



NORGE

(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **317626**

(13) **B1**

(51) Int Cl⁷

E 21 B 34/06, 23/03

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	19960526	(86)	Innt.inng.dag og søknadsnr	
(22)	Inng.dag	1996.02.09	(85)	Videreføringsdag	
(24)	Løpedag	1996.02.09	(30)	Prioritet	1995.02.09, US, 386505
(41)	Alm.tilgj	1996.08.12			
(45)	Meddelt:	2004.11.29			
(71)	Søker	Baker Hughes Inc , P O Box 4740, TX77027-4740 HOUSTON, US			
(72)	Oppfinner	Terry R Bussear, 1907 San Jose, TX77546 FRIENDSWOOD, US			
		Bruce Weightman, 12 West Hill Grange, Westhill, Skene, Aberdeenshire, Skottland, GB			
		Michael F Krejci, 509 Heathergate, Crosby, TX 77532, US			
		David Rothers, 21717 Inverness Forrest Boulevard, #607, Houston, TX 77073, US			
		Kevin R Jones, 5702 Kiowa Timbers, Humble, TX 77436, US			
		William E Aeschbacher Jr, 1142 Sagecountry, Houston, TX 77089, US			
(74)	Fullmektig	Bryn Aarflot AS , Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO, NO			

(54)	Benevnelse	Anordning for blokkering av verktøytransport i en produksjonsbrønn		
(56)	Anførte publikasjoner	US 3665955		
(57)	Sammendrag			

Et antall elektronisk styrte apparater og systemer nede i et borehull for bruk i produksjonsbrønner er beskrevet. Disse apparatene og systemene innbefatter sikkerhetsventil- og trykkovervåkningssystemer, fjernstyrte oppblåsnings/uttømmingsanordninger, fjernaktiverede apparatanslagssystemer nede i hullet, fjernstyrte fluid/gass-styresystemer, fjernstyrte variable strupe- og stenge-ventilsystemer og en opphentbar sensor-sidelommepindel.

Oppfinnelsen vedrører generelt en fremgangsmåte og et apparat for styring av olje- og gass-produksjonsbrønner. Mer spesielt angår oppfinnelsen en fremgangsmåte og et apparat for automatisk styring av petroleumsproduserende brønner ved bruk av nedhulls datamaskin-styrte systemer. Oppfinnelsen vedrører også et styresystem for styring av produksjonsbrønner, innbefattet flere soner innenfor en enkelt brønn, fra et fjerntliggende sted.

Styring av olje- og gass-produserende brønner er et problem for petroleumsindustrien som delvis skyldes de enorme pengemessige kostnader som inngår, samt risikoene i forbindelse med miljø- og sikkerhets-saker.

Styring av produksjonsbrønner er blitt spesielt viktig og mer komplisert på bakgrunn av at brønner som har flere grener (dvs. sidebrønner eller multilaterale brønner) vil bli stadig viktigere og vanligere. Slike multilaterale brønner omfatter diskrete produksjonssoner som produserer fluid i enten felles eller egne produksjonsrør. I alle tilfeller er det et behov for å styre soneproduksjon, isolere spesielle soner og ellers overvåke hver sone i en spesiell brønn.

Før beskrivelse av teknikkens aktuelle stand vedrørende slike systemer og fremgangsmåter for styring av produksjonsbrønner skal det gis en kort beskrivelse av selve produksjonssystemet som trenger styring. En type produksjonssystem benytter elektriske, neddykkbare punkter (ESP) til pumping av fluiden nede fra hullet. I tillegg er det to andre generelle typer produksjonssystemer for olje- og gassbrønner, nemlig stempelløfting og gassløfting. Produksjonssystemer med stempelløfting medfører bruk av et lite, sylindrisk stempel som beveger seg gjennom røret som strekker seg fra et sted i nærheten av produksjonsformasjonen nede i borehullet til overflateutstyret som befinner seg ved den åpne ende av borehullet.

Vanligvis blir fluiden som samles seg i borehullet og hindrer strømming av fluiden ut av formasjonen og inn i borehullet, oppsamlet i røret. Periodisk blir enden av røret åpnet ved overflaten og det akkumulerte reservoartrykk er tilstrekkelig til å presse stempelet opp gjennom røret. Stempelet fører med seg til overflaten en last med akkumulerte fluiden som blir utstøtt ved toppen av brønnen og derved tillater gassen å strømme friere fra formasjonen og inn i borehullet for levering til et distribusjonssystem på overflaten. Etter at gass-strømmingen igjen er blitt begrenset på grunn

av ytterligere akkumulering av fluider nede i hullet, blir en ventil i røret ved brønnoverflaten lukket slik at stampelet igjen faller tilbake ned gjennom røret og er klart til å løfte en annen last med fluider til overflaten ved gjenåpning av ventilen.

Et produksjonssystem med gassløfting innbefatter et ventilsystem for styring av injeksjon av trykk-gass fra en kilde utenfor brønnen, slik som en annen gassbrønn eller en kompressor, inn i borehullet. Det økede trykk fra den injiserte gassen tvinger akkumulerte formasjonsfluider opp gjennom et sentralt rør som strekker seg langs borehullet, for å fjerne fluidene og gjenopprette den frie strømming av gass og/eller olje fra formasjonen inn i brønnen. I brønner hvor væske faller tilbake er det et problem under gassløfting, og stempelløfting kan kombineres med gassløfting for å forbedre effektiviteten.

I produksjonssystemer med stempelløfting og gass-løfting er det et krav til periodisk styring av en motorventil ved overflaten av brønnhodet for å styre enten fluidstrømningen fra brønnen eller strømmen av injeksjonsgass inn i brønnen for å bidra til produksjonen av gass og væsker fra brønnen. Disse motorventilene blir konvensjonelt styrt ved hjelp av tidsmekanismer og er programmert i samsvar med prinsipper for reservoar-utnyttelse, som bestemmer lengden av den tid som brønnen bør være enten "innelukket" og sperret for strømming av gass eller væsker til overflaten, og den tid brønnen bør være "åpnet" for fri produksjon. Generelt er de kriterier som brukes til drift av motorventilen strengt begrenset til utløpet av en forut bestemt tidsperiode. I de fleste tilfeller blir målte rørparametere slik som trykk, temperatur, osv. brukt bare til å overstyre tidssyklusen under spesielle forhold.

Man vil forstå at en relativt enkel, tidsstyrt, periodevis drift av motorventilene og lignende ofte ikke er tilstrekkelig til å styre verken utstrømning fra brønnen eller gassinjeksjon til brønnen for å optimalisere brønnproduksjonen. Følgelig har innviklede datamaskinstyrte styreanordninger blitt anordnet på toppen av produksjonsbrønner for styring av anordninger nede i brønnen, slik som motorventilen.

Slike datamaskinstyrte styreanordninger har i tillegg blitt brukt til å styre andre anordninger nede i borehullet, slik som hydromekaniske sikkerhetsventiler. Disse vanligvis mikroprosessor-baserte styreanordningene blir også brukt til sonestyring inne i en brønn, og kan for eksempel brukes til å aktivere glidehylser eller pakninger ved utsending av en overflate-kommando til mikroprosessor-styreanordningene nede i borehullet og/eller elektromekaniske styreanordninger.

Styre-anordningene på overflaten er ofte ledningsforbundet med sensorer nede i hullet som sender informasjon til overflaten om for eksempel trykk, temperatur og strømning. Disse data blir så behandlet på overflaten ved hjelp av det datamaskinbaserte styresystemet. Elektrisk neddykkbare pumper benytter trykk- og temperatur-avlesninger mottatt på overflaten fra sensorer nede i borehullet til å endre hastigheten på pumpen i borehullet. Som et alternativ til sensorer nede i borehullet, blir kabel-produksjonsloggeanordninger også brukt til å fremskaffe data nede i hullet om trykk, temperatur, strømning, gammastråling og nøytronpulsing ved bruk av en kabel-overflateenhet. Disse data blir så brukt til styring av produksjonsbrønnen.

US 3 665 955 omhandler et styringssystem for brønnventiler, hvor en styringsenhet opererer en kuleventil i en hovedboring ved hjelp av en motor, en rekke akslinger, gir og batteripakke.

Det finnes mange tidligere kjente patenter vedrørende styring av olje- og gass-produksjonsbrønner. Disse tidligere patentene vedrører generelt (1) overflate-styringssystemer som benytter en overflate-mikroprosessor og (2) nedhulls styre-systemer som blir igangsatt ved hjelp av overflate-styresignaler.

Patentene vedrørende overflate-styringssystemer beskriver generelt datamaskinbaserte systemer for overvåkning og styring av en gass/olje-produksjonsbrønn, hvorved styreelektronikken er anbrakt på overflaten og kommuniserer med sensorer og elektromekaniske anordninger nær overflaten. Som et eksempel på et system av denne typen kan vises til US-patent nr 4 633 954. Det systemet som er beskrevet i dette patentet, innbefatter en fullt programmerbar mikroprosessor-styreanordning som overvåker parameteret nede i hullet, slik som trykk og strømning, og styrer driften av gassinjeksjon til brønnen, utstrømning av fluider fra brønnen eller avstengning av brønnen for å maksimalisere brønnens utbytte. Dette spesielle systemet innbefatter en batteridrevet faststoff-krets omfattende et tastatur, et programmerbart minne, en mikroprosessor, styrekretser og en fremvisningsanordning med flytende krystall. Et annet eksempel på et styresystem av denne typen er beskrevet i US-patent nr 5 132 904. I dette patentet beskrives et system maken til det foregående, og beskriver i tillegg også et trekk hvor styreanordningen innbefatter serie- og parallell-kommunikasjonsporter gjennom hvilke alle kommunikasjoner til og fra styreanordningen passerer. Håndholde anordninger eller

bærbare datamaskiner som er egnet for seriekommunikasjon, kan aksessere styreanordningen. Et telefonmodem eller en telemetriforbindelse til en sentral vertsdatabasemaskin kan også brukes for å tillate tilgang til flere styreanordninger fra et fjerntliggende sted. US-patent nr 4 757 314 beskriver et apparat for styring og
5 overvåkning av et brønnhode som er neddykket i vann. Dette systemet innbefatter et antall sensorer, et antall elektromagnetiske ventiler og et elektronisk styresystem som kommuniserer med sensorene og ventilene. Det elektroniske styresystemet er anordnet i en vanntett omhylling, og den vanntette omhylling er neddykket. Elektronikken som befinner seg i den neddykkede omhylling styrer og
10 drive de elektromekaniske ventilene basert på innmating fra sensorene. Spesielt benytter elektronikken i omhyllingen de beslutningstagende egenskapene til mikroprosessen for å overvåke kabelintegriteten fra overflaten til brønnhodet for automatisk å åpne eller lukke ventilene hvis det skulle oppstå et brudd i ledningen.

Patenter på nedhulls styresystemer beskriver generelt nedhulls mikroprosessor-styreanordninger, elektromekaniske styreanordninger og sensorer. Eks-
15 empler innbefatter US-patent nr 4 915 168 og 5 273 112. I hvert tilfelle sender imidlertid mikroprosessor-styreanordningene styresignaler bare ved aktivering fra overflaten eller et annet ytre styresignal. Det er ikke beskrevet i disse patentene at de nedhulls mikroprosessor-styreanordningene selv automatisk kan igangsette
20 styring av de elektromekaniske anordningene basert på forprogrammerte instruksjoner. Ingen av de nevnte patentene rettet mot mikroprosessorbaserte styresystemer for styring av produksjonen fra olje- og gassbrønner, innbefatter de foran nevnte patentene '954, '904 og '314, beskriver bruk av nedhulls elektroniske styreanordninger, elektromekaniske styreanordninger og sensorer hvor de elektroniske
25 styreenhetene automatisk vil styre de elektromekaniske anordningene basert på innmating fra sensorene uten at det er nødvendig med et overflatesignal eller et annet ytre signal.

Man vil forstå at nedhulls styresystemer av de typer som er beskrevet i patentene '168 og '112 er svært analoge med de overflatebaserte styresystemer som
30 er beskrevet i '954, '904 og '314-patentene ved at en overflate-styreanordning er

nødvendig ved hver brønn for å igangsette og sende styreinstruksjoner til mikroprosessoren nede i borehullet. I alle tilfeller er det således nødvendig med en eller annen type overflate-styreanordning med tilhørende bæreplattform ved hver brønn.

5 Mens det er velkjent at petroleumproduserende brønner vil ha øket produksjonseffektivitet og lavere driftskostnader hvis datamaskinbaserte styreanordninger på overflaten og nedhulls mikroprosessor-styreanordninger (aktivert ved hjelp av eksterne signaler eller overflatesignaler) av den type som er beskrevet ovenfor, blir brukt, vil de til nå utviklede styresystemer likevel være beheftet med ulemper.

10 Som nevnt krever for eksempel alle disse tidligere kjente systemene en overflateplattform ved hver brønn for understøttelse av styreelektronikken og tilhørende utstyr. I mange tilfeller vil brønnoperatøren imidlertid helst unngå bygging og vedlikehold av den dyre plattformen. Det oppstår derved et problem ved at bruk av foreliggende overflate-styreanordninger krever nærvær av et sted for styresystemet, nemlig plattformen.

15 Nok et problem i forbindelse med kjente overflate-styresystemer slik som beskrevet i patentene '168 og '112 hvor en nedhulls mikroprosessor blir aktivert ved hjelp av et overflatesignal, er påliteligheten til signalintegriteten fra overflaten til hullet. Man vil forstå at hvis overflatesignalet på noen måte blitt ødelagt på sin vei end gjennom hullet, så vil viktige styreoperasjoner (slik som

20 å hindre vann fra å strømme inn i produksjonsrøret) ikke finne sted som nødvendig.

I multilaterale brønner hvor flere soner blir styrt av et enkelt styresystem på overflaten, er det en iboende risiko for at hvis overflate-styresystemet svikter eller på annen måte koples ut, så vil alle apparater og annet produksjonsutstyr nede i

25 hver separat sone likeledes bli utkoplet, noe som fører til et stort produksjonstap og selvsagt tap av fortjeneste.

Nok en annen betydelig ulempe ved nåværende styresystemer for produksjonsbrønner er de ekstremt høye kostnader i forbindelse med realisering av endringer i brønnstyring og beslektede operasjoner. Hvis et problem blir detektert i

30 brønnen, er nå kunden nødt til å sende en rigg til brønnstedet til ekstremt høye kostnader (for eksempel 5 millioner dollar for 30 dagers arbeid til sjøs). Brønnen må så lukkes under vedlikeholdet, noe som medfører et stort fortjenestetap (for eksempel 1,5 millioner dollar for en 30 dagers periode). I forbindelse med disse

høye kostnadene er den forholdsvis store risiko for ugunstig påvirkning av miljøet på grunn av utslipp og andre uhell, samt en potensiell fare for personalet på riggen. Disse risikoene kan selvsagt føre til enda høyere kostnader. På grunn av de høye kostnader og risikoen som er involvert, kan en kunde utsette viktig og nødvendig vedlikehold av en enkelt brønn inntil andre brønner i området får problemer. Denne utsettelsen kan forårsake minskning av brønnproduksjonen eller stengning inntil riggen blir brakt inn.

Andre problemer i forbindelse med nåværende styringssystemer for produksjonsbrønner omfatter behovet for kabel-formasjonsevaluering for å avføle endringer i formasjonen og fluidsammensetningen. Slik kabel-formasjonsevaluering er dessverre uhyre kostbar og tidkrevende. Den krever i tillegg stengning av brønnen og tilveiebringer ikke informasjon i sann tid. Behov for sanntids informasjon vedrørende formasjonen og fluidet er særlig akutt ved vurdering av uønsket gass-strømning inn i produksjonsfluidene.

