



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **314196**

(13) B1

(51) Int Cl⁷

E 21 B 7/04

Patentstyret

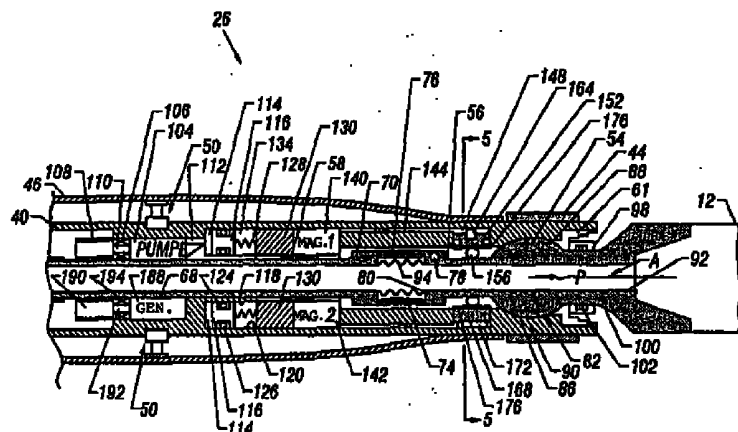
(21) Søknadsnr	19996051	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	
(22) Inng. dag	1999.12.08	(85) Videreføringdag	
(24) Løpedag	1999.12.08	(30) Prioritet	1998.12.11, US, 210520
(41) Alm. tilg.	2000.06.13		
(45) Meddelt dato	2003.02.10		
(71) Patenthaver	Schlumberger Holdings Ltd, P O Box 71, Craigmuir Chambers, Road Town, Tortola, VG		
(72) Oppfinner	Alain P Dorel, Houston, TX 77082, US		
(74) Fullmektig	Bryn Aarflot AS, 0104 Oslo		

(54) Benevnelse **Fremgangsmåte for boring av brønner, samt styrbart brønnrotasjonsboresystem**

(56) Anførte publikasjoner NO B1 311652

(57) Sammendrag

Et aktivt kontrollert, styrbart rotasjonsboresystem for retningsboring av brønner, med en rotasjons-drivkomponent som er roterbar i en rørformet glide- verktøymansjett (40) som innbefatter elastiske antirotasjonselementer (46, 48) for å opprettholde en koplet forbindelse med borehullveggen under boring. En for- skyvningsstamme (56) er opplagret i verktøymansjetten ved hjelp av et universal- ledd (82) for svinge- og rotasjonsbevegelse i forhold til verktøymansjetten (40) og har en nedre ende som strekker seg fra verktøymansjetten og bærer en borkrone (12). For å oppnå kontrollert styring av den roterende borkrone (12), avføres verktøymansjetten (40) orientering og forskyvningsstammen (56) holdes geostasjonær og selektivt aksialt skråstilt i forhold til verktøymansjetten ved å orientere den om universalleddet. En vekselstrømsgenerator (188) og en hydraulisk pumpe (104) som er anordnet i verktøymansjetten (40), drives ved relativ rotasjon av rotasjons-drivkomponenten med verktøymansjetten for å produsere elektrisk kraft og hydraulisk trykk for verktøyets elektronikkpakke og for aktivering av de hydrauliske systemkomponenter. Hydrauliske sylinter- og stempel-sammenstillinger (116, 118, 120) som aktiveres av verktøyposisjonssignal-påvirkbare magnetventiler (140, 142), kontrollerer forskyvningsstammens (56) vinkelposisjon i forhold til verktøymansjetten. Hydraulikkstemplene (116) er servostyrt som reaksjon på inngangssignal fra verktøyposisjon-avfølingssystemer så som magnetometre og akselerometre (162) som gir sanntid- posisjonssignaler til det hydrauliske kontrollsystem.



Denne oppfinnelse angår generelt fremgangsmåter og anordninger for boring av brønner, særlig brønner for produksjon av petroleumsprodukter, og nærmere bestemt angår den et aktivt kontrollert, styrbart rotasjonsboresystem som kan koples direkte til en rotasjonsborestreng eller kan innkoples i en rotasjonsborestreng sammen med en slammotor og/eller truster og/eller fleksibel overgang for å muliggjøre boring av avviks-brønnboringseksjoner og grenboringer. Denne oppfinnelse angår også fremgangsmåter og anordninger som muliggjør presisjonskontroll av retningen til en brønnboring som bores. Denne oppfinnelse angår også et aktivt kontrollert, styrbart rotasjonsboresystem som innbefatter en hydraulisk drevet borkroneaksler-posisjoneringmekanisme for utførelse av automatisk, geostasjonær posisjonering av akselen til en forskyvningsstamme og borkrone under rotasjon av forskyvningsstammen og borkronen ved hjelp av en rotasjonsborestreng, slammotor eller begge. Denne oppfinnelse angår videre langstrakte, elastiske antirotasjonsblad som rager radiallyt ut fra glideverktøykragen for bibehold av antirotasjon av boreverktøyet med borehullveggen.

Som eksempel på teknikkens stilling på området kan nevnes NO 311 652 B1.

En olje- eller gassbrønn har ofte en undergrunnsseksjon som bores retningmessig, dvs. som skråner i vinkel i forhold til vertikalretningen og idet skråningen har en spesiell kompassretning eller asimut. Selv om brønner med avviksseksjoner kan bores ved hvilket som helst ønsket sted, så som for "horisontal" borehullorientering eller avviks-grenboringer fra et hoved-borehull, f.eks., blir et betydelig antall avviksbrønner boret i marine omgivelser. I slikt tilfelle blir et antall avviks-borehull boret fra en enkelt offshore-produksjons plattform på en slik måte at borehull-bunnene fordeles over et stort område av en produksjonshorisont som plattformen typisk plasseres sentralt over, og brønnhodene for hver av brønnene plasseres på plattformkonstruksjonen.

I tilfeller der brønnen som bores har en sammensatt bane, vil den spesielle egenskap som det styrbare rotasjonsboresystemet ifølge denne oppfinnelsen har til å styre borkronen mens borkronen roteres ved hjelp av verktøykragen sette borepersonell i stand til lett å navigere brønnboringen som bores fra et undergrunnsoljereservoar til et annet. Det styrbare rotasjonsboreverktøy ifølge foreliggende oppfinnelse gjør det mulig å styre brønnboringen både med hensyn til skråvinkel

og med hensyn til asimut, slik at to eller flere aktuelle undergrunnssoner kan gjennomskjæres på kontrollerbar måte av brønnboringen som bores.

En typisk fremgangsmåte for boring av et retningsborehull, er å fjerne borestrengen og borkronen som den innledende, vertikale seksjon av brønnen ble boret med, idet det anvendes konvensjonelle rotasjonsboreteknikker, og kjøre inn en 5 slammotor med et bøyd hus ved borestrengens nedre ende, som driver borkronen som reaksjon på sirkulasjon av borefluid. Det bøyde huset danner en bøyevinkel slik at aksens under bøyepunktet, som svarer til borkronens rotasjonsakse, har en "verktøyflate"-vinkel i forhold til en referanse, sett ovenfra, verktøyflate-vinkelen, 10 eller simpelthen "verktøyflaten", bestemmer den asimut eller kompassretning som avviks-borehullseksjonen vil bli boret når slammotoren drives. Etter at verktøyflaten er blitt bestemt ved sakte rotasjon av borestrengen og observasjon av utgangssignalet fra forskjellige orienteringsanordninger, senkes slammotoren og borkronen, med borestrengen rotasjonsfast for å opprettholde den valgte verktøy- 15 flate, og borefluidpumpene, "slampumper", aktiveres for å utvikle fluidstrømning gjennom borestrengen og slammotoren, for derved å gi rotasjonsbevegelse til slammotor-utgangsakselen og borkronen som er festet i denne. Nærværet av bøyevinkelen bringer borkronen til å bore langs en kurve inntil en ønsket borehullskråvinkel er opprettet. Å bore en borehullseksjon langs den ønskede skråretningen og asimut, roteres borestrengen slik at dens rotasjon overlages slammotor- 20 utgangsakselens rotasjon, hvilket bringer bøyeseksjonen til bare å kretse rundt borehull-aksen, slik at borkronen borer rett fremover ved den skråvinkel og asimut som måtte være opprettet. Om ønskelig kan de samme retningsboreteknikker benyttes når brønnboringens maksimale dybde nærmer seg, for å krumme brønn- 25 boringen til horisontalretning og deretter forlenge den horisontalt inn i eller gjennom produksjonssonen. Måling under boring-"MUB"-systemer inngår vanligvis i borestrengen over slammotoren for å overvåke utviklingen av borehullet som bores, slik at korrigerende foranstaltninger kan foretas dersom forskjellige borehullparametere antyder avvik fra den prosjekterte plan.

30 Det kan oppstå forskjellige problemer når seksjoner av brønnboringen bores med ikke-roterbar borestreng og med en slammotor som drives ved hjelp av borefluidstrøm. Reaksjons-dreiemomentet som skyldes drift av en slammotor, kan føre til at verktøyflaten gradvis endres, slik at borehullet ikke fordypes i ønsket

asimutretning. Uten korrigerings, kan brønnboringen forlenges til et punkt der den er for nærme en annen brønnboring, brønnboringen kan bomme på det ønskede "undergrunnsmaal", eller brønnboringen kan simpelthen bli for lang på grunn av "vandring". Disse uønskede faktorer kan føre til uakseptable borekostnader for brønnboringen og kan redusere dreneringseffektiviteten ved fluidproduksjon fra en aktuell undergrunnsformasjon. Dessuten kan en ikke-roterende borestreng føre til øket friksjonsmotstand, slik at det blir mindre kontroll over "vekt på borkrone" og borehastigheten kan minske, hvilket kan føre til betydelig høyere borekostnader. Selvsagt er en ikke-roterende borestreng mer tilbøyelig til å kjøre seg fast i brønnboringen enn en som roterer, særlig der borestrengen strekker seg gjennom en permeabel sone som fører til betydelig oppbygging av slamkake på borehullveggen.

