den ene av helningen og orienteringen av brønnanordningen fra flertallet av trykkmålinger.

2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, hvor det å ta trykkmålinger omfatter å ta
15 trykkmålingen ved et flertall av lokaliseringer svarende til et flertall av vertikaler til et tetrahedron.

3. Fremgangsmåte ifølge krav 2, hvor trykksensorene måler trykk på innsiden
20 av en fluidfylt kule.

4. Fremgangsmåte ifølge krav 3, hvor beregning av den ene av helning og orientering omfatter å bestemme trykk et ρgh , hvor ρ er tetthet av fluidet, g er tyngdeakselerasjonen, og h er neddykkingsdybde av hver trykksensor innen fluidet.
25

5. Fremgangsmåte ifølge krav 4, videre omfattende å benytte forandringer i neddykkingsdybden av trykksensorene for å beregne den ene av helning og orientering av brønnanordningen.

- 30 6. Fremgangsmåte ifølge krav 5, hvor beregning av den ene av helning og orientering omfatter:
 beregning av forandringer i trykkmålinger i det minste i én av trykkmålingene;

å bestemme Euler's vinkler forbundet med neddykkingsdybder av flertallet av sensorer; og

å korrelere neddykkingsdybdene med trykkmålingene for å beregne den ene av helningen og orienteringen av brønnenanordningen.

5

7. Fremgangsmåte ifølge krav 6, hvor korrelering av neddykkingsdybdene ved trykkmålingene omfatter å utføre kurvefylling mellom neddykkingsdybdene og trykkmålingene.

10

8. Apparat til bruk i en brønnboring for å beregne én av helning og orientering av et brønnverktøy i brønnboringen, omfattende:

et flertall av trykksensorer, hvori en sensor i flertallet av sensorer er vertikalt forskjøvet fra i det minste én av de andre sensorene;

15

en krets konfigurert for å tilveiebringe signaler svarende til trykk målt ved et flertall av sensorer når verktøyet er i en ikke-vertikal posisjon i brønnboringen; og

en prosessor konfigurert for å beregne den ene av helning og orientering av brønnverktøyet ved å benytte trykkmålingene.

20

9. Apparat ifølge krav 8, hvor flertallet av trykksensorer er anordnet i en kule ved vertikaler til et tetrahedron.

10. Apparat ifølge krav 1, hvor kulen inneholder en væske i en mengde som tar hensyn til varmeeekspansjon av væsken deri opptil en valgt temperatur.

25

11. Apparat ifølge krav 8, hvor en sensor i flertallet av sensorer er plassert ved den langsgående akse til brønnverktøyet og de gjenværende sensorer er plassert i et plan perpendikulært til den langsgående akse av brønnverktøyet.

30

12. Apparat ifølge krav 8, hvor prosessoren videre er konfigurert for å beregne den ene av helning og orientering ved å benytte trykkverdier beregnet som ρgh , hvor ρ er tetthet fluidet, g er tyngdeakselerasjonen, og h er neddykkingsdybden av hver trykksensor innen fluidet.

13. Apparat ifølge krav 12, hvor prosessoren videre er konfigurert for å utnytte forandringer i neddykkingsdybden av trykksensorene for å beregne den ene av helning og orientering av brønnenordningen.
- 5 14. Apparat ifølge krav 8, hvor prosessoren videre er konfigurert for å beregne den ene av helning og orientering ved:
å beregne forandringer i trykkmålinger i det minste i én av trykkmålingene;
å bestemme Euler's vinkler forbundet med neddykkingsdybder av flertallet av sensorer; og
- 10 å korrelere neddykkingsdybdene med trykkmålingene for å beregne den ene av helningen og orienteringen av brønnenordningen.
15. Apparat for å beregne i det minste én av helning og orientering av et verkøy i en brønnboring, hvor apparatet omfatter:
- 15 et kulelegeme som inneholder en væske deri; og
et flertall av trykksensorer anordnet i kulelegemet konfigurert for å tilveiebringe trykkmålinger av væsken i legemet, hvori en trykksensor i flertallet av trykksensorer er vertikalt anbrakt fra i det minste én annen sensor i flertallet av sensorer.
- 20 16. Apparat ifølge krav 15, hvor hver av sensorene i flertallet av sensorer er lokalisert ved et toppunkt av et tetrahedron.
17. Apparat ifølge krav 15, hvor i en nøytral posisjon av kulen, tilveiebringer alle
25 med unntak av én sensor i flertallet av sensorer den samme trykkmåling.
18. Apparat ifølge krav 17, videre omfattende en prosessor konfigurert for å beregne den ene av helning og orientering ved:
å beregne forandringer i trykkmålingene i det minste i én av trykkmålingene;
30 å bestemme Euler's vinkler forbundet med neddykkingsdybder til flertallet av sensorer; og
å korrelere neddykkingsdybdene med trykkmålingene for å beregne den ene av helningen og orienteringen av brønnenordningen.