De ovenfor diskuterte og andre problemer og ulemper ved teknikkens stand blir overvunnet eller lettet ved hjelp av styresystemet for produksjonsbrønner ifølge foreliggende oppfinnelse. I henhold til den første utførelsesform av foreliggende oppfinnelse er det anordnet et nedhulls styresystem for en produksjonsbrønn for automatisk å styre apparater nede i hullet som reaksjon på avfølte, valgte nedhulls-parametere. Et viktig trekk ved oppfinnelsen er at den automatiske styring blir innledet nede i hullet uten et igangsettende styresignal fra overflaten eller fra andre eksterne kilder.

Den første utførelsesform av foreliggende oppfinnelse omfatter generelt nedhulls sensorer, nedhulls elektro-magnetiske anordninger og nedhulls datamaskinstyrte elektronikk-kretser hvor styreelektronikken automatisk styrer de elektromekaniske anordninger basert på innmatning fra sensorene nede i hullet. Ved således å bruke sensorer nede i hullet, vil det datamaskinstyrte systemet nede i hullet overvåke aktuelle nedhulls parametere (slik som trykk, temperatur, strømning, gassinnstrømning, osv.) og automatisk utføre styreinstruksjoner når de overvåkede nedhulls parametere er utenfor et valgt arbeidsområde (som for eksempel indikerer en usikker tilstand). De automatiske styreinstruksjoner vil så forårsake en

elektromekanisk styreanordning (slik som en ventil) til å aktivere et egnet apparat (for eksempel aktivere en glidehylse eller pakning; eller lukke en pumpe eller en annen fluidstrømningsanordning).

Styresystemet nede i hullet ifølge oppfinnelsen innbefatter også kombinerte
5 sendere/mottakere for toveis kommunikasjon med overflaten, såvel som en telemetrianordning for å kommunisere fra produksjonsbrønnens overflate til et fjernliggende sted.

Styresystemet nede i hullet er fortrinnsvis anordnet i hver sone av en brønn slik at et antall brønner tilknyttet en eller flere plattformer vil ha et antall nedhulls
10 styresystemer, ett for hver sone i hver brønn. Styresystemene nede i hullet har evne til å kommunisere med andre nedhulls styresystemer i andre soner i den samme eller andre brønner. Som diskutert mer detaljert i forbindelse med den annen utførelsesform av oppfinnelsen, kan i tillegg hvert nedhulls styresystem i en sone også kommunisere med et styresystem på overflaten. Styresystemet nede i
15 hullet ifølge foreliggende oppfinnelse er således uhyre velegnet for bruk i forbindelse med multilaterale brønner som innbefatter flere soner.

Det valgte arbeidsområdet for hvert apparat som styres av styresystemet nede i hullet ifølge foreliggende oppfinnelse, blir programmet i et nedhulls minne enten før eller etter at styresystemet er senket ned i hullet. Den nevnte kombi-
20 nerte sender/mottaker kan brukes til å endre arbeidsområdet eller endre programmeringen av styresystemet fra overflaten av brønnen eller fra et fjernliggende sted.

En kraftkilde tilveiebringer energi til styresystemet nede i borehullet. Energi for kraftkilden kan genereres i borehullet (for eksempel ved hjelp av en turbin-
25 generator), på overflaten eller kan leveres fra energilagringssystemer slik som batterier (eller en kombinasjon av en eller flere av disse kraftkildene). Kraftkilden tilveiebringer elektrisk spenning og strøm til elektronikken nede i borehullet, elektromagnetiske anordninger og sensorer i borehullet.

I motsetning til de tidligere kjente styresystemer som består av enten data-
30 maskinsystemer anbrakt i sin helhet på overflaten eller nedhulls datamaskinsystemer som krever et ytre (for eksempel fra overflaten) igangsettings-signal (såvel som et styresystem på overflaten), arbeider styresystemet ifølge oppfinnelsen automatisk basert på nedhulls tilstander avfølt i sann tid uten behov for et ytre

signal fra overflaten eller andre steder. Dette viktige trekk utgjør en betydelig fordel når det gjelder styring av produksjonsbrønner. Bruk av det nedhulls styresystemet ifølge foreliggende oppfinnelse fjerner for eksempel behovet for en overflateplattform (selv om slike overflateplattformer fremdeles kan være ønskelige i visse anvendelser slik som når en fjerntliggende overvåkings- og styre-fasilitet er ønsket som diskutert nedenfor i forbindelse med den annen utførelsesform av oppfinnelsen). Styresystemet nede i hullet ifølge denne oppfinnelsen er også iboende mer pålitelig siden ikke noe aktiveringssignal fra overflaten til hullet er nødvendig, og den tilhørende risiko for at et slikt aktiveringssignal vil bli ødelagt, er derfor ikke lenger til stede. Med hensyn til multilaterale brønner (dvs. flere soner) er det nok er fordel ved oppfinnelsen at fordi hele produksjonsbrønnen og dens flere soner ikke blir styrt av en enkelt styringsanordning på overflaten, så er risikoen for at en hel brønn innbefattende alle dens diskrete produksjonssoner, vil bli lukket samtidig sterkt redusert.

I samsvar med en annen utførelsesform av foreliggende oppfinnelse er det tilveiebrakt et system tilpasset til styring og/eller overvåkning av et antall produksjonsbrønner fra et fjerntliggende sted. Dette systemet er i stand til å styre og/eller overvåke:

- (1) et antall soner i en enkelt produksjonsbrønn;
- (2) et antall soner/brønner på et enkelt sted (for eksempel en enkelt plattform); eller
- (3) et antall soner/brønner anbrakt på et antall steder (for eksempel flere plattformer).

Styresystemet for flere soner og/eller flere brønner ifølge oppfinnelsen er sammensatt av flere nedhulls elektronisk styrte, elektromekaniske anordninger (noen ganger referert til som nedhulls moduler), og flere datamaskinbaserte overflatesystemer operert fra flere steder. Viktige funksjoner for disse systemene innbefatter evne til å forutsi den fremtidige strømningsprofil for flere brønner og å overvåke og styre fluid- eller gass-strømningen fra enten formasjonen inn i borehullet, eller fra borehullet til overflaten. Styresystemet ifølge den annen utførelsesform av oppfinnelsen er også i stand til å motta og sende data fra flere fjerntliggende steder, slik som inne i borehullet, til eller fra andre plattformer, eller fra et sted i avstand fra ethvert brønn-sted.

Styreanordningene nede i hullet er tilpasset overflatesystemet ved å bruke enten et trådløst kommunikasjonssystem eller gjennom en elektrisk ledningsforbindelse. Styresystemene nede i borehullet kan sende og motta data og/eller kommandoer til/fra overflatesystemet. Dataoverføringen fra brønnhullet kan foretas ved å tillate overflatesystemet å avspørre hver enkelt anordning i hullet, selv om enkelte anordninger vil kunne ta styring over kommunikasjonene under et nødstilfelle. Anordningene nede i hullet kan programmeres mens de er i borehullet ved å sende den riktige kommando og data for å regulere de parametere som overvåkes med hensyn til endringer i borehullet og strømningsstilstander og/eller for å endre dens primærfunksjon i borehullet.

Overflatesystemet kan styre aktiviteten til modulene nede i borehullet ved å etterspørre data på periodisk basis, og kommandere modulene til å åpne eller lukke de elektromekaniske styreanordninger, og/eller endre overvåkningsparameteret med hensyn på endringer i langtids tilstander nede i borehullet. Overflatesystemet på et sted vil være i stand til å kommunisere med et system på et annet sted via telefonlinjer, satellitt-forbindelse eller andre kommunikasjons-anordninger. Et fjernliggende sentralt styresystem vil fortrinnsvis styre og/eller overvåke alle sonene, brønnene og/eller plattformene fra et enkelt fjernliggende sted.

I samsvar med en tredje utførelsesform av foreliggende oppfinnelse er styresystemene nede i borehullene forbundet med permanente, nedhulls formasjonsevaluerende sensorer som forblir nede i hullet under produksjonsoperasjoner. Disse formasjonsevaluerende sensorene for formasjonsmålinger kan for eksempel innbefatte gammastråle-deteksjon for evaluering av formasjoner, nøytronporøsitet, resistivitet, akustiske sensorer og pulsneutron som i sann tid kan avføle og evaluere formasjonsparametere, innbefattet viktig informasjon vedrørende vanninntrengning fra forskjellige soner. Det er viktig at denne informasjonen kan oppnås før vannet virkelig kommer inn i produksjonsrørene og at en korrigerende aksjon (for eksempel lukking av en ventil eller en glidehylse) eller formasjonsbehandling kan foretas før vann blir produsert. Denne avspørring i sann tid av formasjonsdata i produksjonsbrønnen utgjør en viktig fordel i forhold til nåværende kabelteknikker ved at foreliggende oppfinnelse er langt mindre kostbar og kan forutsi og reagere på potensielle problemer før de oppstår. I tillegg kan de formasjonsevaluerende sensorer selv anbringes meget nærmere den aktuelle formasjon

(dvs. ved siden av foringsrøret eller det nedhulls apparatet som ferdigstiller brønnen) enn kabelanordninger som er begrenset til det indre av produksjonsrørene.

De ovenfor diskuterte og andre trekk og fordeler ved foreliggende oppfinnelse vil fremgå av og bli forstått av fagfolk på området ut fra den følgende detaljerte beskrivelse og de vedføyde tegningene, hvor like komponenter har samme henvisningstall på de forskjellige figurer, og hvor:

- Fig. 1 er et skjematisk riss som skisserer flerbrønns-/flersone-styresystemet ifølge foreliggende oppfinnelse for bruk ved styring av et antall brønnplattformer til sjøs;
- 10 Fig. 2 er en forstørret skjematisk skisse av en del av figur 1, som viser en valgt brønn og valgte soner i en slikt valgt brønn, og et nedhulls styresystem for bruk der;
- Fig. 3 er en forstørret skjematisk skisse av en del av figur 2, som viser styresystemer for avslutnings-soner i både åpne og forede hull;
- 15 Fig. 4 er et blokkskjema som skisserer styresystemet for flere brønner/flere soner i samsvar med foreliggende oppfinnelse;
- Fig. 5 er et blokkdiagram som skisserer et styresystem på overflaten for bruk med flerbrønn/flersone-styresystemet ifølge den foreliggende oppfinnelse;
- 20 Fig. 5A er et blokkskjema over et kommunikasjonssystem som benytter avfølte nedhulls trykktilstander;
- Fig. 5B er et blokkskjema over en del av kommunikasjonssystemet 5A;
- Fig. 5C er et blokkskjema over datainnhentingssystemet som brukes i overflate-styresystemet på figur 5;
- 25 Fig. 6 er et blokkskjema som skisserer et nedhulls styresystem for en produksjonsbrønn i samsvar med foreliggende oppfinnelse;
- Fig. 7 er et elektrisk skjema over styresystemene nede i produksjonsbrønnen på figur 6;
- Fig. 8 er et oppriss i tverrsnitt av en gjenvinnbar sidelomme-anordning for en trykkføler i samsvar med foreliggende oppfinnelse;
- 30 Fig. 8A er en forstørret skisse av en del av figur 8;
- Fig. 9 er en skjematisk skisse av et underjordisk system for sikkerhetsventil-posisjon og trykkovervåkning;

- Fig. 10 er en skjematisk skisse av en fjernstyrt oppblåsnings/uttapnings-anordning for trykkovervåkning nede i et borehull;
- Fig. 11A og 11B er skjematiske skisser av et system for fjern-aktivering av nedhulls apparatanslag i respektive utstrakte og tilbaketrukne stillinger;
- 5 Fig. 12 er en skjematisk skisse av et fjernstyrt fluid-gass-styresystem;
- Fig. 13 er en skjematisk skisse over en fjernstyrt lukkeventil og en variabel innsnevringssanordning;
- Fig. 14 er et sideriss i tverrsnitt av en nedhulls formasjonsevaluerende sensor i samsvar med foreliggende oppfinnelse; og
- 10 Fig. 15A-D er sekvensielle tverrsnittsskisser av den opp/ned-stilte utførelsesform av sidelomme-spindel ifølge oppfinnelsen.

Oppfinnelsen vedrører et system for styring av produksjonsbrønner fra et fjerntliggende sted. Ifølge en utførelsesform av oppfinnelsen blir det spesielt beskrevet et styre- og overvåkningssystem for styring og/eller overvåkning av minst to soner i en enkelt brønn fra et fjerntliggende sted. Foreliggende oppfinnelse omfatter også fjernstyringen og/eller overvåkingen av flere brønner ved en enkelt plattform (eller et annet sted) og/eller flere brønner anbrakt ved flere plattformer eller steder. Styresystemet ifølge foreliggende oppfinnelse har således evne til å styre individuelle soner i flere brønner på flere plattformer, alle fra et fjerntliggende sted. Styre- og/eller overvåkningssystemet ifølge oppfinnelsen er sammensatt av et antall styresystemer eller moduler på overflaten anbrakt ved hvert brønnehode og ett eller flere nedhulls styresystemer eller moduler anbrakt inne i soner i hver brønn. Disse undersystemene muliggjør overvåkning og styring fra et enkelt fjerntliggende sted av aktiviteter i forskjellige soner i et antall brønner i nær sann tid.

Som beskrevet mer detaljert i forbindelse med figurene 2, 6 og 7 er styresystemet nede i hullet i henhold til en foretrukket utførelsesform av foreliggende oppfinnelse sammensatt av nedhulls sensorer, nedhulls styreelektronikk og nedhulls elektromekaniske moduler som kan være anbrakt i forskjellige posisjoner (for eksempel soner) i en brønn, idet hvert nedhulls styresystem har en entydig elektronikk-adresse. Et antall brønner kan være utstyrt med disse nedhulls styreanordningene. Styre- og overvåkningssystemet på overflaten kan være tilkople alle

brønnene hvor nedhulls styreanordninger er anordnet for å avspørre hver anordning etter data vedrørende tilstanden til de nedhulls sensorer som er forbundet med den modulen som avspørres. Generelt gjør overflatesystemet det mulig for operatøren å styre posisjonen, status, og/eller fluidstrømning i hver sone av brønnen ved å sende en kommando til den anordningen som styres i borehullet.

Som diskutert nedenfor kan de nedhulls styremodulene for bruk i flersone- eller flerbrønns-styresystemet ifølge oppfinnelsen enten styres ved å bruke en ekstern kommando eller overflatekommando som kjent på området, eller styresystemet nede i hullet kan aktiveres automatisk i samsvar med et nytt styresystem som styrer aktivitetene i borehullet ved å overvåke brønnsensorene som er forbundet med datainnhentingselektronikken. I sistnevnte tilfelle vil en nedhulls data-maskin (for eksempel en mikroprosessor) kommandere et nedhulls apparat slik som en pakning, glidehylse eller ventil til å åpne, lukke, endre tilstand eller gjøre hvilken som helst annen aksjon som er nødvendig hvis visse avfølte parametere er utenfor det normale eller forhåndsvalgte arbeidsområde for brønnsone. Dette arbeidsområdet kan være programmert inn i systemet enten før det anbringes i borehullet, eller slik programmering kan utføres ved hjelp av en kommando fra overflaten etter at styremodulen er blitt anbrakt nede i hullet.

Det vises nå til figurene 1 og 4 hvor overvåknings- og styresystemer for flere brønner/flere soner ifølge foreliggende oppfinnelse kan innbefatte et fjerntliggende sentralt styresenter 10 som kommuniserer enten trådløst eller via telefonledninger med et antall brønnplattformer 12. Man vil forstå at ethvert antall brønnplattformer kan være omfattet av styresystemet ifølge foreliggende oppfinnelse med tre plattformer, nemlig plattform 1, plattform 2 og plattform N vist på figurene 1 og 4. Hver brønnplattform er tilknyttet et antall brønner 14 som strekker seg fra hver plattform 12 gjennom vann 16 til overflaten av havbunnen 18 og så nedover inn i formasjoner under havbunnen. Man vil forstå at selv om plattformene 12 på figur 1 er blitt vist til sjøs, er den gruppe med brønner 14 som er tilknyttet hver plattform, analog med grupper av brønner posisjonert sammen i et område på land; og foreliggende oppfinnelse er derfor også velegnet for styring av landbaserte brønner.