Et patent som omhandler gjenstanden for foreliggende oppfinnelse, er US-patent 5 113 953. '953-patentet viser en retningsboreanordning og -fremgangsmåte hvor borkronen er koplet til den nedre ende av en borestreng via en universal skjøt, og borkroneakselen blir svingbart rotert i den styrbare boreverktøykragen med en hastighet som er lik og motsatt borestrengens rotasjonshastighet. Foreliggende oppfinnelse er betydelig mer avansert enn gjenstanden for '953-patentet, ved at vinkelen til borkroneakselen eller -stammen i forhold til borekragen ifølge foreliggende oppfinnelse, er variabel istedenfor å være fast. Dessuten innbefatter det styrbare rotasjonsboresystem ifølge foreliggende oppfinnelse forskjellige posisjonsmålesystemer og regulering som reagerer på posisjonssignal. Andre patenter av interesse som er beslektet med foreliggende oppfinnelse, er UK-patenter GB 2 177 738 B, GB 2 172 324 B og GB 2 172 325 B. '738-patentet har tittel "regulering av borebaner ved boring av borehull" og viser en reguleringsstabilisator 20 med fire aktuatorer 44. Aktuatorene er i form av fleksible slanger eller rør som selektivt blåses opp for å påføre en sidekraft på vektørret som vist ved 22, med sikte på å avbøye vektørret og derved endre banen til borehullet som bores. '324-patentet er av interesse for foreliggende oppfinnelse ved at det oppviser et styrbart boreverktøy med stabilisatorer 18 og 20, med en reguleringsmodul 22 anordnet mellom dem for å bevirke kontrollert avbøyning av borerøret 10 for endring av banen til brønnboringen som bores. '325-patentet er av interesse for foreliggende oppfinnelse ved at det oppviser et styrbart boreverktøy med et stabi-

lisatorhus 31 som inneholder avfølingsinnretninger og som holdes hovedsakelig stasjonært under boring ved hjelp av en antirotasjons-anordning 40. Bevegelse av borerøret 10 i forhold til en veggkontakt-sammenstilling 33 oppnås ved å påføre forskjellige trykk, på en kontrollert måte, på hver av fire aktuatorer 44. Styring av borkronen utføres ved å avføle retningsavhengig avbøyning av borerøret 10. I motsetning til dette oppnår foreliggende oppfinnelse styring av borkronen ved hydraulisk å bibeholde en til borkronen festet forskyvningsdor i en geostasjonær posisjon og orientert om en ledd- eller svingbar opplagring i en glideverktøykrage mens forskyvningsstammen drives rotasjonsmessig i glideverktøykragen.

Foreliggende oppfinnelse skille seg også fra at den beslektede teknikk ved sammenstillingen av boresystem-regulerbar slammotor og trusteranordning og en fleksibel overgang som kan anordnes i hvilken som helst egnet sammenstilling for selektiv drift av retningsregulert boring ved hjelp av en roterende borestreng, en slammotor, eller begge, og å sørge for presisjonsregulering av vekt på borkrone og nøyaktighet av borkrone-orientering under boring.

US-patent 5 265 682 viser et system for å bibeholde en brønn-instrumenteringspakke i en rullestabilisert orientering ved hjelp av et løpehjul. Den rullestabiliserte orientering brukes til å modulere fluidtrykk til et sett radiale stempler som sekvensmessig aktiveres for å tvinge borkronen i en ønsket retning. Borkronestyresystemet til '682-patentet skiller seg vesentlig fra konseptet ifølge foreliggende oppfinnelse, ved de forskjellige midler som brukes for å avvike borkronen i ønsket retning. Således beskriver '682-patentet en mekanisme som bruker stempler som reagerer mot borehullveggen for å tvinge borkronen i en ønsket sideretning i borehullet. I motsetning til dette oppviser det styrbare rotasjonsboresystem ifølge foreliggende oppfinnelse et automatisk aktivert, følerpåvirkbart hydraulisk-system for å holde boresystemets borkroneakse i geostasjonært og vinkelmessig orientert forhold med glideverktøykragen for å holde borekronen pekende i en ønsket borehullretning. Det hydrauliske borkroneakse-posisjoneringssystem posisjonerer borkroneakse-aksen i dens ledd- eller universalskjøte-opplagring i glideverktøykragen for å holde borkroneakselen pekende i ønsket retning. Innenfor rammen av foreliggende oppfinnelse er forskjellige posisjonsfølere og verktøyelektronikk plassert i boreverktøyets glidekrage, istedenfor i en roterende komponent, for å sikre nøyaktighet og forlenget effektiv levetid for dette.

Det er et hovedtrekk ved foreliggende oppfinnelse å tilveiebringe et nytt boresystem som drives av en rotasjons-borestreng eller en slammotor som er tilkopleet en roterende eller ikke-roterende borestreng og tillater selektiv boring av krumme brønnboring-seksjoner ved presisjonsstyring av borkronen som roteres ved hjelp av borestrengen og det styrbare boreverktøy.

Det er også et trekk ved foreliggende oppfinnelse å tilveiebringe et nytt, aktivt regulerbart, styrbart brønn-rotasjonsboresystem med en borkroneakse som drives i rotasjon ved hjelp av vektørret under boreoperasjoner og som er montert i en mellomposisjon langs dens lengde for svingeledd-bevegelse i verktøymansjett for å oppnå geostasjonær posisjonering av borkroneakselen og borkronen i forhold til verktøymansjett for derved kontinuerlig å rette den derved opplagrede borkrone i ønsket skråvinkel og asimut for boring av en buet brønnboring til et forutbestemt mål.

Det er et annet trekk ved foreliggende oppfinnelse å tilveiebringe et nytt, aktivt regulert, styrbart brønn-rotasjonsboresystem med en forskyvningsstamme eller borkroneakse som holdes stasjonær ved en forutbestemt skråning og retning for styring av en brønnboring som bores mot et forutbestemt undergrunns mål.

Det er et annet trekk ved foreliggende oppfinnelse å tilveiebringe et nytt, aktivt regulert, styrbart brønn-rotasjonsboresystem der det i verktøyet er en borefluiddrevet hydraulikkpumpe som tilfører trykkfluid for posisjonsregulering av en forskyvningsstamme ved hjelp av solenoidstyrt aktivering av hydrauliske posisjoneringsstempler som avstedkommer geostasjonær posisjonering av den ledd-bevegelige forskyvningsstammen med sikte på borkronestyling.

Det er et annet trekk ved foreliggende oppfinnelse å tilveiebringe et nytt, aktivt regulerbart, styrbart brønn-rotasjonsboresystem med integrerte elektroniske kraft-, posisjonsavføling- og reguleringssystemer som er montert langs lengden av en ikke-roterende komponent av verktøyet og således beskyttet mot eventuell rotasjonspåført skade.

Det er et annet formål ved foreliggende oppfinnelse å tilveiebringe et nytt, aktivt regulerbart, styrbart rotasjons-brønnboresystem med en stabiliseringsmansjett i hvilken rotasjonskomponentene til det styrbare boreverktøy er roterbart montert, slik at stabiliseringsmansjett ikke blir drevet i rotasjon og således fritt kan gli eller sakte roteres på grunn av verktøyets indre friksjon, hvilket kan over-

vinne verktøymansjettens friksjon mot brønnboring-veggen når verktøymansjetten beveges langs brønnboring-veggen under boring.

Det er også et trekk ved foreliggende oppfinnelse å tilveiebringe et nytt, aktivt regulert, styrbart brønn-rotasjonsboresystem med en hovedsakelig ikke-roterbar verktøymansjett og langstrakte, krumme, elastiske stabiliseringsribber som opprettholder glidekontakt med brønnboring-veggen under boreoperasjoner.

I korthet oppnås de forskjellige formål og trekk ved foreliggende oppfinnelse, ved tilveiebringelse av et aktivt regulert, styrbart rotasjonsboreverktøy med en rotasjons-drivstamme som er forbundet direkte med en borestreng-rotasjonsdriftkomponent, så som utgangsakselen til en slammotor eller en rotasjons-borestreng, som drives av boreriggens rotasjonsbor. En forskyvningsstamme, som her i blant også betegnes som borkroneaksel, er montert i glideverktøymansjetten ved hjelp av en universalopplagring eller et gaffelledd og er roterbart direkte ved hjelp av rotasjons-drivstammen i boringsøyemed. En nedre seksjon av forskyvningsstammen rager ut fra den nedre ende av glideverktøymansjetten og tilveiebringer en forbindelse som borkronen er gjenneforbundet med. I henhold til konseptet ifølge denne oppfinnelse, blir forskyvningsstammeaksen opprettholdt pekende i en gitt retning som skråner eller heller med en variabel vinkel i forhold til akselen til rotasjons-drivstammen under rotasjon av forskyvningsstammen ved hjelp av rotasjons-drivstammen, slik at borkronen kan bore en buet brønnboring på en kurve som bestemmes av den valgte vinkel. En rett boring kan bores ved å sette vinkelen mellom borkroneakselaksen og verktøyaksen til null.

Vinkelen mellom akselen til rotasjons-drivstammen og akselen til forskyvningsstammen opprettholdes ved hjelp av et antall hydrauliske stempler som er beliggende i glideverktøymansjetten til verktøyet og er selektivt regulert og posisjonert ved hjelp av føler-påvirkbare solenoidventiler for å opprettholde forskyvningsstammens akse geostasjonær og ved forutbestemte hellings- og asimutvinkler. Dessuten er disse forutbestemte hellings- og asimutvinkler selektivt styrbart påvirkbare av overflategenererte styresignaler, datagenererte signaler, følergenererte signaler eller en kombinasjon av disse. Det styrbare rotasjonsboreverktøy ifølge denne oppfinnelse er således regulerbart mens verktøyet befinner seg nede i borehullet og under boring for regulerbar endring av forskyvningsstammen i forhold til glideverk-

tøymansjetten som ønsket med sikte på regulerbar styring av borkronen som roteres av verktøyets forskyvningsstamme.

Dreiemoment overføres fra rotasjons-drivstammen til forskyvningsstammen direkte gjennom en leddbevegelig drivforbindelse. Dessuten er de hydrauliske stamme-posisjoneringssystemer servostyrt for å sikre at den forutbestemte verktøyflate bibeholdes i nærvær av ytre forstyrrelser. Ettersom den alltid skal være geostasjonær, bibeholdes forskyvningsstammen i sin geostasjonære stilling i glideverktøymansjetten ved hjelp av hydraulisk aktiverte stempler som er montert for bevegelse i glideverktøymansjetten. Dette trekk oppnås ved hjelp av automatisk, solenoid styrt hydraulisk påvirkning av posisjoneringssystemene som styres nøyaktig som reaksjon på signaler fra forskjellige posisjonsfølere og som reagerer på forskjellige krefter som søker å endre orienteringen til glideverktøymansjettens- og forskyvningsstammens akser.