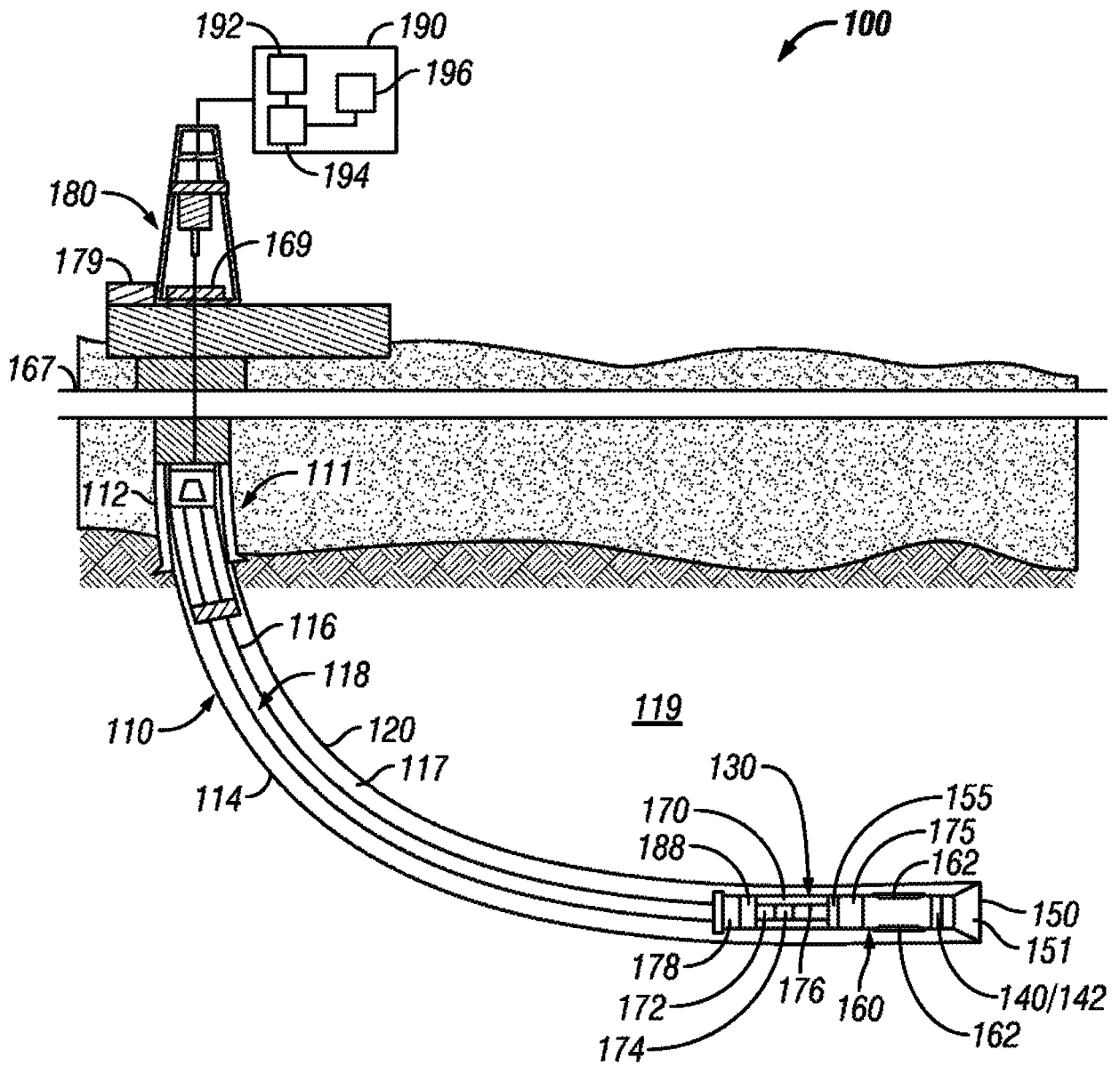


FIG. 1

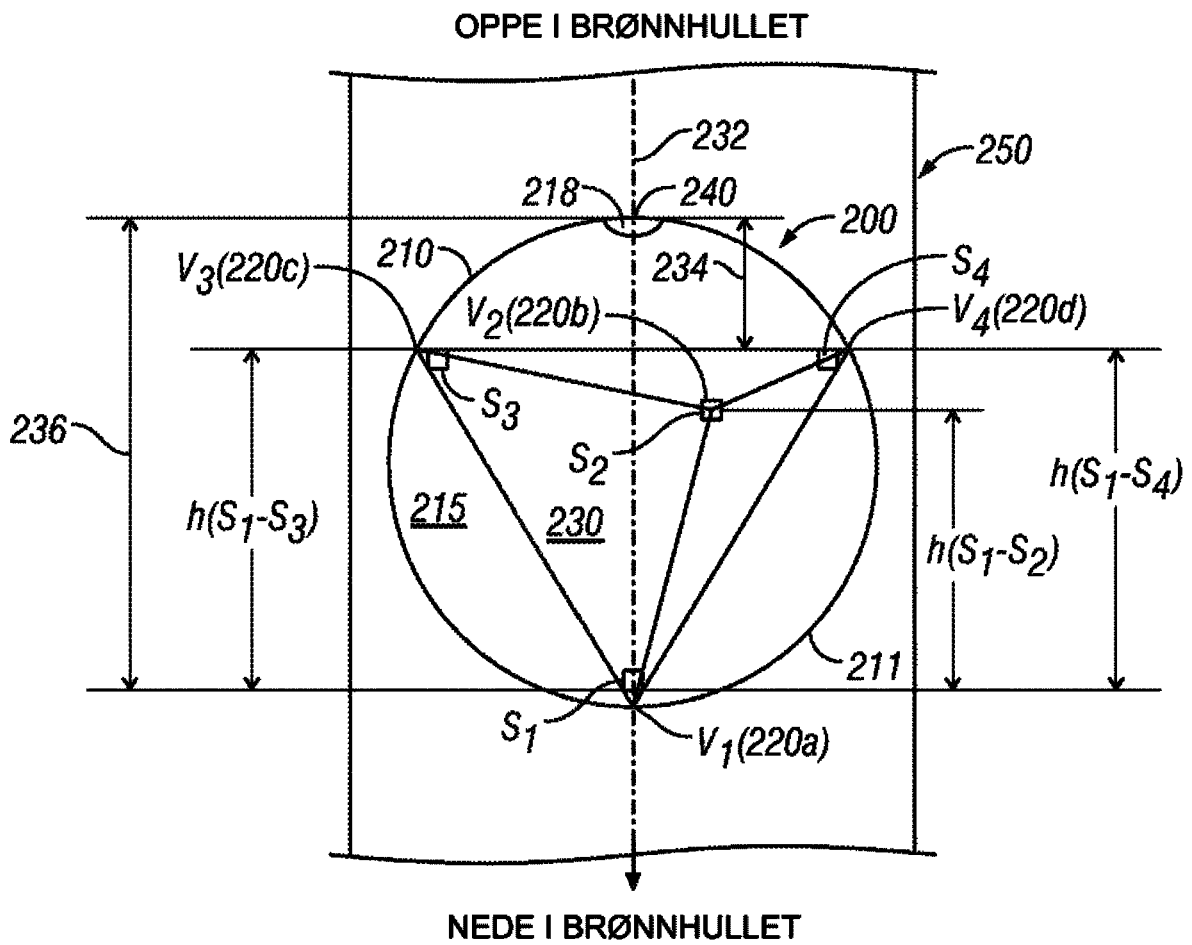