Som nevnt er hver plattform 12 tilknyttet et antall brønner 14. Av illustrasjonsmessige grunner er tre brønner skissert tilknyttet plattform nr 1, idet hver brønn er identifisert som brønn nr 1, brønn nr 2 og brønn nr N. Som kjent kan en gitt brønn være delt i et antall separate soner hvor det er nødvendig å isolere spesielle områder av en brønn med det formål å produsere valgte fluider, forhindre utblåsninger og forhindre vanninntak. Slike soner kan være posisjonert i en enkelt vertikal brønn slik som brønn 19 i forbindelse med plattform 2, som vist på figur 1, eller slike soner kan bli resultatet når flere brønner er lenket til hverandre eller forbundet på annen måte. Et spesielt betydningsfullt trekk ved brønnproduksjon er boringen og avslutningen av laterale brønner eller grenbrønner som strekker seg fra et spesielt primært borehull. Disse laterale brønnene eller grenbrønnene kan være avsluttet slik at hver lateral brønn utgjør en adskillbar sone og kan isoleres for valgt produksjon. En mer fullstendig beskrivelse av borehull som inneholder en eller flere sidebrønner (kjent som multilaterale brønner) kan finnes i US patent nr 4 807 407, 5 325 924 og nr 5 411 082, idet innholdet av alle disse dokumentene herved inntas som referanse.

Det vises til figurene 1 - 4 hvor hver av brønnene 1, 2 og 3 tilknyttet plattform 1 innbefatter et antall soner som skal overvåkes og/eller styres for effektiv produksjon og håndtering av brønnfluidene. Med henvisning til figur 2 innbefatter for eksempel brønn nr 2 tre soner, nemlig sone nr 1, sone nr 2 og sone nr N. Hver av sonene 1, 2 og N er blitt avsluttet på kjent måte; og er mer spesielt blitt avsluttet på den måte som er beskrevet i det foran nevnte US-patent nr 5 411 082. Sone nr 1 er blitt avsluttet ved å bruke en kjent slisset foringsrør-avslutning, sone nr 2 er blitt avsluttet ved å bruke en selektiv åpen hullavslutning, og sone nr N er blitt avsluttet ved å bruke en selektiv foret hullavslutning med glidehylser. I forbindelse med hver av sonene 1, 2 og N er et nedhulls styresystem 22. Tilknyttet hver brønnplattform 1, 2 og N er likeledes et overflate-styresystem 24.

Som diskutert er styresystemet ifølge foreliggende oppfinnelse sammensatt av flere nedhulls elektronisk styrte elektromekaniske anordninger og flere data-maskinbaserte overflatesystemer drevet fra flere steder. En viktig funksjon ved disse systemene er å forutsi den fremtidige strømningsprofil for flere brønner og overvåke og styre fluid- eller gass-strømmen fra formasjonen inn i borehull og fra borehullet til overflaten. Systemet er også i stand til å motta og sende data fra

flere steder slik som inne i borehullet, og til eller fra andre plattformer 1, 2 eller N, eller fra et sted i avstand fra ethvert brønnsted slik som det sentrale styresenter 10.

De nedhulls styresystemer 22 vil være forbundet med overflatesystemet 24 ved å bruke et trådløst kommunikasjonssystem eller gjennom en elektrisk trådforbinding. Systemene nede i borehullet kan sende og motta data og/eller kommandoer til eller fra overflaten og/eller til eller fra andre anordninger i borehullet. Det vises nå til figur 5 hvor overflatesystemet 24 er sammensatt av et datamaskinsystem 30 brukt til behandling, lagring og fremvisning av den informasjon som er innsamlet nede i hullet, og forbundet med operatøren. Datamaskinsystemet 30 kan være sammensatt av en personlig datamaskin eller en arbeidsstasjon med et prosessorkort, kortsiktige og langsiktige lagringsmedier, video- og lyd-kapasiteter på kjent måte. Datamaskinstyringen 30 blir energisert av kraftkilden 32 for å tilveiebringe den energi som er nødvendig for å drive overflatesystemet 24 samt ethvert nedhulls system 22 hvis grensesnittet er utført ved å bruke en ledning eller kabel. Kraften vil bli regulert og omdannet til de riktige verdier som er nødvendige for å drive eventuelle overflatesensorer (samt et nedhulls system hvis en trådforbinding er tilgjengelig mellom overflaten og hullet).

En kombinert sender/mottaker 34 fra overflaten til borehullet blir brukt til å sende data ned i borehullet og for å motta den informasjon som sendes inne fra borehullet til overflaten. Senderen/mottakeren omdanner de pulser som mottas fra borehullet til signaler som er kompatible med datamaskin-systemet på overflaten, og omfatter signaler fra datamaskinen 30 til en passende kommunikasjonsanordning for å kommunisere ned gjennom hullet til styresystemet 22. Kommunikasjoner ned gjennom hullet kan bevirkes ved hjelp av en rekke kjente fremgangsmåter innbefattet teknikker med kabler og trådløs kommunikasjon. En foretrukket teknikk sender akustiske signaler ned gjennom en rørstreng slik som produksjonsrørstrengen 38 (se figur 2) eller vikledede rør. Akustiske kommunikasjoner kan innbefatte variasjoner av signalfrekvenser, spesielle frekvenser eller koder eller akustiske signaler eller kombinasjoner av disse. De akustiske overføringsmedier innbefatter rørstrengen som illustrert i US-patent nr 4 375 239, 4 347 900 eller 4 378 850 som alle herved inntas som referanse. Alternativt kan den akustiske overføring sendes gjennom foringsstrømmen, en elektrisk ledning, en malmåre-

ledning, underjordisk grunn omkring borehullet, rørfluid eller ringrom-fluid. En foretrukket akustisk sender er beskrevet i US-patent nr 5 222 049 hvis innhold herved inntas som referanse, og som beskriver en keramisk piezoelektrisk-basert sender/mottaker. De piezoelektriske skivene som utgjør transduseren er stablet og komprimert for korrekt kopling til det medium som brukes til å føre datainformasjonen til sensorene i borehullet. Denne transduseren vil generere en mekanisk kraft når vekselspanning blir tilført de to kraftinngangene på transduseren. Det signal som genereres ved mekanisk påkjenning av de piezoelektriske skivene vil forplante seg langs borehullsaksen til mottakerne som er anbrakt i apparatanordningen hvor signalet blir detektert og behandlet. Overføringsmediet hvor det akustiske signalet vil forplante seg i borehullet, kan være produksjonsrøret eller spolerøret.

Kommunikasjoner kan også bevirkes ved hjelp av avfølte nedhulls trykktilstander som kan være naturlige tilstander eller som kan være en kodet trykkpuls eller lignende innført i brønnen ved overflaten av brønnoperatøren. Egnede systemer som mer detaljert beskriver beskaffenheten av slike kodede trykkpulser, er beskrevet i US-patent nr 4 712 613, 4 468 665, 3 233 674, 4 078 620, 5 226 494 og 5 343 963. Likeledes beskriver de foran nevnte patenter '168 og '112 også bruk av kodede trykkpulser ved kommunikasjon fra overflaten til hullet.

Et foretrukket system for avføling av nedhulls trykktilstander er skisser på figurene 5A og 5B. Det vises til figur 5A hvor systemet innbefatter en håndholdt terminal 300 brukt til programmering av apparatet på overflaten, batterier (ikke vist) for energisering av elektronikken og aktivering nede i borehullet, en mikroprosessor 302 brukt til sammenkopling med den håndholdte terminal og for innstilling av de frekvenser som skal brukes av den slettbare, programmerbare logikkanordning (EPLD) 304 for aktivering av drivkretsene, forforsterkere 306 brukt til kondisjonering av pulsene fra overflaten, tellere (EPLD) 304 brukt for innhenting av de pulsene som sendes fra overflaten for å bestemme pulsfrekvensene, og for å klargjøre drivanordningene 306 i apparatet; og drivanordninger 308 brukt til styring og drift av elektromekaniske anordninger og/eller tennere.

Det vises så til figur 5B hvor EPLD-systemet 304 fortrinnsvis er sammensatt av seks tellere. En fire bits teller for telling av overflatepulser og for styring av aktivering av de elektromekaniske anordninger. En tibits teller for å redusere frek-

vensen til inntakten fra 32 768 KHz til 32 Hz; og en 10bits teller for å telle dødtid-frekvensen. To tellere blir brukt til å bestemme den korrekte puls-frekvensen. Bare en frekvensteller er klargjort til enhver tid. Et skiftregister blir satt av prosessoren for å beholde frekvensinnstillingene. De ti bits anordningene klargjør også pulstelleren for å inkrementere tellingen hvis en puls blir mottatt etter utløpet av dødtiden, og før pulsvindu-telling på 6 sekunder løper ut. Dette systemet vil bli tilbakestillt hvis en puls ikke blir mottatt i løpet av de 6 sekundene i en gyldig periode. En OG-port er anordnet mellom inngangspulsene og klokken i pulstelleren. OG-porten vil tillate pulsen fra en strekkapp å nå telleren hvis klargjøringslinjen fra den 10 bits telleren er lav. En ELLER-port med to inngangen vil tilbakestille pulstelleren fra den 10 bits telleren eller hovedtilbakestillingen fra prosessoren. En ELLER-port med tre innganger vil bli brukt til tilbakestillingen av de 11, 10 bits tellerne såvel som frekvenstallerne.

Kommunikasjonssystemet på figurene 5A og 5B kan arbeide på følgende måte:

1. Innstille apparatadressen (frekvenser) ved å bruke den håndholdte terminal på overflaten;
2. Bruke den håndholdte terminal til også å innstille tidsforsinkelsen for apparatet til å slå seg selv på og lytte til de pulser som sendes fra overflaten;
3. Prosessoren 302 vil innstille skiftregisteret med et binært tall som vil indikere for tellerne de frekvenser (adressen) den skal detektere for drift av drivanordningene;
4. Operatøren vil bruke en passende sender i overflatesystemet 224 til å generere de riktige frekvenser som skal sendes til apparatet nede i hullet;
5. Elektronikken 22 nede i hullet vil motta pulsene fra overflaten, bestemme om de er gyldige og slå på eller av drivanordningene;
6. I en foretrukket utførelsesform som er beskrevet i trinnene 6-8, er der totalt seksten forskjellige frekvenser som kan brukes til å aktivere systemene nede i hullet. Hvert nedhulls system vil kreve to frekvenser som skal sendes fra overflaten for korrekt aktivering;
7. Overflatesystemet 24 vil være tilkopledd apparatets prosessor 302 for å innstille de to frekvensene for kommunikasjon og aktivering av systemene i borchullet. Hver frekvens adskilt med multipler av 30 sekunders intervaller er

sammensatt av fire pulser. Et system nede i borehullet vil bli aktivert når åtte pulser ved de to forhåndsinnstilte frekvensene blir mottatt av elektronikken i apparatet. Det må være fire pulser ved en frekvens fulgt av fire pulser ved en annen frekvens;

- 5 8. En teller vil overvåke frekvensene nede i hullet og vil tilbake stille maskinvaren hvis en puls ikke blir mottatt innenfor et vindu på 6 sekunder.

Også andre egnede kommunikasjonsteknikker innbefatter radio-overføring fra overflatestedet eller fra et sted under overflaten, med tilsvarende radio-tilbakemelding fra apparatene nede i hullet til overflatestedet eller stedet under overflate;

10 bruken av mikrobølge-sending og mottakelse; bruk av fiberoptiske kommunikasjoner gjennom en fiberoptisk kabel opphengt fra overflaten til styrepakken nede i borehullet; bruk av elektrisk signalering fra en kabeloppengt sender til styrepakken nede i hullet med etterfølgende tilbakemelding fra styrepakken til den kabeloppengte sender/mottaker. Kommunikasjon kan også bestå av frekvenser, amplituder, poder eller variasjoner eller kombinasjoner av disse parametere, eller en

15 transformator-koplet teknikken som medfører kabeloverføring av en spesiell transformator til et apparat nede i hullet. Enten primærsiden eller sekundærsiden av transformatoren blir overført på en kabel med den andre halvdel av transformatoren beroende inne i apparatet nede i borehullet. Når de to deler av transformatoren blir ført sammen, kan data utveksles.

20

Det vises igjen til figur 5 hvor styresystemet 24 på overflaten videre innbefatter en skriver/plotter 40 som blir brukt til å frembringe en papirregistrering av de hendelser som inntreffer i brønnen. Hardkopien som genereres ved hjelp av datamaskinen 30 kan brukes til å sammenligne tilstanden for forskjellige brønner, sammenligne tidligere hendelser med hendelser som inntreffer i eksisterende brønner og fremskaffe evalueringlogger for formasjonen. I forbindelse med datamaskinstyringen er også et datainnhentingssystem 42 som blir brukt til tilkopling av brønnsenderen/mottakeren 34 til datamaskinen for behandling. Datainnhentingssystemet 42 er sammensatt av analoge og digitale innganger og utganger, datamaskin-bussgrensesnitt, høyspente grensesnitt og signalbehandlende elektronikk.

25

I en utførelsesform av datainnhentingssensoren 42 er vist på figur 5C og omfatter en forforsterker 320, et båndpassfilter 322, en forsterkningsstyrt forsterker 324 og en analog/digital-omformer 326. Datainnhentingssystemet (ADC) vil behandle de

30

analoge signaler som er detektert av overflatemottakeren for omforming til de nødvendige inngangs-spesifikasjoner til det mikroprosessor-baserte databehandlings- og styre-system. Overflatemottakeren 34 blir brukt til å detektere de pulsene som mottas på overflaten fra borehullet og omforme dem til signaler som er kompatible med forforsterkeren 320 for datainnsamling. Signalene fra transduseren vil være analoge spenninger med lavt nivå. Forforsterkeren 320 blir brukt til å øke spenningsnivåene og til å minske de støynivåer som finnes i det opprinnelige signalet fra transduserne. Forforsterkeren 320 vil også bufferlagre dataene for å hindre eventuelle endringer i impedans eller problemer med transduseren fra å skade elektronikken. Båndpassfilteret 322 eliminerer den høyfrekvente og lavfrekvente støy som genereres fra ytre kilder. Filteret vil tillate signalene i forbindelse med transduserfrekvensene å passere uten særlig forvrenging eller demping. Den forsterkningsstyrte forsterkeren 324 overvåker spenningsnivået til inngangssignalet og forsterker eller demper det for å sikre at det holder seg innenfor de nødvendige spenningsområder. Signalene blir tilpasset for å ha det høyest mulige området for å tilveiebringe dens tørste oppløsning som kan oppnås i systemet. Endelig vil analog/digital-omformeren 326 transformere analogsignalet som er mottatt fra forsterkeren, til en digital verdi ekvivalent med spenningsnivået til det analoge signalet. Analog/digital-omforming vil inntreffe etter at mikroprosessoren 30 kommanderer apparatet til å starte en omforming. Prosessorsystemet 30 vil innstille analog/digital-omformeren til å behandle det analoge signalet i 8 eller 16 biter med informasjon. Analog/digital-omformeren vil informere prosessoren når en omforming finner sted og når den er ferdig. Prosessoren 30 kan til enhver tid anmode analog/digital-omformeren om å overføre de innsamlede data til prosessoren.