For å bedre fleksibiliteten til det aktivt regulerte, styrbare rotasjonsboreverktøy, har verktøyet evnen til selektivt å inkorporere mange elektroniske avfølings-, måle-, tilbakemeldings- og posisjoneringssystemer. Et tredimensjonalt posisjoneringssystem hos verktøyet kan benytte magnetiske følere for avføling av jordens magnetfelt og kan benytte akselerometere og gyroskopiske følere for nøyaktig bestemmelse av verktøyets posisjon til enhver tid. For regulering vil det styrbare rotasjonsboreverktøy typisk være utstyrt med tre akselerometere og tre magnetometere. En enkelt gyroskopisk føler vil typisk være inkorporert i verktøyet for å gi rotasjonshastighet-tilbakemelding og for å medvirke til stabilisering av stammen, selv om et flertall av gyroskopiske følere også kan benyttes uten å avvike fra oppfinnelsestanken og -rammen. Signalbehandlingssystemet til verktøy-elektronikken oppnår sann tid posisjoneringsmåling mens verktøyets forskyvningsstamme roterer. Verktøyets følere og elektronikkbehandlingssystem sørger også for kontinuerlig måling av asimutretningen og den virkelige skråvinkel etterhvert som boringen skrider frem, slik at umiddelbare korrigerende tiltak kan foregå i sann tid, uten å nødvendiggjøre avbrudd av boreprosessen. Verktøyet innbefatter en posisjonsbasert styresløyfe ved bruk av magnetiske følere, akselerometere, og gyroskopiske følere for å tilveiebringe posisjonssignaler for regulering av forskyvningsstammens aksiale orientering. Også med hensyn til driftsfleksibilitet, kan verktøyet innbefatte systemer for tilbakemelding, gammastråle-detektering, resistivitetslogging,

densitets- og porøsitetslogging, sonisk logging, borehull-simulering, se forover- og se rundt-avføling, og måling av skråvinkel ved borkronen, borkrone-rotasjonshastighet, vibrasjon, vekt på borkrone, dreiemoment på borkrone, og borkrone-sidekraft, f.eks.

5 Dessuten gir det styrbare rotasjonsboreverktøyets elektronikk- og reguleringsinstrumenter mulighet for programmering av verktøyet fra overflaten, for derved å opprette eller endre verktøy-asimut og skråvinkel og å opprette eller endre bøyevinkel-forholdet mellom forskyvningsstammen og verktøymansjetten. Det elektroniske minnet til verktøyets integrerte elektronikk er i stand til å fastholde, utnytte og overføre en komplett brønnhullprofil og avstedkomme geostyringsevne
10 nede i borehullet, slik at det kan benyttes fra avspark til boring med forlenget rekkevidde. Dessuten kan en fleksibel overgang anvendes sammen med verktøyet for å kople det styrbare rotasjonsboreverktøy fra resten av bunnhull-sammenstillingen og borestrengen og tillate navigering ved hjelp av det styrbare rotasjonsboresystemets elektronikk.
15

I tillegg til andre avfølings- og måletrekk ved denne oppfinnelse, kan det aktivt regulerede, styrbare rotasjonsboreverktøy også utstyres med en induksjonstelemetrispole eller -spoler for å overføre logge- og bore-informasjon som oppnås under boreoperasjoner til et MUB-system i to retninger gjennom den fleksible
20 overgang, og andre måle-overganger. For induksjonstelemetri kan det styrbare rotasjonsboreverktøy også innbefatte en induktor i verktøymansjetten. Verktøyet kan også innbefatte sendere og mottakere beliggende i forutbestemt aksial innbyrdes avstand for derved å bringe signaler til å forplantes i en forutbestemt avstand gjennom undergrunnsformasjon nær brønnhullet og således måle dets resistivitet mens boreaktivitet foregår.
25

Elektronikken til verktøyets resistivitetssystem, samt elektronikken til de forskjellige måle- og styre- eller reguleringssystemer, er montert i verktøymansjetten som, som ovenfor nevnt, glir langs borehullveggen eller som kan rotere sakte istedenfor å roteres sammen med verktøyets rotasjonskomponenter. Det elektroniske
30 system er således beskyttet mot potensiell rotasjonsforårsaket skade når boreoperasjoner foregår.

I den foretrukne utføringsform av foreliggende oppfinnelse er en hydraulikkpumpe anordnet i det styrbare rotasjonsboreverktøyets glideverktøymansjett

for å utvikle hydraulisk trykk i verktøyets integrerte hydrauliske system for å sørge for drift av hydraulisk drevne komponenter. Den hydrauliske pumpe drives ved hjelp av rotasjonsdriftsstammens relative rotasjon i forhold til verktøyets rørformede glideverktøymansjett, enten ved et direkte rotasjonsforhold eller gjennom en tannhjulsutveksling for å sørge for optimal rotasjonshastighetsområde for den hydrauliske pumpe i forhold til rotasjonsdrivstammens rotasjonshastighet. Det hydrauliske trykkfluid blir på kontrollert måte påtrykket stempelkamrene som reaksjon på følersignal-indusert aktivering av solenoidventilene for å holde forskyvningsstammens akse geostasjonær og med ønskede helnings- og asimutvinkler under boring. Hydraulisk trykk som genereres av den hydrauliske pumpe, kan også anvendes i et integrert system som innbefatter lineærspenning-differensialtransformatorer for å måle radial forskyvning av de elastiske antirotasjonsblader for identifisering av det aktivt regulerede, styrbare rotasjonsboreverktøyets nøyaktige posisjon i forhold til senterlinjen til brønnboringen som bores. Transformatorene benyttes også til å avføle forskyvning av stammeaktiveringsstemplene og til å avgi forskyvningssignaler som behandles og benyttes for styring av stemplenes hydrauliske aktivering.

Med sikte på mekanisk effektivitet, anvender forskyvningsstamme-posisjoneringssystemet ifølge den foretrukne oppfinnelse, en universal-forskyvningsstamme-opplagring i form av et hvilket som helst egnet universalledd eller gaffelledd for å gi forskyvningsstammen effektiv opplagring i både aksialretningen og dreiemoment og samtidig for å minimere friksjon ved universalleddet. Friksjon i universalleddet blir også minimert ved å sikre nærvær av smøreolje rundt dens komponenter, og ved å utelukke borefluid fra universalleddet under utførelse av betydelig syklisk styrereguleringsbevegelse av forskyvningsstammen i forhold til verktøymansjetten og rotasjonsdrivstammen mens boring foregår. Underversalledet kan hensiktsmessig være i form av et ledd av ryggradtypen (engelsk: spine type), et universalledd som innbefatter riller og ringer, eller et universalledd som innbefatter et antall kuler som tillater relativ vinkelinnstilling av forskyvningsstammens akse i forhold til akselen til rotasjonsdrivstammen som befinner seg i og er konsentrisk med verktøymansjetten.

Elektrisk kraft for styring og drift av solenoidventilene og elektronikkssystemet til boreverktøyet, genereres av en integrert vekselstrømsgenerator som også

får kraft fra rotasjon av rotasjonsdrivstammen i forhold til glideverktøymansjetten, idet relativ rotasjon ved hjelp av tannhjul gir rotasjon til vekselstrømsgeneratoren innenfor et rotasjonshastighetsområde som er tilstrekkelig for utgang av den elektriske energi som kreves av verktøyets forskjellige elektronikk-systemer. Vekselstrømgeneratorens elektriske utgangsenergi kan også benyttes til å opprettholde den elektriske ladning på en batteripakke som sørger for elektrisk kraft for drift av den integrerte elektronikken og for drift av det forskjellige andre integrerte elektronikkutstyr i et tidsrom der vekselstrømsgeneratoren ikke drives av fluidstrøm.

For at detaljene ved den måte hvorved de ovenfor angitte trekk, fordeler og formål med foreliggende oppfinnelse oppnås skal bli bedre forstått, vil man få en nærmere beskrivelse av den ovenfor kort sammenfattede oppfinnelse, ved henvisning til den foretrukne utføringsform av denne som er vist i de medfølgende tegninger.

Fig. 1 er en skjematisk illustrasjon som viser en brønn som bores i samsvar med foreliggende oppfinnelse og viser avvik fra det nedre parti av brønnhullet ved hjelp av det aktivt regulerede, styrbare rotasjonsboresystem og fremgangsmåte ifølge oppfinnelsen,

fig. 2 er en alternativ, skjematisk illustrasjon som viser et styrbart rotasjonsboreverktøy ifølge foreliggende oppfinnelse, driftsmessig forbundet med en slammotor,

fig. 3 er et snittriss som viser det øvre parti av et styrbart rotasjonsboresystem som er konstruert i samsvar med prinsippene ved foreliggende oppfinnelse,

fig. 4 er et snittriss som viser det nedre parti av det styrbare rotasjonsboresystem ifølge fig. 3 og et parti av en til systemet koplet borkrone for boring, og

fig. 5 er et snittriss langs linjen 5-5 på fig. 4, og viser de hydraulisk drevne forskyvningsstamme-posisjoneringsstempler og stempelreturelementer og som ved hydraulisk skjematisk illustrasjon viser reguleringsløyfen til det styrbare rotasjons-boreverktøyet hydrauliske stempelaktiveringssystem.