FIG. 2

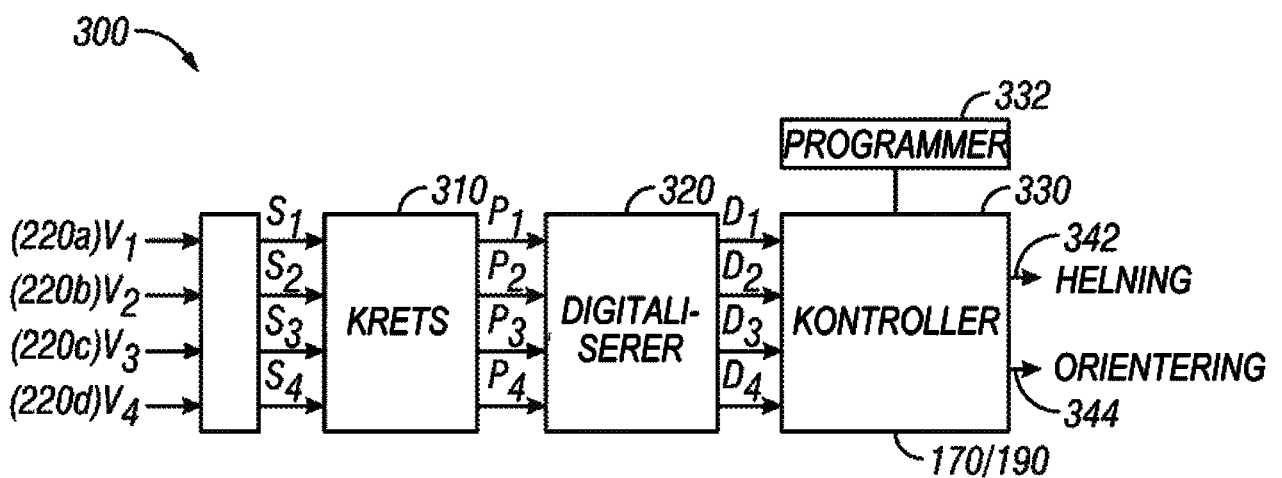


FIG. 3