Det vises fremdeles til figur 5 hvor de elektriske pulser fra senderen/mottakeren 34 vil bli tilpasset for å passe innenfor et område hvor dataene kan digitaliseres for behandling av datamaskinstyringen 30. I forbindelse med både datamaskinstyringen 30 og senderen/mottakeren 34 er et tidligere nevnt modem 36. Modemet 36 er tilgjengelig for overflatesystemet 24 for overføring av dataene fra brønnstedet til et fjerntliggende sted, slik som et fjerntliggende sted 10 eller et annet overflate-styresystem 24 anbrakt på for eksempel plattform 2 eller plattform N. På dette fjerntliggende sted kan dataene betraktes og vurderes, eller igjen ganske enkelt bli sendt til andre datamaskiner som styrer andre plattformer. Den

fjerntliggende datamaskin 10 kan ta kontroll over systemet 24 som er i forbindelse med styremodulene 22 nede i hullet og innsamlede data fra borehullet og/eller styring av tilstanden til anordningene nede i borehullet og/eller styring av fluidstrømningen fra brønnen eller fra formasjonen. I forbindelse med styresystemet 24 på overflaten er også et dybdemålingssystem som står i forbindelse med data-
maskin-styresystemet 30 for å tilveiebringe informasjon vedrørende posisjonen av
5 apparatene i borehullet etterhvert som apparatstrengen blir senket ned i bakken. Endelig innbefatter styresystemet 24 på overflaten også en eller flere overflatesensorer 46 som er installert på overflaten for å overvåke brønnparameteret slik
10 som trykk, riggpumper og hiv, som alle kan være forbundet med overflatesystemet for å forsyne operatøren med ytterligere informasjon om brønnens tilstand.

Overflatesystemet 24 kan styre aktivitetene til de nedhulls styremoduler 22 ved å etterspørre data på en periodisk basis og kommandere modulene nede i hullet til å åpne eller lukke elektromekaniske anordninger og endre overvåkings-
15 parameteret som skyldes endringer i langsiktige borehulltilstander. Som vist skjematisk på figur 1 kan overflatesystemet 24 på et sted slik som plattform 1, være forbundet med overflatesystemet 24 på et annet sted slik som plattform 2 eller N eller den sentrale fjerntliggende styresensor 10 via telefonlinjer eller via trådløs overføring. På figur 1 er for eksempel hvert overflatesystem 24 tilknyttet
20 en antenne 48 for direkte kommunikasjon med hverandre (dvs. fra plattform 2 til plattform N), for direkte kommunikasjon med en antenne 50 anbrakt med et sentralt styresystem 10 (dvs. fra plattform 2 til styresystem 10) eller for indirekte kommunikasjon via en satellitt 52. Hvert styresystem 24 på overflaten innbefatter således følgende funksjoner:

- 25 1. Avspørre sensorene nede i hullet etter datainformasjon;
2. Behandler den innsamlede informasjon fra borehullet for å tilveiebringe operatøren med formasjons-, apparat- og strømnings-status;
3. Står i forbindelse med andre overflatesystemer for overføring av data og kommandoer; og
- 30 4. Tilveiebringer grensesnittet mellom operatøren og apparatene og sensor-ene nede i hullet.

I en mindre foretrukket utførelsesform av foreliggende oppfinnelse kan styresystemet 22 nede i hullet være sammensatt av ethvert antall kjente nedhulls styresystemer som krever et signal fra overflaten for aktivering. Eksempler på slike nedhulls styresystemer innbefatter de som er beskrevet i US-patent nr 5 3 227 228, 4 796 669, 4 896 722, 4 915 168, 5 050 675, 4 856 595, 4 971 160, 5 273 112, 5 273 113, 5 332 035, 5 293 937, 5 226 494 og 5 343 963 som alle herved inntas som referanse. Alle disse patentene beskriver forskjellige apparater og fremgangsmåter hvor en mikroprosessor-basert styreanordning nede i hullet blir aktivert ved hjelp av et signal fra overflaten eller et annet eksternt sted slik at 10 mikroprosessoren utfører et styresignal som blir sendt til en elektromekanisk styreanordning som så aktiverer et nedhulls apparat slik som glidehylse, en pakning eller en ventil. I dette tilfellet sender styresystemet 24 på overflaten aktiveringssignalet til styreanordningen 22 nede i borehullet.

I samsvar med en utførelsesform av oppfinnelse samvirker således det 15 fjerntliggende sentrale styresenter 10, overflate-styresentrene 24 og de nedhulls styresystemer 22 alle for å tilveiebringe en eller flere av de følgende funksjoner:

1. Tilveiebringe en- eller to-veis kommunikasjon mellom overflatesystemet 24 og et nedhulls apparat via det nedhulls styresystem 22;
2. Innsamle, behandle, fremvise og/eller lagre på overflaten data sendt fra 20 borehullet vedrørende borehullsfluidene, gassene og apparatstatus-parametrene som er innhentet av sensorer i borehullet;
3. Tilveiebringe en operatør med evne til å styre apparater nede i hullet ved å sende en spesiell adresse og kommandoinformasjon fra det sentrale styresenter 10 eller fra et enkelt styresenter 24 på overflaten ned til borehullet;
- 25 4. Styre flere apparater i flere soner inne i enhver enkelt brønn ved hjelp av et enkelt fjerntliggende styresystem 24 eller det fjerntliggende sentrale styresenter 10;
5. Overvåke og/eller styre flere brønner med et enkelt overflatesystem 10 eller 24;
- 30 6. Overvåke flere plattformer fra ett eller flere overflatesystemer som arbeider sammen gjennom en fjerntliggende kommunikasjons-forbindelse eller som arbeider individuelt;

7. Innhente, behandle og sende til overflaten fra borehullet flere parametere vedrørende brønnens status, strømningstilstand og strømning, apparattilstand og geologisk evaluering;
8. Overvåke parameteret vedrørende brønnngass og fluid og utføre funksjoner automatisk, slik som å avbryte fluidstrømningen til overflaten, åpne eller lukke ventiler når visse innhentede parametere fra borehullet slik som trykk, strømning, temperatur eller fluidinnhold blir bestemt å være utenfor de normale områder som er lagret i systemets minne (som beskrevet nedenfor i forbindelse med figurene 6 og 7); og
9. Tilveibringe operatør/system- og system/operatør-grensesnitt på overflaten ved å bruke et datamaskinstyrt styresystem.
10. Frembringe data og styreinformasjon blant systemer i borehullet.

I en foretrukket utførelsesform og i samsvar med et viktig trekk ved foreliggende oppfinnelse benyttes istedenfor å bruke et nedhulls styresystem av den type som er beskrevet i de foran nevnte patenter hvor nedhulls aktiviteter bare blir aktivert ved hjelp av overflatekommandoer, et nedhulls styresystem som automatisk styrer nedhulls apparater som reaksjon på avfølte, valgte nedhulls parametere uten behov for et igangsettende styresignal fra overflaten eller fra en annen ekstern kilde. Det vises til figurene 2, 3, 6 og 7 hvor dette nedhulls datamaskinbaserte styresystemet omfatter et mikroprossessorbasert databehandlings- og styresystem 50.

Det elektroniske styresystemet 50 innhenter og behandler data sendt fra overflaten som mottatt fra sender/mottaker-systemet 52, og sender også ned i hullet sensorinformasjon som mottatt fra data-innhentingssystemet 54 til overflaten. Datainnhentings-systemet 54 vil behandle de analoge og digitale sensordata ved sampling av dataene periodisk og formatering av disse for overføring til prosessoren 50. Innbefattet blant disse data er data fra strømningssensorer 56, formasjonsevaluerende sensorer 58 og elektromekaniske posisjonssensorer 59 (disse sistnevnte sensorer 59 gir informasjon om posisjon, orientering og lignende for apparater nede i borehullet). De formasjonsevaluerende data blir behandlet for bestemmelse av reservoarparameteret vedrørende den produksjonssone i brønnen som blir overvåket ved hjelp av styremodulen nede i hullet. Strømnings-

sensor-dataene blir behandlet og evaluert mot parameteret lagret i den nedhulls modulens minne for å bestemme om det eksisterer en tilstand som krever intervensjon fra prosessorelektronikken 50 til automatisk å styre de elektromekaniske anordninger. Man vil forstå at i samsvar med et viktig trekk ved oppfinnelsen blir den automatiske styring som utføres av prosessoren 50, innledet uten behov for et igangsettings- eller styresignal fra overflaten eller fra en annen ekstern kilde. I stedet evaluerer prosessoren 50 ganske enkelt parameteret som finnes i sann tid i borehullet og som er avfølt ved hjelp av strømningsensorer 56 og/eller formasjonsevaluende sensorer 58, og utfører så automatisk instruksjoner for passende styring. Legg merke til at selv om slik automatisk igangsetting er et viktig trekk ved oppfinnelsen, kan en operatør fra overflaten i visse situasjoner også sende styreinstruksjoner ned i brønnen fra overflaten til sender/mottaker-systemet 52 og til prosessoren 50 for å utføre styring av apparater og annet elektronisk utstyr nede i borehullet. Som et resultat av denne styringen kan styresystemet 50 innlede eller stoppe fluid/gass-strømning fra den geologiske formasjon i borehullet eller fra borehullet til overflaten.

Sensorene nede i borehullet i forbindelse med strømningssensorene 56 og de formasjonsevaluende sensorer 58 kan innbefatte, men er ikke begrenset til, sensorer for avføling av trykk, strømning, temperatur, olje/vann-innhold, geologisk formasjon, gammastrålingsdetektorer og formasjonsevaluende sensorer som benytter akustisk, nukleær, resistivitets- og elektromekanisk teknologi. Man vil forstå at vanligvis vil trykk-, strømnings-, temperatur- og fluid/gass-innholds-sensorene bli brukt til overvåking av produksjonen av hydrokarboner, mens de formasjonsevaluende sensorer vil måle blant annet bevegelsen av hydrokarboner og vann i formasjonen. Datamaskinen nede i borehullet (prosessoren 50) kan automatisk utføre instruksjoner for aktivering av elektromekaniske drivanordninger 60 eller annen elektronisk styreapparat 62. Den elektromekaniske drivanordning 60 vil igjen aktivere en elektromekanisk anordning for styring av et nedhulls apparat slik som en glidehylse, lukke en anordning, ventil, en variabel strupeanordning, en inntrengningsanordning, en perforeringsventil eller et gassløftende verktøy. Som nevnt kan datamaskinen 50 nede i borehullet også styre andre elektroniske styreapparater slik som et apparat som kan bevirke strømningskarakteristikker for fluidene i brønnen.

I tillegg er datamaskinen 50 nede i borehullet i stand til å registrere nedhulls data innhentet ved hjelp av strømningsensorer 56 formasjonsevaluerende sensorer 58 og elektromekaniske posisjonssensorer 59. Disse nedhulls data blir registrert i en registreringsanordning 66. Informasjon lagret i registreringsanordningen
5 66 kan enten hentes fra overflaten på et senere tidspunkt når styresystemet blir brakt til overflaten, eller data i registreringsanordningen kan sendes til sender/mottaker-systemet 52 og så sendes til overflaten.

Senderen/mottakeren 52 i borehullet overfører data fra borehullet til overflaten og mottar kommandoer og data fra overflaten og mellom andre nedhulls mod-
10 uler. Sender/mottaker-anordningen 52 kan bestå av enhver kjent og egnet sender/mottaker-mekanisme og innbefatter fortrinnsvis en anordning som kan brukes til å sende som såvel å motta dataene i en halv dupleks-kommunikasjonsmodus, slik som en akustisk piezoelektrisk anordning (dvs. som beskrevet i foran nevnte US-patent nr 5 222 049), eller individuelle mottakere slik som aksellerometeret for
15 full dupleks-kommunikasjon hvor data kan sendes og mottas av apparatene nede i borehullet samtidig. Elektroniske drivanordninger kan brukes til å styre den elektriske kraft som leveres til senderen/mottakeren under dataoverføring.

Man vil forstå at styresystemet 22 nede i borehullet krever en kraftkilde 66 for drift av systemet. Kraftkilden 66 kan være generert i borehullet, på overflaten
20 eller den kan leveres av energilagringsanordninger slik som batterier. Kraft blir brukt til å tilveiebringe elektrisk spenning og strøm til elektronikken og de elektromekaniske anordninger som er forbundet med en spesiell sensor i borehullet. Kraft for kraftkilden kan komme fra overflaten gjennom ledninger eller kan være anordnet i borehullet, slik som ved bruk av en turbin. Andre kraftkilder innbefatter
25 kjemiske reaksjoner, strømningsstyring, termiske eller konvensjonelle batterier, elektriske potensialdifferanser i bet, faststoff-produksjon eller hydrauliske kraftmetoder.

Det vises til figur 7 hvor et elektrisk skjema over en nedhulls styreanordning 22 er vist. Som diskutert detaljert ovenfor vil det nedhulls elektroniske systemet
30 styre de elektromekaniske systemer, overvåke formasjons- og strømningsparameteret, behandle data innhentet i borehullet, og sende og motta kommandoer og data til og fra andre moduler og overflatesystemene. Den elektroniske styreanordningen er sammensatt av en mikroprosessor 70, en analog/digital-omformer 72,

analog tilpasnings-maskinvare 74, en digital signalprosessor 76, et kommunikasjonsgrensesnitt 78, et seriebuss-grensesnitt 80, ikke flyktig faststofflager 82 og elektromekaniske drivanordninger 60.

5 Mikroprosessoren 70 tilveiebringer styre- og behandlingsegenskapene til systemet. Prosessoren vil styre datainnhenting, databehandlingen og evalueringen av dataene for å bestemme om de er innenfor korrekte arbeidsområder. Styreanordningen vil også preparere dataene for overføring til overflaten og drive senderen til å sende informasjonen til overflaten. Prosessoren har også ansvaret for å styre de elektromekaniske anordninger 64.

10 Analog/digital-omformeren 72 omformer dataene fra kondisjoneringskretsen til et binært tall. Det binære tallet vedrører en elektrisk strøm eller spenningsverdi som brukes til å betegne en fysisk parameter innhentet fra den geologiske formasjon, fluidstrømningen, eller tilstanden til de elektromekaniske anordninger. Den analoge kondisjonerings-maskinvare behandler signalene fra sensorene i spenningsverdier som er ved det området som er nødvendig for analog/digital-omformeren.

20 Den digitale signalprosessor 76 tilveiebringer evnen til å utveksle data med prosessoren for å understøtte evalueringen av den innhentede nedhulls informasjon, samt å kode/dekode data for senderen 52. Prosessoren 70 tilveiebringer også styring og tidstakt for drivanordningene 78.

Kommunikasjonsdrivene 70 er elektroniske brytere som brukes til å styre strømningen av elektrisk kraft til senderen. Prosessoren 70 tilveiebringer styring og takt for drivanordningene 78.

25 Seriebuss-grensesnittet 80 gjør det mulig for prosessoren 70 å vekselvirke med datainnsamlings- og styresystemet 42 (se figurene 5 og 5C) på overflaten. Seriebussen 80 gjør det mulig for overflatesystemet 74 å overføre koder og innstilte parametere til mikrokontrolleren 70 for å utføre dens funksjoner nede i borehullet.

30 De elektromekaniske drivanordninger 60 styrer strømmen av elektrisk kraft til de elektromekaniske anordninger 64 som brukes til drift av glidehylser, pakninger, sikkerhets-ventiler, plugg og eventuelt andre fluidstyringsanordninger ned i borehullet. Drivanordningene blir operert av mikroprosessoren 70.

Det ikke-flyktige minnet 82 lagrer kodekommandoene som brukes av mikrokontrolleren 70 til å utføre dens funksjoner nede i borehullet. Minnet 82 inneholder også de variabler som brukes av prosessoren 70 til å bestemme om de innhentede parametere er i det riktige operasjonsområdet.

5 Man vil forstå at ventiler nede i hullet blir brukt til å åpne og lukke anordninger som benyttes ved styring av fluidstrømning i borehullet. Slike elektromekaniske nedhulls ventilanordninger vil bli aktivert av datamaskinen 50 nede i borehullet enten i tilfelle av at en borehullssensor-verdi blir bestemt å være utenfor et sikkert driftsområde innstilt av operatøren, eller hvis en kommando blir sendt fra
10 overflaten. Som diskutert er det et særlig betydelig trekk ved oppfinnelsen at styresystemet 22 nede i borehullet tillater automatisk styring av nedhulls apparater og andre nedhulls elektroniske styreanordninger uten å kreve et igangsettings- eller aktiveringssignal fra overflaten eller fra en annen eksternt kilde. Dette er i tydelig motsetning til tidligere kjente styresystemer hvor styring enten blir aktivert
15 fra overflaten eller blir aktivert av en nedhulls styreanordning som krever et aktiveringssignal fra overflaten, som diskutert ovenfor. Man vil forstå at det nye nedhulls styresystemet ifølge oppfinnelsen hvor styring av elektromekaniske anordninger og/eller elektronisk styringsapparat blir utført automatisk uten behov for et overflatesignal eller et annet eksternt aktiveringssignal, kan brukes separat fra den
20 fjerntliggende brønnproduksjonsstyring som er vist på figur 1.