Idet nå vises til tegningene og først til fig. 1, er det vist et brønnhull 10 som bores ved hjelp av en borkrone 12 som er tilkopledd ved den nedre ende av en borestreng 14 som strekker seg oppad til overflaten der den drives ved hjelp av rotasjonsboret 16 i en typisk borerigg (ikke vist). Borestrengen 14 omfatter typisk

et borerør 18 med ett eller flere vektrør 20 som er tilkopleet med sikte på å påføre vekt på borkronen 12. Brønnhullet 10 er vist ved et vertikalt eller hovedsakelig vertikalt, øvre parti 22 og et avvikende, buet eller horisontalt nedre parti 24 som bores under regulering av et aktivt regulert, styrbart rotasjonsboreverktøy som er generelt vist ved 26 og som er konstruert i samsvar med foreliggende oppfinnelse. For å tilveiebringe den fleksibilitet som er nødvendig i brønnhullets buede nedre parti 24, kan en nedre seksjon av borerør 28 benyttes til å forbinde vektrørene 20 med boreverktøyet 26, slik at vektrørene vil forbli i brønnhullets 10 vertikale øvre parti 22. Det nedre parti 24 av brønnhullet 10 vil ha avveket fra det vertikale øvre parti 22 på grunn av boreverktøyets 26 styrevirksomhet i samsvar med de her angitte prinsipper. Borerøret 28, som er vist i umiddelbar tilgrensning til det styrbare rotasjonsboreverktøy, kan omfatte en fleksibel overgang som kan gi det styrbare rotasjonsboresystem forbedret borenøyaktighet. I samsvar med vanlig praksis, sirkuleres borefluid eller "-slam" ved hjelp av overflatepumper (ikke vist) ned gjennom borestrengen 14 der det strømmer ut gjennom dyser som er anordnet i borkronen 12 og tilbake til overflaten gjennom ringrommet 30 mellom borestrengen 14 og brønnhullets 10 vegg. Som nærmere beskrevet nedenfor, er det styrbare rotasjonsverktøy 26 konstruert og innrettet til å bringe en tilkopleet borkrone 12 til å bore langs en buet eller krum bane som er bestemt av boreverktøyets reguleringsinnstillinger. Vinkelen til forskyvningsstammen som holder borkronen 12 i regulert vinkelforhold til boreverktøyets rørformede mansjett opprettholds selv om borkronen og boreverktøyets innvendige rotasjonsdrivstamme roteres ved hjelp av borestrengen, slammotoren, eller annen rotasjonsmekanisme, for derved å bevirke at borkronen styres for boring av en buet brønnboringseksjon. Styling av boreverktøyet blir selektivt oppnådd med hensyn til helning eller skråvinkel og med hensyn til asimut. Dessuten kan det styrbare rotasjonsboreverktøyets forskyvningsstammeinnstillinger endres etter ønske, f.eks. ved slampuls-telemetri, for å bringe borkronen til selektivt å endre kursen til brønnhullet som bores for derved å lede avviks-brønnhullet i forhold til X-, Y- og Z-akser for presisjonsstyring av borkronen og således presisjonsregulering av brønnboringen som bores.

Fig. 2 er en skjematisk illustrasjon som viser det styrbare rotasjonsboreverktøy 26 ifølge foreliggende oppfinnelse, drevet ved hjelp av utgangsakselen 32, i dette tilfelle en fleksibel aksel, til en slammotor 34 som er kopleet til en roterbar

eller ikke-roterbar borestreng 18, eller til en fleksibel borestrengseksjon 28, og som er innrettet for regulert styring ved hjelp av elektronisk behandlede akustiske reguleringspulser som overføres fra overflaten gjennom boreslamsøylen i henhold til kjent teknikk. For reguleringspuls-behandling er en akustikkpuls- og reguleringsenhet 36 innkoplet i borestrengen og er elektronisk forbundet med de forskjellige regulerbare systemer til det styrbare rotasjonsboresystem, innbefattende det styrbare rotasjonsboreverktøy 26. Behandlings- og reguleringsenheten 36 innbefatter akustikkpuls-avfølingsmidler for avføring av slampuls-telemetri fra akustikkpuls-overføringsutstyr beliggende ved overflaten og for generering av elektroniske reguleringssignaler som reagerer på dette. Disse elektroniske reguleringssignaler blir så behandlet av integrert elektronikk for å avgi reguleringssignaler som kan benyttes for regulering av et bredt område av utstyr og systemer integrert i det styrbare rotasjonsboreverktøy 26. F.eks. kan noen av reguleringssignalene anvendes for å regulere styring av borkronen 12 for korrigerende eller endring av borehullets retning mens boring finner sted. Andre reguleringssignaler kan anvendes for aktivisering og deaktivering av forskjellige integrerte systemer, så som formasjonsresistivitets-målesystemer, toveis induksjonstelemetrisystemer, og slammotorreguleringssystemer. Et signaloverføringssystem 38, som vanligvis betegnes som et "kortdistanse-telemetrisystem" (eng.: "short-hop telemetry system") kan innkoples i borestrengen for å besørge induksjonsoverføring, som skjematisk antyd ved 37, gjennom formasjonen som umiddelbart omgir borehullet og for å besørge signal-kommunikasjon til og fra det styrbare rotasjonsboreverktøyets regulerings-systemer og, om ønskelig, for å forsyne det styrbare rotasjonsboreverktøyets elektronikk med formasjonsdata. Dette system sørger for integrering av en slammotor mellom signaloverføringssystemet 38 og det aktivt regulerede, styrbare rotasjonsboreverktøy 26.

I det nå henvises til snittene ifølge fig. 3 og 4, som viser henholdsvis øvre og nedre seksjoner av det aktivt regulerede, styrbare rotasjonsboreverktøy 26, som representerer den foretrukne utføringsform av foreliggende oppfinnelse, er boreverktøyet 26 utstyrt med en rørformet glideverktøykrage eller -mansjett 40 som er beregnet for hovedsakelig glidebevegelse langs veggen til borehullet som bores. Enten lineær glidebevegelse eller kanskje sakte rotasjonsbevegelse på grunn av boreverktøyets indre friksjon etterhvert som boringen skrider frem. F.eks. kan

glideverktøymansjetten 40 roteres på grunn av sin indre friksjon noen få omdreininger pr. time, mens borkronen roteres med meget høyere rotasjonshastighet, så som 50 omdreininger pr. minutt, f.eks. Rotasjon av glideverktøymansjetten 40 med meget liten hastighet vil ikke forstyrre det styrbare rotasjonsboreverktøyets 26 forskjellige mekaniske og elektroniske systemer. Rotasjon av glideverktøymansjetten minimeres med sikte på å beskytte de forskjellige systemelektronikk- og følersystemer som er opptatt i denne fra skade som kan forårsakes av krefter som skyldes rotasjon og opprettholde et effektivt og stabilt forhold mellom verktøymansjetten og brønnboringen som bores.

Den rørformede glideverktøymansjett 40 er utstyrt med stabilisatorelementer 42 og 44 ved henholdsvis dens øvre og nedre ender, for å bevirke stabilisering og sentring av verktøymansjetten i brønnboringen under boring. En antenne for toveis-induksjonsteleometri er også integrert i glideverktøymansjetten. Dessuten er verktøymansjetten 40, for å hindre rotasjon av det styrbare rotasjonsboreverktøy 26 under boring, forsynt med et antall, fortrinnsvis tre eller flere, langstrakte, buede, elastiske antirotasjonselementer, hvorav to er vist ved 46 og 48, hvis øvre og nedre ender er anordnet hovedsakelig fiksert i forhold til verktøymansjetten 40, mens deres midtpartier rager utad fra verktøymansjetten i tilstrekkelig grad til at de avbøyes innad mot verktøymansjetten ved kontakt med borehullveggen. De buede, elastiske antirotasjonselementer 46 og 48 er således glideanlegg mot borehullveggen til enhver tid og medvirker således til å begrense verktøymansjettens 40 rotasjon under boring for å minimere, og i de fleste tilfeller eliminere, rotasjon av verktøymansjetten under boring. Antirotasjonselementene 46, 48 hjelper også stabilisatorene til å sentrere verktøymansjetten 40 i brønnboringen. Ved å hindre rotasjon av det styrbare rotasjonsboreverktøyets 26 verktøymansjett 40, muliggjør de elastiske antirotasjonselementers bruk av akselerometere til å måle verktøyflate-orientering, for derved å eliminere eller minimere behovet for følere med stor båndbredde, dvs. gyroskoper, i boreverktøyet og derved i betydelig grad forenkle verktøyets integrerte elektronikk-systemer. Dessuten kan de elastiske antirotasjonselementers 46, 48 relative avbøyning og derved verktøymansjettens 40 posisjon i borehullet, også måles. De elastiske antirotasjonselementer 46, 48 og verktøymansjetten 40 kan være utstyrt med lineærspenning-differensialtransformator-sammenstillinger av hydraulisk stempel- og sylindertype, som generelt vist ved 50

og 51 i fig. 4, som måler fortrengning av hydraulikkfluid etterhvert som antirotasjons-elementene bevegges radiallyt innad og utad når verktøymansjetten midlertidig blir forskjøvet fra borehullets senterlinje, og som avgir posisjonssignaler som blir elektronisk behandlet og anvendt for styring under boring. Disse posisjonssignaler brukes til å gi en kalibermåling ved å måle den aksiale forskyvning av hvert av de elastiske antirotasjons-elementer.

En rotasjonsdrivaksel 54, som kan være utgangsakselen til en slammotor, så som vist ved 32 i fig. 2, en drivkoplingsovergang som drives av utgangsakselen til en slammotor, en drivkopling for en rotasjonsborestreng, eller hvilken som helst annen egnet rotasjonsdriftsinnretning, strekker seg inn i verktøymansjetten 40 og er roterbar med sikte på å frembringe drivkraft til en forskyvningsstamme 56 som vil bli nærmere beskrevet nedenfor. Under sin rotasjon, roterer drivakselen 54 i verktøymansjetten 40 mens verktøymansjetten hindres i å rotere med samme rotasjonshastighet som rotasjonsdrivakselen 54 på grunn av de elastiske antirotasjons-elementenes 46 og 48 koplede, friksjonsfluide forbindelse med borehullveggen. Rotasjonsdrivakselen 54 er avtettet mot verktøymansjetten 40 ved hjelp av en tetnings- eller pakningsenhet 57. Tetnings- eller pakningsenheten 57 samvirker med rotasjonsdrivakselen 54 og verktøymansjetten 40 for å danne den øvre ende av innvendig oljekammer 60 som ved sin nedre ende er isolert ved hjelp av tetning eller pakningsenhet 58 fra borefluidet som strømmer inn i verktøyet gjennom rotasjonsdrivakselen 54. Oljekammer 60 inneholder en mengde av olje eller annet smøre- og beskyttelses-fluidmedium. Tetnings- eller pakningsenheten 58 virker også til å isolere hydraulisk trykkfluid fra det innvendige oljekammer 60. Rotasjonsdrivakselen 54 danner en innvendig strømningskanal 62 som borefluidet strømmer gjennom til borkronen 12. Rotasjonsdrivakselen 54 samvirker med en langstrakt rotasjonsdrivstamme 64 som er festet til rotasjonsdrivakselen 54, f.eks. ved hjelp av en gjengeforbindelse, og danner også en innvendig boring 66 som utgjør en del av borefluid-strømningskanalen gjennom boreverktøyet. Den langstrakte rotasjonsdrivstammen 64 samvirker med verktøymansjetten 40 for å avgrense et lagerkammer som har trykkskuldre og som opptar lagrene 52 slik at aksial- og radialorienterte trykkrefter mellom rotasjonsdrivstammen 64 og verktøymansjetten 40 opptas under boreoperasjoner. Rotasjonsdrivstammen 64 er utstyrt med en nedre, rørfremmet drivseksjon 68 som tetnings- eller pakningsenheten 58 er

anordnet rundt og som danner en endedrivforbindelse 70 som har en leddet drivforbindelse med en drivhylse 74. Et antall sfæriske drivelementer 76 er innskutt mellom endedrivforbindelsen 70 og den øvre ende av drivhylsen 74 og er plassert i drivholdere som sammenvirkende utgjøres av endedrivforbindelsen 70 og den øvre ende av drivhylsen 74. Rotasjonsdrivstammen 64 og dens nedre rørformede drivseksjon 68 holdes koaksialt med verktøymansjetten 40 ved hjelp av lagre 52, mens drivhylsen 74 tillates å utføre lengdebevegelse og likevel opprettholder sin drivforbindelse med forskyvningsstammen 56. Den nedre ende av drivhylsen 74 er hovedsakelig lik dens øvre ende. Sfæriske drivelementer 78 som er opptatt i drivholdere som samvirkende utgjøres av drivhylsens 74 nedre ende og forskyvningsstammens 56 øvre drivforbindelse 80, danner en direkte drivforbindelse mellom drivhylsen 74 og forskyvningsstammen 56, mens den samtidig tillater relativ leddbevegelse mellom drivhylsen og forskyvningsstammen. Alternativt kan en i et stykke utformet stamme med et fleksibelt parti i anvendes istedenfor rotasjonsdrivstammen 64, den leddede drivforbindelse, og forskyvningsstammen 56.

Forskyvningsstammen 56 er montert for rotasjon i verktøymansjetten 40 for bevegelse i alle retninger rundt et svinge- eller dreieledd 82 som kan være et kuleledd og virke som vist i fig. 4 og beskrevet nedenfor. Alternativt kan leddet 82 være av riflet utforming eller hvilken som helst annen hensiktsmessig utforming som vil tillate bevegelse i alle retninger av forskyvningsstammen 56 og som, under rotasjonsdrift av denne, vil tillate orientering av forskyvningsstammen 56 i verktøymansjetten 40 slik at dens akse opprettholdes i geostasjonært forhold med formasjonen som bores.

Som vist i fig. 4, utgjøres forskyvningsstammens 56 svingeledd 82 med hensyn til verktøymansjetten 40 av et sfærisk element 84 som er utformet i ett med eller festet til forskyvningsstammen 56. Det sfæriske element 84 danner en utvendig sfærisk flate 86 som er opptatt i en stammestøtteholder 88 som er avgrenset i verktøymansjettens 40 nedre ende 90. Stammestøtteholderen 88 avgrenser et innvendig, sfærisk støtteflatesegment som har et tilknytningsforhold til det sfæriske leddelementets 84 utvendige sfæriske flate 86. Forskyvningsstammen 56 kan derfor dreie i forhold til verktøymansjettens 40 nedre ende 90 rundt et imaginært dreiepunkt P, samtidig som den roteres for drift av borkronen 12 ved hjelp av rotasjonsdrivforbindelsen som er opprettet mellom rotasjonsdrivstam-

mens 64 nedre rørformede drivseksjon 68 og drivhylsen 74. Forskyvningsstammens 56 dreiebevegelse om dreiepunktet P, samtidig som dens rotasjons-drivforbindelse opprettholdes, muliggjøres av ledd-drivforbindelsen som er opprettet i hver ende av drivhylsen 74 ved hjelp av de respektive sfæriske drivelementer 76 og 78.

Under boreoperasjoner må forskyvningsstammens 56 dreiebevegelse i forhold til verktøymansjetten 40, kunne foregå samtidig som inntrengning av borefluid fra rotasjonsdrivstammens 64 innvendige boring 66 og boringen som strekker seg gjennom forskyvningsstammen 56 og står i forbindelse med borkronens 12 innvendige strømningskanaler, forhindres. I samsvar med utføringsformer vist i fig. 3 og 4, oppretter et elastisk belg-tetningselement 94 tetningsforbindelse med rotasjonsdrivstammens 64 nedre, rørformede drivseksjon 68 og forskyvningsstammens 56 øvre ende. Når forskyvningsstammen 56 beveges om sitt dreiepunkt P, vil således belgtetningselementet 94 opprettholde en effektiv tetning som hindrer borefluid i å trenge inn i verktøymansjettens 40 olje- eller hydraulikkfluidkamre. Ved den nedre ende av det styrbare rotasjonsboreverktøy er et annet belgtetningselement 96 forbundet i tettende forhold til den nedre ende av verktøymansjetten 40 og er også forbundet med et sirkulært tetningsholderelement 98 som befinner seg rundt en sylindrisk seksjon 100 av forskyvningsstammen 56 og er utstyrt med et sirkulært tetningselement 102 som befinner seg i et innvendig tetningsspor i det sirkulære tetningsholderelement 98. Når forskyvningsstammen 56 roteres under boreaktivitet, vil tetningsholderelementet 98 forbli i ikke-roterbart forhold til verktøymansjetten 40 og tetningselementet 102 opprettholder tetningsanlegg mot forskyvningsstammens 56 sylindriseksjon 100. Det fleksible belgtetningselement 96 opprettholder en tetning mellom verktøymansjetten 40 og tetningsholderelementet 98 og hindrer borefluid-inntrengning i det innvendige oljekammer 61.

Under boring holdes forskyvningsstammens 56 akse geostasjonær når forskyvningsstammen 56 roteres ved hjelp av rotasjonsdrivstammen 64. Ifølge foreliggende oppfinnelse opprettes geostasjonær aksial posisjonering av forskyvningsstammen 56 hydraulisk under styring av magnetventiler som selektivt aktiveres som reaksjon på passende posisjonsavfølingssignaler. I det det vises til fig. 4, genereres hydraulisk trykkindusert energi for regulering av forskyvningsstammens

56 posisjon ved hjelp av en hydraulikkpumpe 104 som befinner seg i en pumpeholder som er utformet i verktøymansjetten 40. Pumpe-drivakselen 110 er opplagret i passende lagre 106. Hydraulikkpumpen 104 drives av en rotasjonsdrivmekanisme 108 som reagerer på rotasjon av rotasjonsdrivstammen 64 i forhold til verktøymansjetten 40. Rotasjonsdrivmekanismen 108 kan være koplet for drevet rotasjon ved hjelp av rotasjonsdrivstammens 64 nedre rørformede drivseksjon 68 og kan innbefatte en innvendig tannhjulsutveksling eller -overføring for å opprette et ønsket rotasjonsforhold mellom den rørformede drivseksjon 68 og pumpedrivakselen 110 for å gi passende rotasjon og dreiemoment til hydraulikkpumpens 104 drivmekanisme for derved å gi pumpen passende hydraulikktrykk-utgang og volum for å oppnå passende bevegelse av forskyvningsstammen 56 når stammen roteres.

Hydraulikkpumpens 104 hydrauliske fluidutstrømning ledes til en fluidkanal 112 som står i forbindelse med et ringformet hydraulikkfluidkammer 114 med et ringformet stempel 116 i, som er avtettet mot innvendige og utvendige sylindriske vegger 118 og 120 i hydraulikkfluidkammeret 114 ved hjelp av innvendige og utvendige sirkulære tetningselementer 124 og 126 som bæres i respektive tetningsspor i stempelet 116. Stempelet 116 tvinges mot hydraulikkpumpen 104 ved hjelp av én eller flere trykkfjærer 128 som virker mot en fast, ringformet manifoldblokk 130 med et antall ventiler i.

Arrangementet av ringformet manifoldblokk 130 er skjematisk vist i fig. 5. En retur-tilbakeslagsventil 132, en fjærbelastet kule-tilbakeslagsventil, styrer tilbakestrømningen av hydraulisk trykkfluid til et ringformet hydraulikkfluid-akkumulator-kammer 134 som mater hydraulikkpumpen 104. Et par magnetventiler 140 og 142 styrer innstrømning av hydraulikk-trykkfluid til hydraulikkfluid-tilførselskanaler, henholdsvis 144 og 146. Tilførselskanalene 144 og 146 tilfører hydraulisk trykkfluid til hydraulikksylindere, henholdsvis 148 og 150, for aktivering av hydraulikkstempler 152 og 154. Hydraulikkstemplene 152 og 154 virker gjennom lagre eller andre kontaktelelementer 156 til å gi posisjoneringskraft til forskyvningsstammen 56. Stemplene 152 og 154 er selvstendig bevegelige som reaksjon på posisjonssignalstyrt aktivering av magnetventilen 140 og 142 for å dreie forskyvningsstammen 56 om dens dreiepunkt P slik at forskyvningsstammen 56 orienteres på grunn av stemplenes virkning. Forskyvningsstamme-aktiveringsstemplenes 152 og

154 relative stillinger bestemmes også av avfølingsmidler og styres av magnetventilene 140 og 142 for å opprettholde forskyvningsstammens 56 lengdeakse A i geostasjonært forhold med hensyn til formasjonen som bores og orientert i spesielle helnings- og asimutvinkler for å oppnå boring av en buet brønnboring langs en forutbestemt bane for boring til et undergrunns-måleområde.

Som vist spesielt i fig. 3, er det styrbare rotasjonsboreverktøy ifølge foreliggende oppfinnelse utstyrt med en elektronikk- og følerpakke generelt vist ved 160. Elektronikk- og følerpakken omfatter en styresløyfe som innbefatter et treakse-akselerometer 162 for måling av verktøymansjettens 40 orientering i forhold til tyngdefeltet.

Som spesielt vist i fig. 5, er sylinter- og stempelenhetene utstyrt med et par lineære spenningsdifferensialtransformatorer 164 og 166 som virker til å måle stemplenes 152 og 154 forskyvning når de beveges enten ved hjelp av hydraulisk trykk som reaksjon på aktivering av magnetventilene 140 og 142 eller ved hjelp av fjærbelastet retur så som ved hjelp av returelementer 168 og 170 som har trykkfjærer 172 og 174 som gir en fjær-energisert reaksjonskraft gjennom returelementene 168 og 170 via et stamme-posisjoneringselement 176 som er i kraftoverføringsinngrep med forskyvningsstammen 56 gjennom lagrene eller kontaktele-mentene 156 som tillater rotasjon- og dreie-leddbevegelse av forskyvningsstammen 56 samtidig som de tillater posisjoneringsaktivering av forskyvningsstammen 56. Differensialtransformatorene 164 og 166 måler posisjonene til hvert av de hydrauliske stempler 152 og 154 i forhold til verktøymansjetten 40 og overfører disse målesignaler via signalledere 180 og 182 til en kontroller 184. Signaler fra treakse-akselerometeret 162 ledes også via en signalleder 186 til kontrolleren 184.