Det vises nå til figurene 2 og 3 hvor et eksempel på styresystemet 22 nede i borehullet er vist forstørret for brønn nr 2 fra plattform 1 som skisserer sonene 1, 2 og N. Hver av sonene 1, 2 og N er tilknyttet et nedhulls styresystem 22 av den type som er vist på figurene 6 og 7. I sone 1 er en avslutning med en slisset foring vist ved 69 i forbindelse med en pakning 71. I sone 2 er en avslutning med et
25 åpent hull vist med en rekke pakninger 73 og intermitterende glidehysler 75. I sone N er en avslutning med et foret hull vist igjen med rekken av pakninger 77, glidehylse 79 og perforerings-anordninger 81. Styresystemet 22 i sone 1 innbefatter elektromekaniske drivanordninger og elektromekaniske anordninger som styrer
30 pakningen 69 og ventilene i forbindelse den slissede foringen for å styre fluidstrømningen. Likeledes innbefatter styresystemet 22 i sone 2 elektromekaniske drivanordninger og elektromekaniske anordninger som styrer pakningene, glidehyslene og ventilene i forbindelse med det åpne hullets avslutningssystem. Styre-

systemet 22 i sone N innbefatter også elektromekaniske drivanordninger og elektromekaniske styreanordninger for styring av pakningene, glidehylsene og perforeringsutstyr som skissert. Enhver kjent elektromekanisk drivanordning 60 eller elektromekanisk styreanordning 64 kan brukes i forbindelse med oppfinnelsen til å styre et nedhulls apparat eller ventil. Eksempler på egnede styreapparater er for eksempel vist i US-patent nr 5 343 963, 5 199 497, 5 346 014 og 5 188 183 hvis innhold herved inntas som referanse. Figurene 2, 10 og 11 i patent '168 og figurene 10 og 11 i patent '160, figurene 11 - 14 i '112 og figurene 1-4 i patent 3 227 228.

Styreanordningene 22 i hver av sonene 1, 2 og N har evne til ikke bare å styre de elektromekaniske anordninger i forbindelse med hvert av apparatene nede i borehullet, men har også evne til å styre annen elektronisk styreapparat som kan være forbundet med for eksempel ventilanordninger for ytterligere fluidstyring. Styresystemet 22 nede i hullet i sonene 1, 2 og N har videre evne til å kommunisere med hverandre (for eksempel gjennom ledningsføring) slik at aksjoner i en sone kan brukes til å bevirke aksjonene i en annen sone. Denne kommunikasjon fra sone til sone utgjør nok et annet trekk ved foreliggende oppfinnelse. I tillegg kan ikke bare datamaskinen 50 nede i hvert av styresystemene 22 kommunisere med hverandre, men datamaskinene 50 har også evne (via sender/mottaker-systemet 52) til å kommunisere gjennom overflate-styresystemet 24 og derved kommunisere med andre overflate-styresystemer 24 på andre brønnplattformer (dvs. plattformene 2 eller N), ved et fjerntliggende sentralt styrested slik som vist ved 10 på figur 1, eller hver av prosessorene 50 i hvert nedhulls styresystem 22 i hver sone 1, 2 eller N kan ha evnen til å kommunisere gjennom sitt sender/mottaker-system 52 til andre nedhulls datamaskiner 50 i andre brønner. For eksempel kan datamaskinsystemet 22 i sone 1 i brønn 2 ved plattform 1 kommunisere med et nedhulls styresystem ved plattform 2 anbrakt i en av sonene eller en av de brønnene som er tilknyttet denne. Det nedhulls styresystemet i henhold til foreliggende oppfinnelse tillater således kommunikasjon mellom datamaskiner i forskjellige borehull, kommunikasjon mellom datamaskiner i forskjellige soner og kommunikasjon mellom datamaskin fra en spesiell son til et sentralt, fjerntliggende sted.

Informasjon sendt fra overflaten til senderen/mottakeren 52 kan bestå av aktuell styreinformasjon, eller kan bestå av data som blir brukt til å omprogrammere minnet i prosessoren 50 for igangsetting av automatisk styring basert på sensorinformasjon. I tillegg til omprogrammerende informasjon kan informasjon sendt fra overflaten også brukes til å recalibrere en spesiell sensor. Prosessoren 50 kan igjen ikke bare sende rådata og statusinformasjon til overflaten gjennom senderen/mottakeren 52, men kan også behandle data nede i borehullet ved å bruke passende algoritmer og andre metoder slik at den informasjon som sendes til overflaten, utgjør utledede data i en form som er velegnet for analyse.

Det vises til figur 3 hvor et forstørret riss av sonene 2 og N fra brønn 2 ved plattform 1 er vist. Som diskutert kommuniserer et antall nedhulls strømmingssensorer 56 og nedhulls formasjonsevaluerende sensorer 58 med styreanordningen 22 nede i borehullet. Sensorene er permanent anbrakt nede i borehullet og er anordnet i avslutningsstrengen og/eller i borehullsforingen. I samsvar med nok et annet viktig trekk ved oppfinnelsen kan de formasjonsevaluerende sensorer være innbefattet i avslutningsspringen, som vist ved 58A-C i sone 2; eller kan være anbrakt ved siden av borehullsforingen 78 slik som vist ved 58D-F i sone N. I sistnevnte tilfelle blir de formasjonsevaluerende sensorer ledningsforbundet tilbake til styresystemet 22. De formasjonsevaluerende sensorer kan være av den type som er beskrevet ovenfor, innbefattet densitets-, porøsitets- og resistivitets-typer. Disse sensorene måler formasjonsgeologi, formasjonsmetning, formasjonsporøsitet, gassinnstrømning, vanninnhold, petroleumsinnhold og kjemiske elementer i formasjonen slik som kalium, uran og torium. Eksempler på egnede sensorer er beskrevet i US-patent nr 5 278 758 (porøsitet), 5 134 285 (densitet), og 5 001 675 (elektromagnetisk resistivitet), idet innholdet av hvert patent herved inntas som referanse.

Det vises til figur 14 hvor et eksempel på en nedhulls formasjonsevaluerende sensor for permanent anbringelse i en produksjonsbrønn er vist ved 280. Denne sensoren 280 er sammensatt av en sidelomme-spindel 282 som innbefatter en primær langsgående boring 284 og en lateralt anbrakt sidelomme 286. Spindelen 282 innbefatter gjenging 288 ved begge ender for feste til produksjonsrøret. Anordnet sekvensielt i adskilt forhold i langsgående retning langs sidelommen 286 er et antall (i dette tilfellet 3) akustiske, elektromagnetiske eller nukleære

mottakere 290 som er anordnet mellom et par respektive akustiske, elektromagnetiske eller nukleære sendere 292. Senderne 292 og mottakerne 290 kommuniserer alle med passende og kjent elektronikk for å utføre formasjonsevaluerende målinger.

5 Informasjonen vedrørende den formasjon som er oppnådd ved hjelp av senderne 292 og mottakerne 286, vil bli videresendt til en nedhulls modul 22 og overført til overflaten ved å bruke noen av de foran nevnte ledningsførende eller trådløse kommunikasjonsteknikker. I den utførelsesformen som er vist på figur 14, blir formasjonsevaluerende informasjon sendt til overflaten på en induktiv
10 koplingsanordning 294 og en rørformet, omsluttet leder (TEC) 296, som begge vil bli beskrevet med detaljert nedenfor.

Som nevnt ovenfor ble formasjonsevaluering i produksjonsbrønner tidligere utført ved å bruke kostbare og tidkrevende kabelanordninger som ble anbrakt gjennom produksjonsrøret. De eneste sensorer som var permanent anordnet i en
15 produksjonsbrønn, var de som ble brukt til å måle temperatur, trykk og fluidstrømning. Foreliggende oppfinnelse anbringer derimot permanent formasjonsevaluerende sensorer nede i hullet i produksjonsbrønnen. De permanent anbrakt formasjonsevaluerende sensorene ifølge foreliggende oppfinnelse vil overvåke både fluidstrømning og, viktigere, vil måle formasjonsparameteret slik at endrede for-
20 hold i formasjonen vil bli avfølt før problemer oppstår. For eksempel kan vann i formasjonen måles før slikt vann når borehullet, og derfor vil vann bli forhindret fra å bli produsert i borehullet. På det nåværende tidspunkt blir vann avfølt bare etter at det kommer inn i produksjonsrøret.

De formasjonsevaluerende sensorene ifølge oppfinnelsen er anordnet nær-
25 mere formasjonen sammenlignet med kabelsensorer i produksjonsrøret, og vil derfor tilveiebringe mer nøyaktige resultater. Siden formasjonsevaluerende data konstant vil være tilgjengelig i sann til eller nesten sann tid, vil det ikke være noe behov for periodisk å lukke brønnen og utføre kostbare kabelevalueringer.

Styresystemet for flerbrønns/flersone-produksjonsbrønner ifølge foreliggende oppfinnelse kan opereres på følgende måte:
30

1. Anbringe den nedhulls systemer 22 i rørstrengen 38.
2. Bruke datamaskinsystemet 24 på overflaten til å teste de nedhulls moduler 22 som strekker seg inn i borehullet for å sikre at de virker riktig.

3. Programmere modulene 22 for overvåkning av de riktige nedhulls parametere.
4. Installere og tilkople overflatesensorene 46 til det datamaskinstyrte systemet 24.
- 5 5. Anbringe modulene 22 i borehullet og sikre at de når de riktige soner som skal overvåker og/eller styres ved innsamling av formasjonens naturlige gammastråling i borehullet, og sammenligne dataene med eksisterende MWD- eller kabel-logger, og overvåke informasjonen tilveiebrakt ved hjelp av dybdemålingsmodulen 44.
- 10 6. Innsamle data ved faste intervaller etter at alle nedhulls moduler 22 er blitt installert, ved å avspørre hver av de nedhulls systemene 22 i borehullet ved å bruke det datamaskinbaserte systemet 24 på overflaten.
7. Hvis de elektromekaniske anordninger 64 må aktiveres for å styre formasjons- og/eller brønn-strømningen, kan operatøren sende en kommando til elektronikkmodulen 50 nede i hullet for å instruere den om å aktivere den elektromekaniske anordning. En melding vil bli sendt til overflaten fra den elektroniske styremodul 50 som indikerer at kommandoen ble utført. Alternativt kan elektronikkmodulen nede i borehullet automatisk aktivere den elektromekaniske anordning uten en ekstern kommando fra overflaten.
- 15 20 8. Operatøren kan be om status for brønner fra et fjerntliggende sted ved å opprette en telefon- eller satellitt-forbindelse til den ønskede posisjon. Den fjerntliggende overflate-datamaskinen 24 vil spørre operatøren om et passord for riktig tilgang til det fjerntliggende system.
- 25 9. En melding vil bli sendt fra modulen 22 i brønnen til overflatesystemet 24 som indikerer at en elektromekanisk anordning 64 ble aktivert av elektronikken 50 nede i hullet hvis en strømning eller borehullsparameter endret seg utenfor det normale virkeområdet. Operatøren vil ha mulighet til å spørre modulen nede i borehullet hvorfor en aksjon ble igangsatt i borehullet og overskrive aksjonen ved å kommandere modulen i borehullet om å gå tilbake til den opprinnelige tilstand. Operatøren kan valgfritt sende til modulen et nytt sett med parametere som vil avspeile de nye arbeidsområder.
- 30

10. Under en nødsituasjon eller tap av kraft vil alle anordninger vende tilbake til en kjent sviktsikker modus.

Styresystemet for produksjonsbrønner ifølge foreliggende oppfinnelse kan utnytte et stort antall konvensjonelle såvel som nye apparater, sensorer, ventiler og lignende nede i borehullet. Eksempler på disse foretrukne og nye apparater nede i borehullet for bruk i systemet ifølge foreliggende oppfinnelse, innbefatter:

1. en gjenvinnbar sidelomme-spindel med sensorer;
2. et undergrunns-system for sikkerhetsventil-posisjon og trykkovervåkning;
- 10 3. fjernstyrt oppblåsnings/uttømnings-anordning med trykkovervåkning;
4. fjernaktivert nedhulls apparat stoppesystem;
5. fjernstyrt fluid/gass-styresystem; og
6. en fjernstyrt variabel strupe- og lukke-ventil.

De foran opplistede apparater vil nå bli beskrevet under henvisning til figurene 8 - 13.

Tradisjonelle permanente nedhulls måleanordnings- (for eksempel sensor) installasjoner krever montering og installasjon av en trykkføler utenfor produksjonsrøret for således å gjøre måleanordningen til en helhetlig del av rørstrengen.

Dette blir gjort slik at rør- og/eller ringrom-trykk kan overvåkes uten å begrense rørets strømningsdiameter. En ulempe med denne konvensjonelle målekonstruksjonen er imidlertid at hvis en måleanordning skulle svikte eller drive ut av kalibrering og kreve utskifting, må hele rørstrengen trekkes opp for å hente og erstatte måleanordningen. I samsvar med foreliggende oppfinnelse er en forbedret måle- eller sensor-konstruksjon (i forhold til de tidligere kjente permanente måleinstallasjonene) å montere måleanordningen eller sensoren på en slik måte at den kan hentes ved hjelp av en felles kabelanordning gjennom produksjonsrøret uten å begrense strømningsbanen. Dette blir realisert ved å montere måleanordningen i en sidelomme-spindel.

Sidelomme-spindler er blitt brukt i mange år i oljeindustrien for å frembringe et hensiktsmessig middel til å hente opp eller skifte ut tjenesteanordninger som må være i nærheten av bunnen av brønnen eller anbrakt ved en spesiell dybde. Sidelomme-spindler utfører en rekke funksjoner der den mest vanlige er å tillate gass fra ringrommet å kommunisere med olje i produksjonsrøret for å lette det for

forsterket produksjon. En annen populær anvendelse av sidelomme-spindler er den kjemiske injeksjonsventil som tillater kjemikalier pumpet fra overflaten å bli innført ved strategiske dybder for å blande seg med de produserte fluider eller gass. Disse kjemikalier hindrer korrosjon, partikkeloppbygging på innsiden av røret og mange andre funksjoner.

Som nevnt ovenfor har permanent monterte trykkmålere tradisjonelt blitt montert i røret som i virkeligheten gjør dem til en del av røret. Ved å benytte en sidelomme-spindel kan imidlertid en trykkmåler eller en annen sensor bli installert i lommen for å gjøre det mulig å hente den opp når det er nødvendig. Denne nye monteringsmetoden for en trykkmåler eller en annen nedhulls sensor er vist på figurene 8 og 8A. På figur 8 er det vist en sidelomme-spindel (maken til sidelomme-spindelen 282 på figur 14) ved 86, og den omfatter en primær gjennom boring 88 og en lateralt anbrakt sidelomme 90. Spindelen 86 er gjengeforbundet med produksjonsrøret ved å bruke en gjengeforbindelse 92. Anordnet i sidelommen 90 er en sensor 94 som kan omfatte enhver egnet transduser for måling av strømning, trykk, temperatur eller lignende. I utførelsesformen på figur 8 er det skissert en trykk/temperatur-transduser 94 (modell 225A eller 2250A som er kommersielt tilgjengelig fra Panex Corporation i Houston, Texas). Skissert som innført i sidelommen 90 gjennom en åpning 96 i den øvre overflate (for eksempel skulderen) 94 til sidelommen 90 (se figur 8A).