Elektrisk kraft for drift av kontrolleren 184 og andre elektroniske komponenter i det styrbare rotasjonsboreverktøy ifølge denne oppfinnelse utgjøres av en vekselstrømsgenerator 188, vist i fig. 4, som har en generator-drivkopling eller -transmisjon 190 som drives av rotasjonsdrivstammen 64 via dens nedre rørformede drivseksjon 68. Vekselstrømsgenerator-drivkoplingen 190 har en utgangs-aksel 192 som er opplagret i verktøymansjetten 40 ved hjelp av en lagring 194 og er anordnet i drivforbindelse med generatoren 188. Drivkopling- eller transmisjonen 190 kan være av hvilken som helst egnet art, så som en tannhjulsutveksling eller remdrift, f.eks.

Som skjematisk vist i fig. 5, avgir kontrolleren 184 styre-utgangssignaler for magnetventil-aktivering via en signalleder 196 for styring av aktivering av magnetventilen 140 og et styre-utgangssignal via signalleder 198 for styring av aktivering av magnetventilen 142. Magnetventilene 140 og 142 blir således aktivert som reaksjon på styresignaler fra kontrolleren 184 som reaksjon på inngangssignaler fra differensialtransformatorene 164 og 166 og akselerometeret 162. Signalene fra differensialtransformatorene 164 og 166 identifiserer styrt avvik av aksene til forskyvningsstammen 56 langs X- og Y-aksene. Hydraulikkstemplene 152 og 154 styrer således orienteringen av forskyvningsrammens 56 akse A i verktøymansjetten 40 som reaksjon på styring av magnetventilene 140 og 142 for hydraulisk aktivering av stemplene. Trykkstyring til hydraulikksylindrene 148 og 150 opprettes ved hjelp av trykkbegrensningsventiler 210 og 212.

Idet det igjen vises til fig. 3, er verktøymansjetten 40 vist med et innvendig ringformet hulrom 214 i hvilket forskjellig elektronikk, styre- og følersystemer er plassert. Dette hulrom er isolert fra det beskyttende oljemedium ved hjelp av en isolasjonshylse 216 hvis ender er avtettet i forhold til verktøymansjetten 40 ved hjelp av sirkulære tetningselementer 218 som er opptatt i respektive tetningsspør som er utformet i isolasjonshylsens 216 endepartier. Forskjellige elektronikkomponenter så som en telemetripakke 220, sentral behandlingseenhet 222, og en dataakvisisjonspakke 224 er plassert i det innvendige ringformede hulrom 214. I tillegg til kontrolleren 184, kan en kondensatorbank 226 også være anbrakt i hulrommet 214 for å skaffe tilstrekkelig lagret elektrisk energi for aktivering av magnetventil-spolene og for å oppnå andre styreaktiviteter som er tilpasset styringsregulering av det styrbare rotasjonsboreverktøy.

Det innvendige oljekammer 228 som er isolert fra det omgivende medium utenfor verktøymansjetten 40 ved hjelp av et fritt stempel 230 som er avtettet i forhold til indre og ytre sylindriske flater 232 og 234 ved hjelp av et sirkulært tetningselement 236. Det innvendige oljekammer 228 er utlignet med trykket til omgivelsesmediet ved kommunisering av omgivelsestrykk gjennom en avløpsport 238 til kammerets omgivelsesside 240. Trykket til det beskyttende oljemedium i det innvendige oljekammer 228 er således trykkutlignet med omgivelsestrykket uavhengig av boreverktøyets beliggenhet i brønnen.

På bakgrunn av det ovenstående, er det klart at den foreliggende oppfinnelse er én som er godt tilpasset til å oppnå alle de ovennevnte formål og trekk, sammen med andre formål og trekk som inngår i det her viste apparat.

5

PATENTKRAV

1. Fremgangsmåte for boring av brønner og samtidig styring av en borkrone med et aktivt regulert, styrbart rotasjonsboresystem,

10 k a r a k t e r i s e r t v e d :

(a) at det i brønnboringen som bores roteres en drivkomponent i en glideverktøymansjett, hvilket drivkomponent står i rotasjons-drivforhold til en forskyvningsstamme som er dreibart opplagret i glideverktøymansjetten og bærer en borkrone;

15 (b) at det tilveiebringes styrereguleringssignaler,

(c) at forskyvningsstammen, som reaksjon på nevnte styrereguleringssignaler, posisjoneres hydraulisk om sin dreieopplagring under drivrotasjon av forskyvningsstammen ved hjelp av rotasjonsdrivkomponenten for å opprettholde forskyvningsstammens akse hovedsakelig geostasjonær og ved forutbestemte helnings- og retningsvinkler; og

20

(d) at glideverktøymansjetten forskyves i koplet forhold til brønnboringveggen under boring.

2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at glideverktøymansjetten har utvendige, elastiske elementer som rager hovedsakelig radiallyt utad derfra, og

25

(e) at de utvendige elastiske elementer holdes i glidekontakt med brønnboring-veggen under boring for hovedsakelig å hindre rotasjon av verktøymansjetten i brønnboringen under boring.

30

3. Fremgangsmåte ifølge krav 1, hvor glideverktøymansjetten opptar integrerte systemer for generering av hydraulisk fluidtrykk og elektrisk energi og hydrauliske stempelinnretninger for å gi forskyvningsstammen posisjonsregulering i forhold

til glideverktøymansjetten under rotasjon av forskyvningsstammen ved hjelp av rotasjonsdrivkomponenten og har elektrisk regulerte ventilinnretninger for regulering av hydraulikktrykk-påvirket bevegelse av hydraulikk-stempelinnretningene, k a r a k t e r i s e r t v e d at fremgangsmåten videre omfatter:

5 (e) generering av hydraulisk trykk og elektrisk energi som reaksjon på borefluidstrømning; og

(f) elektrisk aktivering av de elektrisk regulerte ventilinnretninger som reaksjon på nevnte styresignaler for regulering av overføring av hydraulisk trykk til de hydrauliske stempelinnretninger for å bevirke hydraulisk posisjonering av forskyvningsstammen.

4. Fremgangsmåte ifølge krav 3, hvor stempelinnretningene omfatter minst to stempler som hvert er innskutt mellom og i kraftoverføringsforhold til glideverktøymansjetten og forskyvningsstammen, k a r a k t e r i s e r t v e d at den videre omfatter:

15 (g) selektiv og uavhengig regulerbart øking og minsking av hydraulisk trykk til hvert av stempelenes for å bevirke nevnte stempelaktiverede dreieposisjonering av forskyvningsstammen i glideverktøymansjetten.

20 5. Fremgangsmåte ifølge krav 4, hvor de hydrauliske stempelinnretninger er bevegelig anordnet i hydrauliske sylindrinnetninger, k a r a k t e r i s e r t v e d at den videre omfatter:

(h) detektering av stempelinnretningenes respektive posisjoner i sylindrinnetningene og relatering av stempelinnretningenes respektive posisjoner til dreieposisjoner av forskyvningsstammen i glideverktøymansjetten;

25 (i) identifisering av respektiv posisjonsendring av stempelinnretningene for ønsket dreieposisjon-endring av forskyvningsstammen; og

(j) regulerbart aktivering av de elektrisk regulerte ventilinnretninger for uavhengig regulering av hydraulikktrykk-kommunikasjon til sylindrinnetningene for å oppnå nevnte ønskede posisjonsendring av stempelinnretningene.

6. Fremgangsmåte ifølge krav 5, k a r a k t e r i s e r t v e d at den videre omfatter:

(k) detektering av volumet av hydraulikkfluid i de hydrauliske sylinderrinnretninger for identifisering av stempelposisjon i hydrauliske sylinderrinnretninger;

(l) endring av volumet av hydraulikkfluid i de hydrauliske sylinderrinnretninger for derved å endre stempelposisjonen og derved endre posisjonen av forskyvningsstammen i glideverktøymansjetten; og

(m) sekvensmessig endring av forskyvningsstammens posisjon i glideverktøymansjetten for derved å opprettholde forskyvningsmansjetten i hovedsakelig geostasjonært forhold og orientert i forhold til asimut og helning under dens rotasjon ved hjelp av rotasjonsdrivkomponenten.

7. Fremgangsmåte ifølge krav 1, karakterisert ved at tilveiebringelsen av styrereguleringssignaler omfatter:

(a) avføling av stedet og orienteringen til verktøymansjetten og vinkelposisjonen til forskyvningsstammen i forhold til glideverktøymansjetten og generering av sanntid-posisjonssignaler;

(b) behandling av sanntid-posisjonssignalene og generering av styrereguleringssignaler; og

(c) regulering av forskyvningsstammens posisjonering ved hjelp av styrereguleringssignalene.

8. Fremgangsmåte ifølge krav 1, hvor det styrbare rotasjonsboresystem omfatter integrert elektronikk for å motta styrereguleringssignaler, karakterisert ved at den videre omfatter:

(e) overføring av styrereguleringssignaler fra et overflatested til den integrerte elektronikk; og

(f) regulering av forskyvningsstammens posisjon ved hjelp av styrereguleringssignalene.

9. Fremgangsmåte ifølge krav 1, hvor glideverktøymansjetten har minst to hydrauliske sylindere som hver har et hydraulisk stempel anordnet i posisjoneringsinngrep med forskyvningsstammen, en trykksatt hydraulikkfluid-tilførsel til hydraulikksylindrene og elektrisk styrte hydraulikkfluid-reguleringsventilinnretninger for selektivt å kommunisere hydraulisk trykkfluid til de hydrauliske sylindere og

som videre har en elektronisk kontroller for mottak av posisjonssignaler og selektiv aktivering av de elektronisk styrte hydraulikkfluid-reguleringsventilinnretninger for hydraulisk regulert posisjonering av forskyvningsstammen i forhold til glideverktøymansjetten, k a r a k t e r i s e r t v e d at den videre omfatter:

5 (e) generering av elektroniske stempelposisjonssignaler som representerer de hydrauliske stemplers posisjoner i de hydrauliske sylindere;

(f) tilveiebringelse av elektroniske verktøymansjett-posisjonssignaler som representerer glideverktøymansjettens posisjon; og

10 (g) behandling av de elektroniske stempelposisjonssignaler og de elektroniske verktøymansjett-posisjonssignaler ved hjelp av kontrolleren og tilveiebringelse av ventilposisjon-utgangssignaler fra kontrolleren for endring av hydraulikkfluid-reguleringsventilinnretningenes posisjon når det er nødvendig å endre forskyvningsdorens posisjon i forhold til glideverktøymansjetten.

15 10. Styrbart brønn-rotasjonsboresystem, k a r a k t e r i s e r t v e d at det omfatter:

(a) en glideverktøymansjett;

(b) midler for å opprettholde kopling av glideverktøymansjetten med vegg til brønnboringen som bores og hovedsakelig hindre rotasjon av glideverktøymansjetten under boring;

20 (c) en forskyvningsstamme som er montert i glideverktøymansjetten for dreiebevegelse i forhold til glideverktøymansjetten og for rotasjon i forhold til glideverktøymansjetten;

(d) midler for å gi forskyvningsstammen drivrotasjon; og

25 (e) hydrauliske aktuatormidler for å opprettholde forskyvningsstammen selektivt dreibart posisjonert i glideverktøymansjetten under dens rotasjon i glideverktøymansjetten for derved å holde forskyvningsstammen og en til denne festet borkrone rettet i en valgt retning for styring av borkronen langs en påtenkt bane.

30 11. Styrbart rotasjonsboresystem ifølge krav 10, k a r a k t e r i s e r t v e d at de hydrauliske aktuatormidler omfatter:

(a) hydrauliske sylindrinnetninger i glideverktøymansjetten;

(b) hydrauliske stempelinnretninger i hydraulikksylinderinnretningene og som er kraftoverførings-tilknyttet forskyvningsstammen;

(c) innretninger for tilføring av hydraulisk trykkfluid til de hydrauliske sylinderinnretninger for posisjonsoppretholdende dreibevegelse av forskyvningsstammen i glideverktøymansjetten; og

(d) innretninger som reagerer på posisjoneringssignaler for regulerbar aktivering av innretningene for tilførsel av hydraulisk trykkfluid og således holde forskyvningsstammen valgt posisjonert i forhold til glideverktøymansjetten.

10 12. Styrbart brønn-rotasjonsboresystem ifølge krav 10, k a r a k t e r i s e r t v e d at innretningene for å opprettholde kopling av glideverktøymansjetten med veggen til brønnboringen som bores omfatter elastiske koplingsinnretninger som bæres av glideverktøymansjetten og rager radiallyt ut fra denne i tilstrekkelig grad for tvangsinngrep med brønnboringens veggen.

15 13. Styrbart brønn-rotasjonsboresystem ifølge krav 12, k a r a k t e r i s e r t v e d at de elastiske koplingsinnretninger omfatter et antall elastiske koplings-elementer anbrakt i innbyrdes avstand rundt glideverktøymansjetten og videre omfatter innretninger for detektering av de elastiske koplingselementenes relative posisjoner i forhold til glideverktøymansjetten og generering av elektroniske signaler som representerer de relative posisjoner og således en måling av diameteren til
20 brønnboringen som bores.

25 14. Styrbart brønn-rotasjonsboresystem ifølge krav 10, k a r a k t e r i s e r t v e d at midlene for å opprettholde kopling av glideverktøymansjetten med veggen til brønnboringen som bores omfatter:

et antall langstrakte, elastiske blader som har minst én ende forbundet med glideverktøymansjetten og som rager radiallyt utad fra glideverktøymansjetten for tvangsmessig koplingsinngrep med brønnboringens-veggen.

30 15. Styrbart brønn-rotasjonsboresystem ifølge krav 10, k a r a k t e r i s e r t v e d at midlene for å opprettholde kopling av glideverktøymansjetten med veggen til brønnboringen som bores omfatter et antall langstrakte, buede, elastiske

blader som hvert har ender og et midtparti, hvilke ender er forbundet med glideverktøymansjetten, og hvilke sentrale partier av hvert av de langstrakte, elastiske blader rager radiallyt utad fra glideverktøymansjetten for tvangsmessig koplingsinn-
grep med brønnboring-veggen.

5

16. Styrbart brønn-rotasjonsboresystem ifølge krav 10, k a r a k t e r i s e r t
v e d at det videre omfatter:

(f) et universalledd i glideverktøymansjetten; og at forskyvningsstam-
men er svingbart og roterbart opplagret ved hjelp av universalleddet, hvilket tillater
10 både rotasjonsbevegelse og svingbevegelse i alle retninger av forskyvnings-
stammen i forhold til glideverktøymansjetten.

17. Styrbart brønn-rotasjonsboresystem ifølge krav 10, k a r a k t e r i s e r t
v e d at midlene for å gi forskyvningsstammen drivrotasjon omfatter:

15 (a) en rørformet rotasjonsdrivaksel som danner en strømningskanal og
er anbrakt i glideverktøymansjetten og har en drevet ende innrettet for forbindelse
med et rotasjons-drivelement og har en drivende;

(b) lagermidler som bærer den rørformede rotasjonsdrivaksel i glideverk-
tøymansjetten; og

20 (c) midler som danner en leddet drivforbindelse mellom den rørformede
rotasjonsdrivakselens drivende og forskyvningsstammen.

18. Styrbart brønn-rotasjonsboresystem ifølge krav 17, der forskyvningsstam-
men danner en strømningskanal for gjennomstrømning av borefluid,

25 k a r a k t e r i s e r t v e d at det videre omfatter:

(f) mansjett-tetningsmidler som danner en avtettet skillevegg mellom
glideverktøymansjetten og forskyvningsstammen og danner et beskyttende fluid-
kammer innrettet til å inneholde et beskyttende fluidmedium, idet mansjett-
tetningsmidlene isolerer kammeret fra inntrengning av borefluid; og

30 (g) stamme-tetningsmidler som danner tetninger med forskyvnings-
stammen og med den rørformede drivakselens drivende og også isolerer beskyt-
telses-fluidkammeret fra inntrengning av borefluid.

19. Styrbart brønn-rotasjonsboresystem ifølge krav 10, k a r a k t e r i s e r t v e d at det videre omfatter:

(f) et hydraulisk fluid-tilførselssystem beliggende i glideverktøymansjetten og drevet ved hjelp av rotasjon av drivmidlene under boring, hvilket hydrauliske fluid-tilførselssystem tilfører hydraulisk trykkfluid til de hydrauliske aktuatormidler;

(g) et elektrisk krafttilførselssystem beliggende i glideverktøymansjetten og drevet ved hjelp av rotasjon av drivmidlene under boring; og

(h) elektrisk drevne ventilmidler som inngår i det hydrauliske fluidtilførselssystem og som styrer tilførsel av hydraulisk trykkfluid til de hydrauliske aktuatormidler.

20. Styrbart brønn-rotasjonsboresystem ifølge krav 19, k a r a k t e r i s e r t v e d at det videre omfatter:

(i) posisjonsavfølingsmidler beliggende i glideverktøymansjetten for avføling av glideverktøymansjettens posisjon i formasjonen som bores og for avgivelse av posisjonssignaler; og

(j) kontrollermidler som er anordnet i glideverktøymansjetten og mottar nevnte posisjonssignaler, hvilke kontrollermidler avgir ventilstyre-utgangssignaler for selektiv styring av driften til de elektrisk drevne ventilmidler.

21. Styrbart brønn-rotasjonsboresystem ifølge krav 10, k a r a k t e r i s e r t v e d at det videre omfatter:

(f) hydrauliske fluidtilførselsmidler beliggende i glideverktøymansjetten;

(g) elektrisk kraft-tilførselsmidler beliggende i glideverktøymansjetten;

(h) elektrisk drevne ventilmidler som inngår i de hydrauliske fluidtilførselsmidler og som styrer tilførsel av hydraulisk trykkfluid til de hydrauliske aktuatormidler;

(i) posisjonsavfølingsmidler som avføler de hydrauliske aktuatormidlenes posisjon og avgir et posisjons-utgangssignal; og

(j) kontrollermidler som mottar og behandler posisjons-utgangssignalet og avgir styresignaler for selektivt styrt aktivering av de elektrisk drevne ventilmidler.

22. Styrbart brønn-rotasjonsboresystem ifølge krav 21, k a r a k t e r i s e r t
v e d at det videre omfatter:

- 5 (k) telemetrimidler som er anordnet i glideverktøymansjetten for mottak
av posisjoneringsstyresignaler som overføres fra overflaten og avgivelse av et
telemetri-utgangssignal, idet kontrollerinnretningen mottar og behandler telemetri-
utgangssignalet.

23. Styrbart brønn-rotasjonsboresystem ifølge krav 21, k a r a k t e r i s e r t
10 v e d at det videre omfatter:

- (k) minst ett akselerometer som er anordnet i glideverktøymansjetten for
detektering av posisjonsendringer av glideverktøymansjetten og som avgir posi-
sjonssignaler som reaksjon på disse; idet kontrollermidlene mottar og behandler
posisjonssignalene.

15

24. Styrbart brønn-rotasjonsboresystem ifølge krav 10, k a r a k t e r i s e r t
v e d at de hydrauliske aktuatormidler omfatter minst to hydraulisk bevegelige
elementer som hvert har et kraftoverførende forhold til forskyvningsstammen ved
steder i avstand fra svingeopplagringen i glideverktøymansjetten, idet de hydrau-
20 lisk bevegelige elementer ved aktivering av disse beveger forskyvningsstammen
rundt svingeopplagring for å opprettholde selektiv posisjonering av denne i forhold
til glideverktøymansjetten.