Informasjon utledet fra sensoren 94 nede i bet, kan sendes til en nedhulls elektronikkmodul 22 som diskutert detaljert ovenfor, og kan overføres (ved hjelp av kabler eller trådløst) direkte til et overflatesystem 24. På figurene 8 og 8A blir en ledningskabel 94 brukt til overføring. Fortrinnsvis omfatter kabelen 98 en rørformet omhyllt leder eller TEC tilgjengelig fra Baker Oil Tools, Houston, Texas. TEC omfatter en sentral leder eller ledere innkapslet i rustfritt stål eller en annen stålkappe med eller ute epoxyfylling. En olje eller et annet pneumatisk eller hydraulisk fluid fyller det ringformede området mellom stålkappen og den sentrale leder eller de sentrale ledere. Det blir således oppnådd en hydraulisk eller pneumatisk styrelinje som inneholder en elektrisk leder. Styrelinjen kan brukes til å transportere pneumatisk trykk eller fluidtrykk over lange avstander med den elektrisk isolerte tråd eller tråder benyttet til å transportere et elektrisk signal (kraft og/eller data) til eller fra et instrument, en trykkavlesningsanordning, en bryterkon-

takt, en motor eller en annen elektrisk anordning. Alternativt kan kabelen være sammensatt av en omsluttet ledningstråd med senter-Y-rør som også er tilgjengelig fra Baker Oil Tools. Denne sistnevnte kabelen omfatter en eller flere sentraliserte ledere innhyllet i en Y-formet isolasjon, hvor det hele videre er innkapslet i en epoxyfylt stålkappe. Man vil forstå at TEC-kabelen må være forbundet med en trykkforseglet gjennomtrengningsanordning for å foreta signaloverføring med måleanordningen 94. Forskjellige metoder innbefattet mekanisk (for eksempel ledende), kapazitiv, induktiv eller optiske metoder er tilgjengelige for å utføre denne koplingen av måleanordningen 94 og kabelen 92. En foretrukket fremgangsmåte som antas mest pålitelig og som mest sannsynlig vil overleve de ugunstige miljøer nede i et borehull, er en kjent induktiv kopler 99.

Overføring av elektroniske signaler ved hjelp av induksjonen har vært i bruk i mange år, mest vanlig ved hjelp av transformatorer. Transformatorer blir også referert til som induktorer og utgjør et middel for overføring av elektrisk strøm uten en fysisk forbindelse med terminalanordningene. Tilstrekkelig elektrisk strøm som flyter gjennom en trådspole, kan indusere en lignende strøm i en annen spole hvis den er meget nær den første. Ulempen ved denne type overføring er at effektiviteten er lav. Et krafttap finner sted fordi det ikke er noen fysisk kontakt mellom ledere; bare virkningen av et magnetfelt i kildespole som driver en elektrisk strøm i den annen. For å oppnå kommunikasjon gjennom den induktive anordning 99, må vekselstrøm benyttes for å skape arbeidsspenningen. Vekselstrømmen blir så likerettet eller endret til likestrøm for å energisere de elektroniske komponentene.

Meget lik den induktive kopler eller transformormetoden for signaloverføring finnes det et meget likt prinsipp som er kjent som "kapasitive koplere". Disse kapasitans-anordningene utnytter det axiom at når to ledere eller poler som er nær hverandre, blir ladet med spenninger eller potensialdifferanser av motsatt polaritet, kan en strøm bringes til å flyte gjennom kretsen ved å påvirke en av polene til å bli mer positiv eller mer negativ i forhold til den andre polen. Når prosessen blir gjentatt flere ganger i sekundet, etableres det en frekvens. Når frekvensen er høy nok (flere tusen ganger pr sekund), blir det generert en spenning "over" de to polene. Tilstrekkelig spenning kan skapes til å gi nok kraft til mikroprosessering og digitale kretser i instrumentene nede i hullet. Når den først er energisert, kan anordningen nede i borehullet sende radiometriske, digitale eller tidsdelte frek-

venstog som kan være modulert på den genererte spenning og tolket ved hjelp av avlesningsanordningen på overflaten. En kommunikasjon blir således opprettet mellom en anordning nede i hullet og overflaten, som med induktive anordninger, kan kapasitive anordninger lide av ledningstap gjennom lange kabellengder hvis

5 kommunikasjonsfrekvensen er for høy til å få signalet til å bli dempet av selve kabelens iboende kapasitans. Som med de induktive anordninger må igjen kapasitive anordninger benytte vekselstrømsmetoden for overføring med likeretting til likestrøm for å energisere elektronikken.

Ved å sende stråler av lys gjennom en glassfibernikkel, kan elektroniske anordninger også kommunisere med hverandre ved å bruke en lysstråle som en

10 leder, i motsetning til en fast metall-leder i en konvensjonell kabel. Dataoverføring blir utført ved å pulse lysstrålen ved kilden (overflateinstrumentet som er mottatt av en endeanordning (nedhulls instrument) som overfører pulsene og omformer dem til elektroniske signaler.

Konduktiv eller mekanisk kopling er ganske enkelt å foreta en direkte fysisk forbindelse av en leder med en annen. I sidelomme-spindelen 86 er en leder til stede i lommen 90, trykktettet hvor den trenger inn i sidelomme-legemet og tilpasset en ytre anordning for å sende signalet til overflaten (dvs. ledningskabelen, den trådløse senderen/mottakeren eller en annen anordning). Den ledningsførte kopleren kan eksistere i enhver form som er ledende for riktig elektronisk signaloverføring samtidig som den ikke ødelegger trykktetningen til apparatet. Kopleren må

20 også kunne overleve eksponeringen for det harde miljøet nede i borehullet mens den ikke er tilkople, slik tilfellet vil være når et instrument 94 ikke er installert i lommen 90.

Den foretrukne induktive kopler 99 er forbundet med TSE-kabelen 98 ved å bruke en trykktettet forbindelse 95.

Med måleanordningen eller en annen sensor 90 som befinner seg inne i og er eksponert for innerdiameteren av røret 88, og hvor kabelen 98 er utenfor spindel

30 elen 86, men eksponert for ringrom-omgivelsene, må koplingsanordningen 95 trenge gjennom lommen 90 for å tillate måleanordningen 94 og kabelen 98 å bli satt sammen. På grunn av trykkdifferanser mellom rørets indre diameter og ringrommet, tilveiebringer lederen 95 også en trykktetning for å hindre kommunikasjon mellom spindelen og ringrommet.

En elektronisk overvåkningsanordning 94 som er "landet" i sidelommen 90 i spindelen 86, omfatter en låsemekanisme 101 for å holde sensoren 94 på plass når trykk blir utøvet på den enten fra det indre av spindelen eller ringromsiden. Denne låsemekanismen 101 utgjør også et middel til opplåsing slik at anordningen kan hentes opp. Det finnes flere fremgangsmåter til å utføre denne låsingen, slik som å bruke spesielle profiler i lommen 90 som er innrettet med fjærbelastede knaster (ikke vist) på sensoranordningen 94. Straks de er innrettet, vil fjærene tvinge låseknastene ut for å møte profilen til lommen 90 og tilveiebringe en hake, meget lik tilholderne i en vanlig nøkkeloperert husholdningslås. Denne låsevirkningen forhindrer at sensorapparatet 94 blir brakt ut fra sin posisjon. Dette er viktig siden enhver bevegelse opp eller ned kunne forårsake feilinnretting og påvirke integriteten til den elektroniske koplingsanordningen 99 som sensorapparat 94 nå er innsatt i.

Låsemekanismen 101 må være tilstrekkelig robust til å kunne motstå flere innsetts- og opphentings-operasjoner uten å ødelegge integriteten til låse- og frigjøringssegenskapene til sensorapparatet 94.

Som nevnt må trykkintegriteten opprettholdes for å holde spindelen isolert fra ringrommet. Når sensorapparatet 94 blir innsatt i lommen 90, bør det aktivere eller deaktivere trykketnings-anordningen 95 for å eksponere avfølingsdelen av sensorapparatet 94 for enten spindelen eller ringrommet. Når sensorapparatet 94 blir hentet opp fra lommen 90, må det likeledes også tette for enhver trykkåpning som ble åpnet under innsettsprosedyren.

Trykkåpningsmekanismen er i stand til å kunne åpnes selektivt til enten ringrommet eller spindelen. Velgeranordningen kan være, men er ikke begrenset til, en spesiell profil maskinert til det ytre hus av sensorapparatet 94 kombinert med forskjellige konfigurasjoner av låse/aktiverings-knaster for å: åpne en glidehylse, stikke inn i en utpekt trykkåpning, forskyve et stempel eller enhver lignende konfigurasjon av trykkåpnings-åpning eller lukking. Når den valgte åpning først er aktivert, må en positiv tetning opprettholdes på den ikke-valgte åpning for å hindre lekkasje eller avføring av en uønsket tilstand (trykk, strømning, vannkutt, osv.) mens den er i den ikke tilkoblede tilstand slik tilfellet ville være når et instrument ikke var installert i lommen.

Det vises til figur 9 hvor et undergrunns sikkerhets-ventilposisjonerings- og trykkovervåknings-system er vist generelt ved 100. Systemet 100 innbefatter et ventilhus 102 som rommer en nedhulls ventil slik som en lukkeventil 104. For forskjellige trykk- og posisjons-parametere ved lukkeventilen 104 blir bestemt, og gjennom vekselvirkningen med fem sensorer som fortrinnsvis er forbundet med en enkelt elektrisk enleder eller flerleder-linje (for eksempel den foran nevnte TEC-kabel). Disse fem sensorene overvåker de kritiske trykk og ventilposisjoner i forhold til en trygg, pålitelig fjernstyrt sikkerhetsventil på overflaten. Sensorene nede i hullet innbefatter fire trykksensorer 106, 108, 110 og 112 og en nærhetssensor 114. Trykksensoren eller transduseren 106 er anbrakt for å avføle rørtrykk oppstrøms for stengeventilen 104. Trykktransduseren 108 er anbrakt for å avføle det hydrauliske styrelinje-trykk fra den hydrauliske styrelinjen 116. Trykktransduseren 110 er posisjonert for å avføle ringromstrykket ved en gitt dybde, mens trykktransduseren 112 er posisjonert for å avføle rørtrykket nedstrøms for ventilen 104. Nærhetssensoren 114 er anbrakt utenfor ventilen eller lukkeorganet 104 og virker til å frembringe bekreftelse på ventilens 104 posisjon. Kodede signaler fra hver av sensorene 106 til 114 blir matet tilbake til overflatesystemet 24 eller til en nedhulls modul 22 gjennom en kraftforsynings/data-kabel 118 som er forbundet med overflatesystemet 24 eller nedhulls-modulen 22. Alternativt kan de kodede signaler overføres ved hjelp av en trådløs overføringsmekanisme. Fortrinnsvis omfatter kabelen 118 en røromkapslet enkelt- eller flerleder-linje (for eksempel den foran nevnte TEC-kabel) som løper utenfor rørstrømmen nede i hullet og tjener som en databane mellom sensorene og styresystemet på overflaten.

En nedhulls modul 22 kan automatisk eller ved styresignaler sendt fra overflaten, aktivere en nedhulls styreanordning for å åpne eller lukke ventilen 104 basert på innmatning fra sensorene 106 til 114 nede i hullet.

Det foregående ventilposisjons- og trykkovervåknings-systemet nede i hullet frembringer mange trekk for fordeler i forhold til tidligere kjente anordninger. For eksempel tilveiebringer foreliggende oppfinnelse et middel for absolutt fjernbekreftelse av ventilposisjon nede i borehullet. Dette er av avgjørende viktighet for pålitelige operasjoner gjennom rør med kabel eller andre transportanordninger, og er også viktig for nøyaktig diagnose av feil ved ventilsystemer. I tillegg tilveiebringer bruken av ventilposisjons- og trykkovervåknings-systemet ifølge oppfinnelsen

en sann tids bekreftelse på overflaten av riktige trykkforhold for sviktsikker drift i alle modi. Dette systemet gir også et middel til å bestemme endringer i tilstander nede i hullet som kunne gjøre sikkerhetssystemet inoperativt under ugunstige forhold eller katastrofeforhold, og foreliggende oppfinnelse gir et middel for bekreftelse av korrekt ventilutligning før gjenåpning etter lukning av ventilen nede i borehullet.

Det vises nå til figur 10 hvor en mikroprosessor-basert anordning for overvåkning av trykk i forbindelse med oppblåsing av apparater nede i et borehull, er presentert. Denne mikroprosessor-baserte anordning kan aktiveres enten automatisk av styremodulen 22 nede i borehullet eller styremodulen 22 nede i borehullet kan aktivere den foreliggende anordning via et overflatesignal som blir sendt ned gjennom hullet fra overflatesystemet 24. På figur 10 er det oppblåsbare element (slik som en pakning) vist ved 124, og er montert i en passende spindel 126.

I forbindelse med det oppblåsbare element 124 er et ventilhus 128 som omfatter en aksial åpning 130 med en første diameter og et koaksialt hulrom 132 med en annen diameter som er større enn den første diameter. Inne i ventilhuset 128 er også en motor 134 som aktiverer passende giring 136 for å tilveiebringe lineær translasjon til en aksel 138 med en stempellignende ventil 141 montert på en ende. Som vist ved pilene på figur 10, aktiverer motoren 130 giringen 136 for å bevege stempelet 140 mellom en lukket eller stengeposisjon hvor stempelet 140 befinner seg fullstendig i den aksiale åpning 130, og en åpen stilling hvor stempelet 140 befinner seg inne i det sentrale hulrom 132. Den aksiale åpning 130 ender i det indre av ventilhuset 128 ved en oppblåsings-åpning 142 gjennom hvilken fluid fra en fluidkilde 104 kommer inn i og ut fra det indre av ventilhuset 128.

I henhold til et viktig trekk ved foreliggende oppfinnelse er oppblåsings/utømmings-anordningen 124 fjernstyrt og/eller fjemovervåket ved bruk av et antall sensorer i forbindelse med en mikroprosessor-basert styreanordning 146. Selvsagt er styreanordningen 146 analog med modulene 22 nede i hullet som er diskutert mer detaljert ovenfor i forbindelse med for eksempel figuren 6 og 7. I en foretrukket utførelsesform kommuniserer et par trykktransdusere med den mikroprosessorbaserte styreanordning 146. En trykktransduser er vist ved 148 og befinner seg inne i det indre hulrom 132 av ventilhuset 128. Den annen trykktransduser er vist ved 150 og befinner seg i oppblåsingsåpningen 142. I tillegg er et

par samvirkende nærhetssensorer 152 og 154 anordnet mellom ventilhuset 128 og spindelen 126. Fortrinnsvis blir både kraft og data levert til styreanordningen 146 gjennom en passende kabel 156 via en trykkfitting 158. Denne kabelen er fortrinnsvis den TEC-kabelen som er beskrevet ovenfor. Kraft kan også leveres
5 av batterier eller lignende, og data kan overføres ved å bruke trådløse metoder.

Man vil forstå at tetningsanordningen ifølge denne oppfinnelse funksjonerer som en ventil og tjener til positivt å åpne og stenge passasjen for oppblåsningsfluid for derved å tillate bevegelse av oppblåsningsfluid fra fluidkilden 144 til tetningselementet 124. Den spesielle utførelsesform som er beskrevet på figur 10,
10 opereres ventilen 140 ved aksial forskyvning av tetningselementet 124 mellom de to diametriske boringene i fluidpassasjen ved hjelp av motor-giringsmekanismen 134/136, som i sin helhet blir drevet av den derværende mikroprosessor 146. Ventilen 140 har to funksjonelle posisjoner, dvs. åpen og lukket. Selvsagt kunne ventilen funksjonere på alternative måter slik som en magnetventil. Den elektro-
15 niske styreanordningen 146 tjener til å integrere trykkinnmatningene fra trykktransduserne 148 og 150 og nærhetsinnmatningene fra nærhetssensorene 152 og 154 sammen med data/styre-banen 156 for på korrekt måte å drive styreventil-mekanismen under oppblåsing av apparatet. Deretter tjener sensorene 148, 150, 152 og 154 til å sikre trykkintegritet og andre funksjoner ved apparatposisjonen.

20 Den fjernstyrte oppblåsnings/uttømmings-anordningen ifølge foreliggende oppfinnelse oppviser mange trekk og fordeler. For eksempel eliminerer foreliggende oppfinnelse den nåværende vanlige industrikonstruksjon for trykkaktiverte skjærmekanismer som er utsatt for store variasjoner i aktiveringstrykk og for tidlig oppblåsing. Foreliggende oppfinnelse gir en direkte styrbar mekanisme for innledning av nedhulls apparatoppblåsing, og gjennom den unike selvrensende oppblåsnings-styreventilkonstruksjon som er vist på figur 18, fjernes nåværende konstruksjonsformer som er utsatt for tilsmussing i oppblåsningsfluidet. I tillegg muliggjør foreliggende oppfinnelse direkte styring av lukkingen av oppblåsningsventilen, men de tidligere kjente fjærbelastede og trykkaktiverede konstruksjoner resulterte i trykk-
30 tap under operasjon og upålitelig positiv tetningsvirkning. Bruken av en motordrevet, mekanisk oppblåst styreventil utgjør også et viktig trekk ved foreliggende oppfinnelse. Nok et annet trekk ved oppfinnelsen er bruken av elektroniske nærhetssensorer i forhold til oppblåsbare apparater for å sikre korrekt posisjonering av

selektive oppblåsbare apparater. Høy vinkel/horisontal orientering av oppblåsbare apparater krever transport av oppblåsingsverktøy via spolerør som er utsatt for betydelig forsinkelse. I motsetning til foreliggende oppfinnelse har teknikkens stand vært begrenset til å posisjonere oppblåsingsverktøy ved hjelp av anordninger av

5 patrontypen eller trykkopererte anordninger, som begge var meget upålitelige under disse forhold. Bruken av en mikroprosessor i forbindelse med et oppblåsbart nedhulls apparat og bruken av et mikroprosessorbasert system for å tilveiebringe både oppblåsing og uttømming for å styre apparatene nede i borehullet, utgjør også viktige trekk ved oppfinnelsen. Foreliggende oppfinnelse muliggjør såle-

10 des flere tilbakestillbare operasjoner i tilfelle hvor prosedyrer kan kreve dette, eller i tilfelle av opprinnelig uriktig posisjonering av apparater i et borehull. Endelig tilveiebringer foreliggende oppfinnelse et kontinuerlig elektronisk trykkovervåkings-system for å tilveiebringe positiv, sanntids borehull- og/eller sone-isolasjon nede i borehullet.

15 Det vises nå til figurene 11A og 11B hvor et fjernstyrt apparatanslag i samsvar med foreliggende oppfinnelse er vist generelt ved 160. I den viste utførelsesform innbefatter det fjernaktiverte apparatanslag en sidelomme-spindel 162 med en primær boring 164 og en sideboring 166. Et apparatanslag 168 er svingbart montert på en gjenget aksel 170 med akselen 170 tett ved hjelp av en tetning

20 172 for å hindre strømming av fluid eller andre urenheter inn i sideboringen 166. Den gjengede akselen 170 er forbundet med en holdeanordning 174 som igjen er forbundet med en passende giring 176 og en motor 178. Selv om motoren 178 kan være drevet av en rekke kjente anordninger, blir det fortrinnsvis brukt en induktiv kopler 180 av den type som er beskrevet ovenfor til å energisere motoren

25 gjennom en rørkapslet leder eller TEC 192 som beskrevet ovenfor. Legg merke til at trykkavlastnings-åpningen 184 er anordnet mellom sideboringen 166 og primærboringen 164.

Det foregående system som er beskrevet på figur 11A, virker til å tilveiebringe en fjernaktivert anordning som positivt begrenser den nedadgående bevegelse av ethvert apparat som brukes i borehullet. En primær anvendelse av apparatanslaget innbefatter bruk som en posisjoneringsanordning meget nær (dvs.

30 under) et apparat, for eksempel sidelomme-spindelen 162. Systemet ifølge oppfinnelsen kan også brukes med andre anordninger som det er vanskelig å an-

bringe i høyvinklede eller horisontale borehull. Når aktivert som vist på figur 11A, kan operatøren på overflaten på denne måten fortsette nedover med en arbeidsstreng inntil det dannes kontakt med apparatanslaget 168. Apparatene og/eller arbeidsstrengen som leveres ned gjennom borehullet, kan så trekkes tilbake opp

5 en kjent avstand for derved å sikre riktig posisjonering for å utføre den tilsiktede funksjon i det hulrom som var målet. En alternativ funksjon ville være som en generell sikkerhetsanordning, posisjonert nær bunnen av rørstrengen i borehullet. Apparatanslagssystemet ifølge oppfinnelsen ville så bli aktivert hver gang kabel- eller rør-operasjoner blir utført over og inne i borehullet. I det tilfellet at arbeids-

10 strengen eller individuelle apparater utilsiktet blir sluppet, sikrer apparatanslaget ifølge oppfinnelsen at de ikke tapes ned i hullet, og den sørger for lett opphenting ved dybden for apparatanslaget. Etter at operasjoner gjennom røret er ferdig, blir apparatanslag-systemet ifølge oppfinnelsen deaktivert/tilbaketrukket som vist på figur 11 B for å tilveiebringe en uhindret rørboring 164 for normal brønnproduksjon

15 eller injeksjon. Man vil forstå at under bruk vil motoren 178 aktivere giringen 176 som igjen vil dreie den gjengede akselen 170 for å heve apparatanslaget 168 til den posisjon som er vist på figur 11A eller senke (deaktivere eller trekke tilbake) apparatanslaget 168 til den tilbaketrukne posisjon som er vist på figur 11B. Motoren vil bli digitalt styrt ved hjelp av en elektronisk styremodul 22 anordnet i den in-

20 duktive koplekseksjon 180. Styremodulen 22 kan enten aktiveres ved hjelp av et overflatestyresignal eller et eksternt styresignal, eller kan aktiveres automatisk nede i borehullet basert på forprogrammerte instruksjoner som beskrevet ovenfor under henvisning til figur 7.

Det fjernaktiverte apparatanslaget ifølge foreliggende oppfinnelse gir

25 mange fordeler, innbefattet et middel for selektiv overflateaktivering av en nedhulls anordning for å forhindre tap av verktøy; et middel for selektiv overflateaktivering av en nedhulls anordning for å tilveiebringe positiv apparatposisjonering nede i hullet og som et middel til å forhindre utilsiktet slagskade på sensitive apparater nede i hullet, slik som undergrunns sikkerhetsventiler og oppblåsbare rørpluggere.

30 Det vises nå til figur 12 hvor et fjernstyrt fluid/gass-styresystem er vist, og som omfatter en sidelomme-spindel 190 med en primær boring 192 og en sideboring 194. Anbrakt inne i sideboringen 194 er en fjernbar strømningsstyreanordning i samsvar med foreliggende oppfinnelse. Denne strømningsstyreanordning

gen innbefatter en låseanordning 196 som er festet til en teleskopisk seksjon 198, fulgt av en gassregulator-seksjon 200, en fluidregulatorseksjon 202, en girseksjon 204 og en motor 206. Forbundet med motoren 206 er en elektronisk styremodul 208. Tre adskilte tetningsseksjoner 210, 212 og 214 tilbakeholder strømningsstyreanordningen inne i sideboringen eller sidelommen 194. Ved aktivering ved hjelp av elektronikkmodulen 208 blir styresignaler sendt til motoren 206 som igjen aktiverer gir 204 og beveger gassregulator-seksjonen 200 og fluidregulator-seksjonen 202 på lineær måte opp eller ned i sidelommen 194. Denne lineære bevegelse vil anbringe enten gassregulatorseksjonen 200 eller fluidregulatorseksjonen 202 på hver side av en innløpsåpning 216.

Fortrinnsvis blir den elektroniske styremodulen 208 energisert og/eller data-signaler blir sendt til denne via en induktiv kopler 218 som er forbundet via en passende elektrisk trykkfitting 220 til TEC-kabelen 192 av den type som er beskrevet ovenfor. En trykktransduser 224 avføler trykket i sidelommen 194 og kommuniserer det avføyte trykk til den elektroniske styremodulen 208 (som er analog med modulen 22). En trykkavlastningsåpning er anordnet i sidelommen 194 i det området som omgir elektronikkmodulen 208.

Strømningsstyreanordningen som er vist på figur 12, sørger for regulering av væske- og/eller gass-strømning fra borehullet til røret/foringsringrommet eller omvendt. Strømningskontroll blir utøvet ved separat fluid- og gass-strømningsregulator-systemer inne i anordningen. Kodede data/styresignaler blir levert enten eksternt fra overflaten eller undergrunns via en datastyrebane 222 og/eller internt via vekselvirkningen mellom trykksensorene 224 (som er anordnet enten oppstrøms eller nedstrøms i rørledningen og i ringrommet) og/eller passende sensorer sammen med mikroprosessen 208 på en måte som er beskrevet ovenfor under henvisning til figurene 6 og 7.

Strømningsstyre-anordningen ifølge oppfinnelsen sørger for to unike og distinkte delsystemer, en respektiv fluid- og gass-strømningsregulering. Disse delsystemene er trykk/fluid-isolerte og befinner seg i strømningsstyreanordningen. Hvert av systemene er konstruert for de spesifikke respektive behov for strømningsstyring og skadebestandighet, som begge er unikt forskjellige for de to styremediene. Aksial tilbaketrekking av de to delsystemene ved hjelp av motoren 206 og giranordningen 204 samt den teleskopiske seksjonen 19, tillater posisjonering

av de riktige fluid- eller gass-strømningsdelsystemer i forbindelse med den enkelte fluid/gass-passasje inn i og ut av sidelomme-spindelen 190 som tjener som monterings/styre-plattform for ventilsystemet nede i hullet. Både fluid- og gass-strømningsdelsystemene muliggjør faste eller regulerbare strømningshastighets-

5 mekanismer.

De eksterne avfølings- og styresignal-innganger blir levert i en foretrukket utførelsesform via den innkapslede, isolerte en- eller flerledertråd 222 som er elektrisk forbundet med det induktive koplerysystemet 218 (eller alternativt til en mekanisk, kapasitiv eller optisk kontakt), hvis to halvdelar er montert i den nedre

10 del av sidelommen 194 i spindelen 190, og den nedre del av en reguleringsventil-anordning, respektive. Interne innganger blir levert fra sidelommen 194 og/eller strømningsstyre-anordningen. Alle signalinnganger (både eksterne og interne) blir levert til den på kortet datamaskinbaserte styreanordning 208 for all behandling og fordelt styring. I tillegg til behandling av innganger fra andre steder enn kortet, ut-

15 gjør en evne til lagring og manipulering på kortet av kodede elektroniske driftsmodeller i en anvendelse av foreliggende oppfinnelse som sørger for autonom optimalisering av mange parametere, innbefattet forsyningsgass-utnyttelse, fluidproduksjon, strømning fra ringrom til rør og lignende.

Det fjernstyrte fluid/gass-styresystemet ifølge oppfinnelsen eliminerer tidlige

20 ere kjente konstruksjoner for gassløftende ventiler som tvinger fluidstrømning gjennom gassregulatorsystemer. Dette resulterer i forlenget levetid og eliminerer for tidlige feil som skyldes fluidstrømning fra gassreguleringssystemet. Nok et annet trekk ved oppfinnelsen er evnen til å frembringe separat regulerbar strømnings-hastighetskontroll av både gass og væske i den ene ventilen. Også fjernaktivering, fjernstyring og/eller fjernregulering av strømningsregulatoren nede i bore-

25 hullet er tilveiebrakt ved hjelp av oppfinnelsen. Nok et annet trekk ved oppfinnelsen er den valgte realisering av to anordninger inne i en sidelomme-spindel ved aksial manipulering/forskyvning som beskrevet ovenfor. Nok et annet trekk ved oppfinnelsen er bruken av en motordrevet, induktivt kopledd anordning i en sidelomme.

30 Anordningen ifølge oppfinnelsen reduserer den totale mengde sirkulerende anordninger i en gassløftende brønn ved å forlenge levetiden til sirkulerende mekanismer. Som nevnt er bruken av en mikroprosessor 208 i forbindelse med

en nedhulls gassløfte/regulerings-anordning såvel som bruken av en mikroprosessor i forbindelse med et nedhulls styresystem for væskestrømning et viktig trekk ved oppfinnelsen.

Det vises nå til figur 13 hvor en fjernstyrt nedhulls anordning er vist som

5 sørger for aktivering av en variabel nedhulls strupeanordning og positivt forsegler borehullet over fra brønntrykk nedenfra. Denne variable strupeanordning og stengeventilsystemet er utsatt for aktivering fra overflaten, automatisk eller i vekselvirkning med andre intelligente nedhulls apparater som reaksjon på endring av tilstander nede i hullet uten behov for fysisk gjeninnføring av borehullet for å posisjonere en stengeanordning. Dette systemet kan også styres automatisk nede i

10 hullet som diskutert i forbindelse med figurene 6 og 7. Som forklart i det etterfølgende inneholder dette systemet trykksensorer oppstrøms og nedstrøms for strupe/ventil-organene og sanntids overvåkning av reaksjonen til brønnen sørger for kontinuerlig regulering av strupekombinasjonen for å oppnå de ønskede trykparameterer i borehullet. Strupeorganene blir aktivert selektivt og sekvensielt for

15 derved å sørge for kablerstatning av strupeåpninger om nødvendig.

Det vises til figur 13 hvor den variable strupe- og stenge-ventil ifølge oppfinnelsen omfatter et hus 230 med en aksial åpning 232. Inne i den aksiale åpning 232 er en rekke (i dette tilfellet to) kuleventil-strupere 234 og 236 som er i stand til

20 å bli aktivert for å tilveiebringe sekvensielt mindre åpninger; for eksempel er åpningen i kuleventil-struperen 234 mindre enn den forholdsvis store åpningen i kuleventil-struperen 236. En stengeventil 238 kan lukkes fullstendig for å tilveiebringe en fullstendig strømningsposisjon gjennom den aksiale åpning 232. Hver kuleventil-strupe 234 og 236 og stengeventilen 238 er løsbart festet til et inngrepsgir 240,

25 242 og 244. Disse inngrepsgirene er festet til en gjenget drivaksel 246, og drivakselen 246 er festet til en passende motorgiring 248 som igjen er festet til en skrittmotor 250. En datamaskinbasert elektronisk styreanordning 252 frembringer aktiveringsstyresignaler til skrittmotoren 250. Styreanordningen 252 nede i hullet kommuniserer med et par trykktransdusere, hvor en transduser 254 er anordnet

30 oppstrøms for kuleventil-struperne og en annen trykktransduser 256 er anordnet nedstrøms for kuleventil-struperne. Mikroprosessor-styreanordningen 252 kan kommunisere med overflaten enten ved hjelp av trådløse anordninger av den type

som er beskrevet detaljert ovenfor, eller som vist på figur 13 ved hjelp av en ledningsanordning slik som den kraft/data-forsyningskabelen 258 som fortrinnsvis er av den ovenfor beskrevne TEC-type.