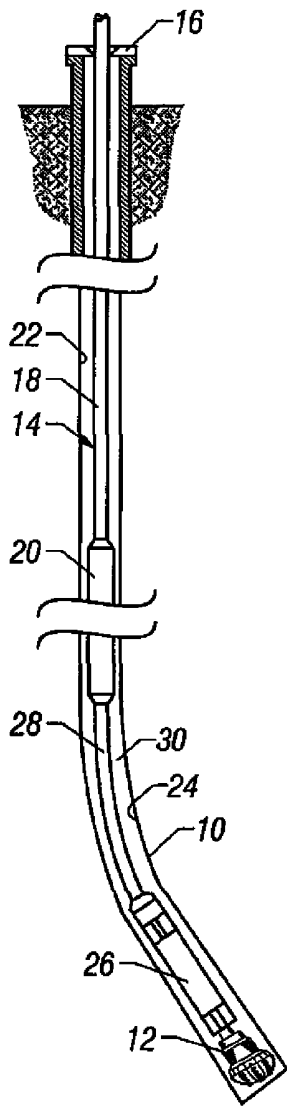


FIG. 1

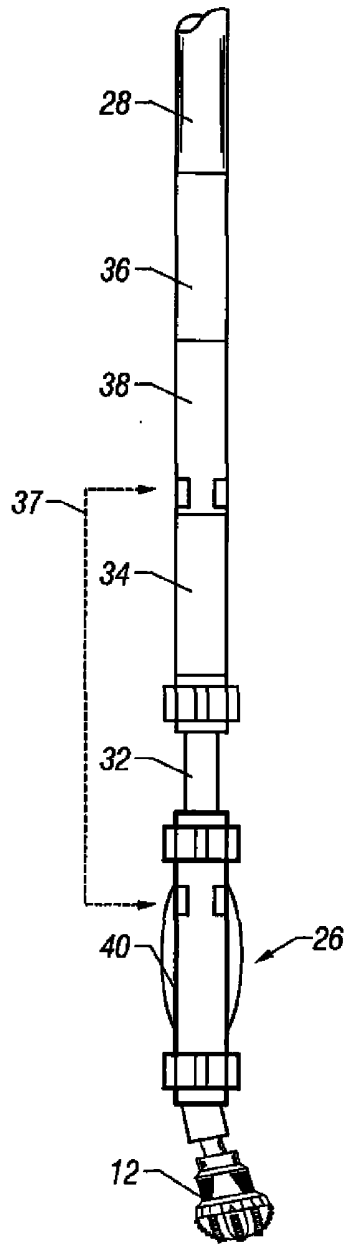


FIG. 2

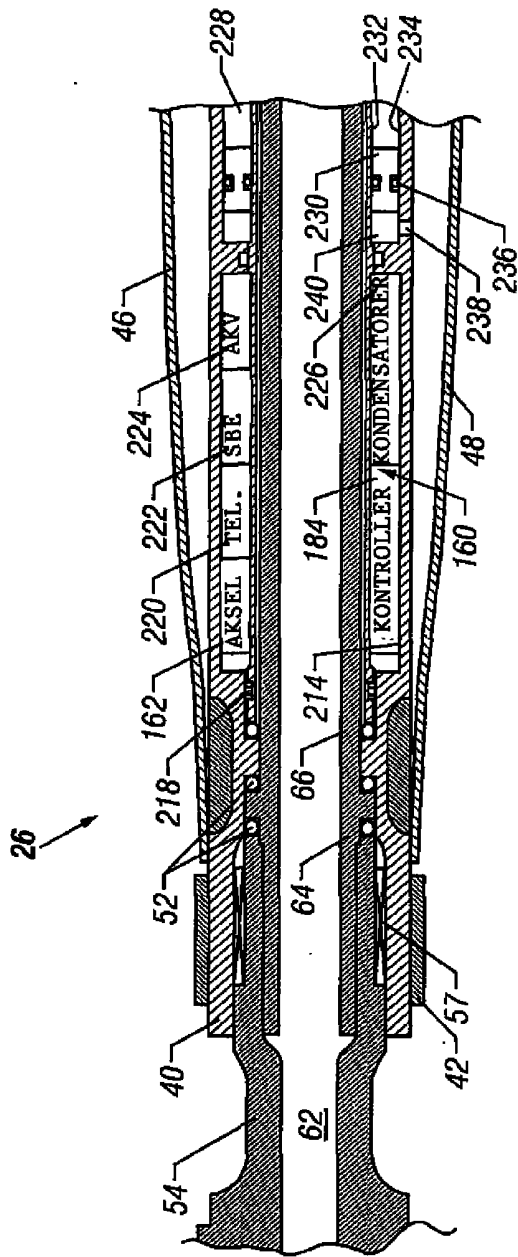


FIG. 3

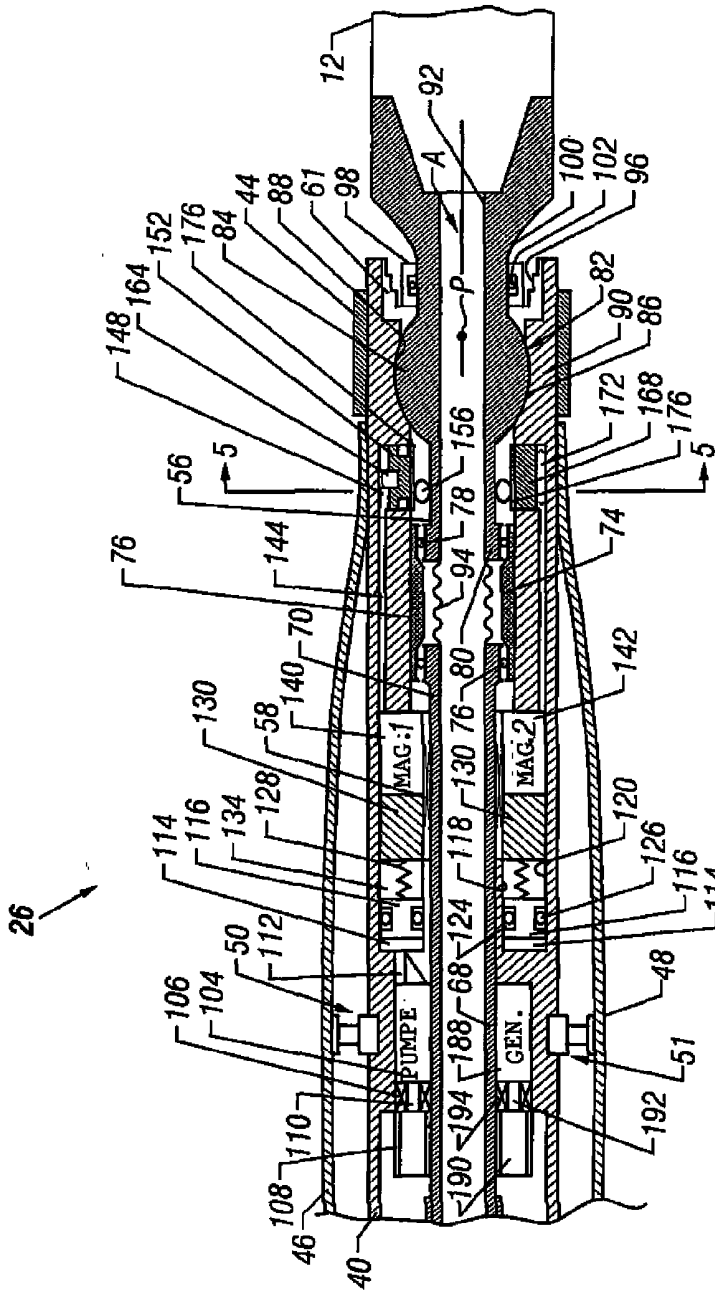


FIG. 4

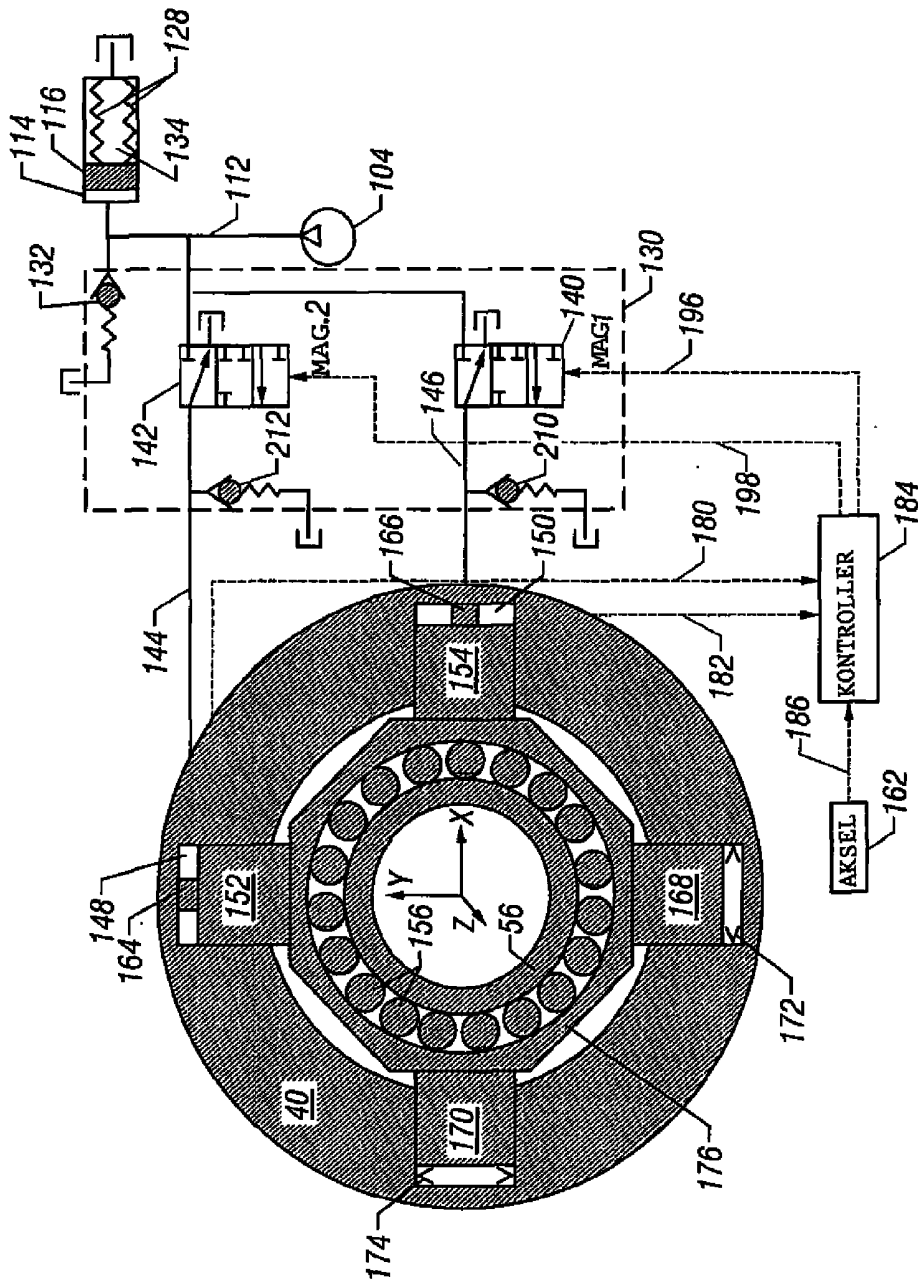


FIG. 5