Som vist på figur 13 er kuleventil-struperne anordnet i en stablet form inne i systemet, og blir sekvensielt aktivert ved hjelp av styrerotasjons-mekanismen til skrittmotoren, motorgiret og den gjengede drivakselen. Hver kuleventil-strupe er utformet for å ha to funksjonsmessige posisjoner, en "åpen" posisjon med en fullstendig åpen boring, og en "aktivert" posisjon hvor strupeboringen eller lukkeventilen er innført i borehullsaksen. Hvert organ roterer 90° ved å svinge omkring sin respektive midtakse inn i hver av de to funksjonelle posisjoner. Rotasjon av hvert av organene blir utført ved aktivering av skrittmotoren som aktiverer motorgiringen som igjen driver den gjengede drivakselen 246 slik at inngrepsgirene 240, 242 eller 244 vil komme i inngrep med en respektiv kuleventil-strupe 234 eller 236 eller stengeventilen 238. Aktivering av den elektroniske styreanordningen 252 kan delvis være basert på avlesninger fra trykktransdusere 254 og 256 eller ved hjelp av et styresignal fra overflaten.

Det variable strupe- og stengeventil-systemet ifølge foreliggende oppfinnelse tilveiebringer viktige trekk og fordeler innbefattet en ny anordning for selektiv aktivering av en nedhulls regulerbar strupe såvel som et nytt middel til installasjon av flere, fjærnt eller interaktivt styrte nedhulls strupere og stengeventiler for å tilveiebringe avstemt/optimalisert borehullsytelse.

I en alternativ konstruksjon av oppfinnelsen som i det foregående er beskrevet og referert til figurene 15A-D, er en sidelomme 290 orientert opp ned i forhold til den konvensjonelle sidelomme. Istedenfor å orientere sidelomme-åpningen 296 nedhulls, er sidelomme-åpningen 296 med andre ord opp i hullet for derved å la sidelomme-strukturen strekke seg ned gjennom hullet istedenfor opp gjennom hullet. Dette letter problemet med slamoppsamling i sidelommen. Som en fagmann på området vil forstå blir det i en normalt orientert (oppadrettet) sidelomme skapt en kopp som tillater slam som føres med produksjonsfluidet, å avsette seg i lommen. Dette kan forstyrre virkemåten til sensorer og ganske sikkert forårsake problemer vedrørende utskifting av sensorer siden slammet straks den opprinnelige sensor blir fjærnet, vil avsette seg i åpningen 96 og således fullstendig eller delvis lukke denne. Med den alternative konstruksjonen blir imidlertid ikke

lommen 296 tilstoppet med slam siden fallende eller avsettende partikler faller ned gjennom produksjonsrøret og ikke blir oppsamlet i lommen 290. Dessuten vil eventuelt slam som skylles inn i lommen 290 settes tilbake i produksjonsrøret via den nedad vinklede funksjon 297 for således å holde lommeåpningen 290 i en
5 åpen tilstand. På grunn av den åpne tilstanden til lommen, blir skifting av sensorer forenklet. I andre henseender er lommen 290 den samme som de andre utførelsesformer diskutert her. Den er i stand til å understøtte alle de samme sensorene i ekvivalente posisjoner (selv om de er opp ned) og gir bare den ytterligere fordel som her er diskutert.

10 I tillegg er sidelommen 290 særlig tilpasset for å motta måleanordningen / den induktive koplere 310 (figur 15C). Måleanordningen / den induktive koplere 310 er i kommersiell form, tilgjengelig fra Panex Corporation, Sugarland, Texas og er beskyttet under US-patent nr 5 457 988 og 5 455 573, idet beskrivelsen til begge disse herved inntas som referanse. Den induktive koplere er sammensatt av
15 en induktiv hunnkopler 348 og en induktiv hannkopler 349.

Som en fagmann på området klart vil forstå ut fra figurene 15A-D, henger sidelommen 290 ned fra hovedboringen 288 i likhet med de tidligere beskrevne utførelsesformer imidlertid orientert opp ned. Sidelommen 290 ifølge oppfinnelsen innbefatter et forholdsvis bredt skulderområde 312 som har en gjennomboring 313
20 innrettet for tettende å motta en kontaktanordning 336 som induktivt, eller alternativt konduktivt, kommuniserer med en sensor eller en måleanordning 318 anordnet inne i sidelommen 290. Sidelommen 290 er avgrenset av skulderområdet 312 og en ytre vegg 330 og en indre vegg 332. Innerveggen 332 strekker seg en kortere avstand enn hele utstrekningen av sidelommen 290 for å frilegge låsen 320 til
25 måleanordningen 318. Låsen 320 tilveiebringer den tredobbelte funksjon med tetting av den nedre ende av sidelommen 290, og sørger for en konstruksjon for å holde sensoren i sidelommen og er også innrettet for inngrep med et fjerningsapparat når sensoren skal skiftes. Tetningen 334 er av typen metall til metall og forhindrer primært borefluid fra å "vaske" sidelommen og sensoren. Dette er fordelaktig fordi det reduserer slitasje av komponentene. Låsen 320 innbefatter knaster
30 322 og 324 som er i en nedsenket posisjon under installering av måleanordningen 318, men strekker seg inn i fordypninger 326 og 328 ved lasting av sensoren på kjent måte. Straks knastene 322, 324 er i inngrep med fordypningene 326 og

328, er sensoren festet i sidelommen. For å fjerne sensoren fra sidelommen, blir et fjerningsapparat (ikke vist) kjørt under sidelommen; deretter blir et overslagsapparat anvendt til å skyve fjerningsapparatet over og inn i sidelommen slik at inn-
5 grep med låsen er mulig; et rykk oppover for å frigjøre knastene og et rykk ned-
over for å trekke tilbake sensoren er alt som er nødvendig. Sensoren kan så be-
veges langs hovedboringen 288 som ønsket. Inneveggen 332 innbefatter også
en åpning 333 for å tillate trykk fra hovedboringen og nå sensoren eller målean-
ordningen 318. Åpningen skaper ikke noen risiko for utvasking, men muliggjør
som kjent for en fagmann på området, avlesning av trykk ved hjelp av sensoren
10 eller måleanordningen. Det er også viktig at sidelommen 290 ifølge oppfinnelsen
blir opprettholdt parallelt i forhold til hovedboringen 288 i motsetning til noen tidlig-
ere kjente sidelomme-spindler hvor sidelommene er anordnet i en vinkel til hoved-
boringen. Arrangementet ifølge foreliggende oppfinnelse gir fordelene med mindre
total diameter enn teknikkens stand. Dette muliggjør innføring i mindre identifi-
15 serte borehull og er således en klar fordel for industrien.

Det er også gunstig at høytrykksfittingsene 338 og 340 av typen metall mot
metall ifølge oppfinnelsen er anordnet, en på overflate-forbindelsesanordningen
336 (338) og en i gjennomboringen 313 (340). Fittingsene med metall mot metall
gir en utmerket høytrykkstetning som har vist seg uhyre pålitelig. Tetningen blir
20 hjulpet av to o-ringer 350 og 351.

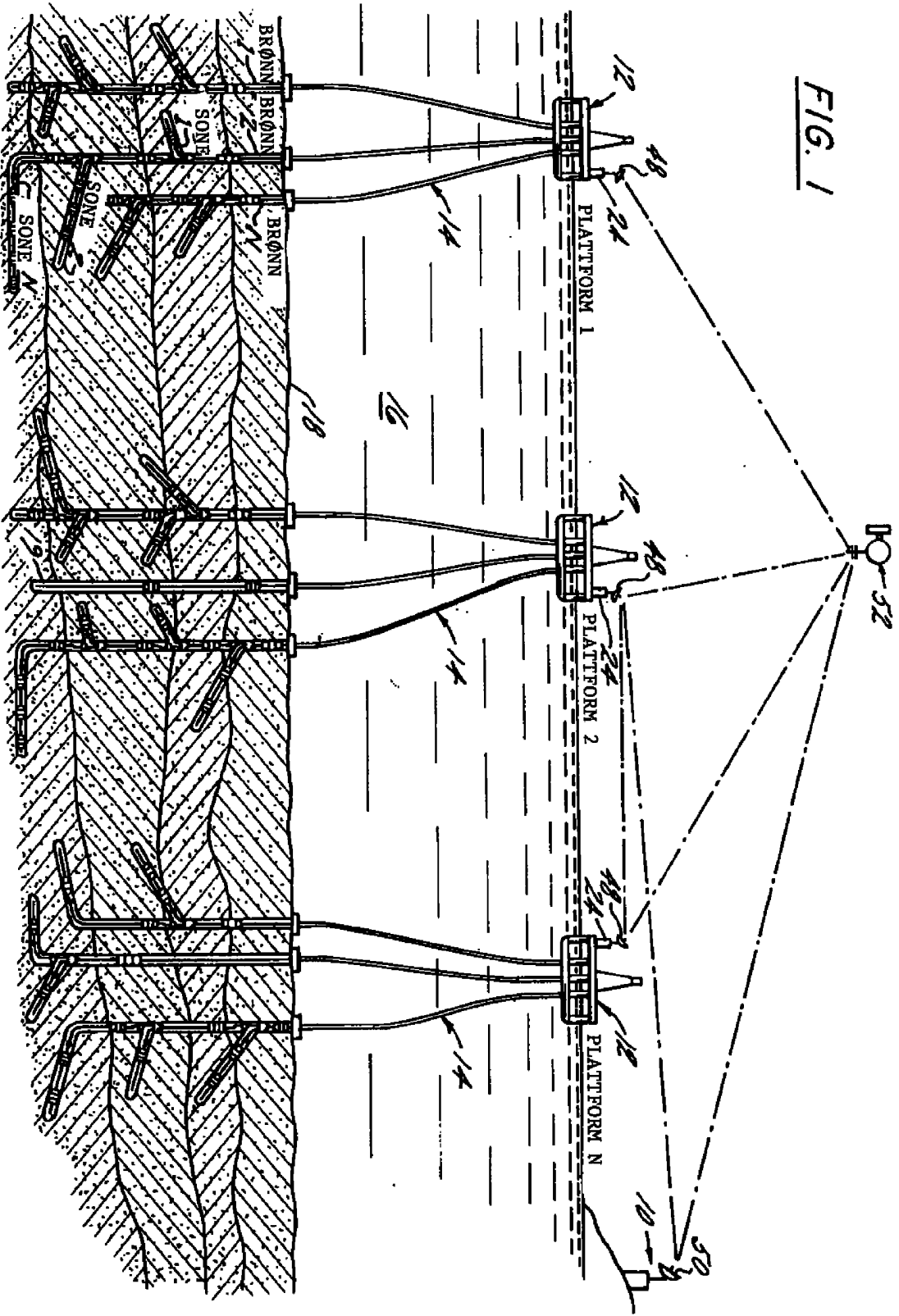
Arrangementet ifølge oppfinnelsen er fordelaktig ikke bare av de grunner
som er diskutert ovenfor, men fordi den muliggjør lett utveksling av overflate-for-
bindelses-anordninger.

Selv om foretrukne utførelsesformer er blitt vist og beskrevet, kan modifika-
25 sjoner og erstatninger foretas uten å avvike fra oppfinnelsens ramme. Følgelig vil
man forstå at foreliggende oppfinnelse er blitt beskrevet som en illustrasjon og
ikke en begrensning.

P A T E N T K R A V

1. Fjernaktivert verktøyanslag (160) for bruk i en petroleumsproduksjons-
5 brønn,
karakterisert ved :
- et hus som innbefatter en hovedboring (164);
 - en aktuator (178) i huset;
 - en aksel (170) som er driftsmessig forbundet med aktuatoren (178);
 - 10 et anslag (168) som er dreibart forbundet med akselen (170) ved hjelp av et
hengslet oppheng, hvor anslaget (168) blokkerer hovedboringen (164) når aktu-
atoren (178) aktiverer akselen (170) for lineær bevegelse i en første retning langs
hovedboringen (164), og der anslaget (168) er fjernet fra å blokkere hovedborin-
gen (164) når aktuatoren aktiverer akselen (170) for lineær bevegelse i en andre,
15 motsatt retning langs hovedboringen (164); og
 - en elektronisk styreanordning (22) som kommuniserer med aktuatoren
(178) for å aktivere denne.
2. Fjernaktivert verktøyanslag i følge krav 1,
20 karakterisert ved at aktuatoren (178) er en motor.
3. Fjernaktivert verktøyanslag i følge krav 1,
karakterisert ved at styreanordningen (22) innbefatter eller kommunise-
rer med organer som er innrettet for å modellere innsignaler og trekke konklusjo-
25 ner angående passende innstillinger av anslaget basert på tidligere innsignaler.

FIG. 1



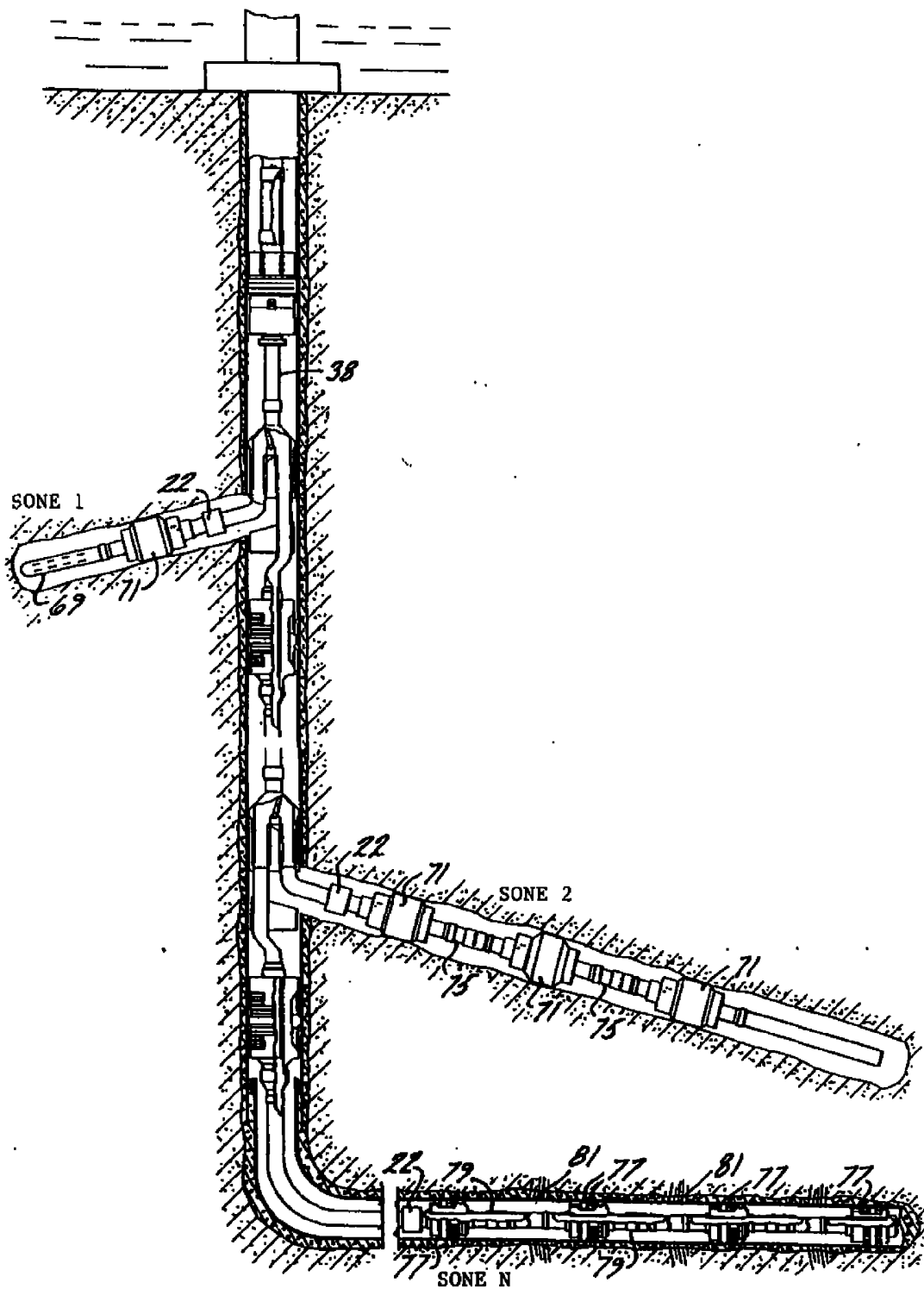


FIG. 2

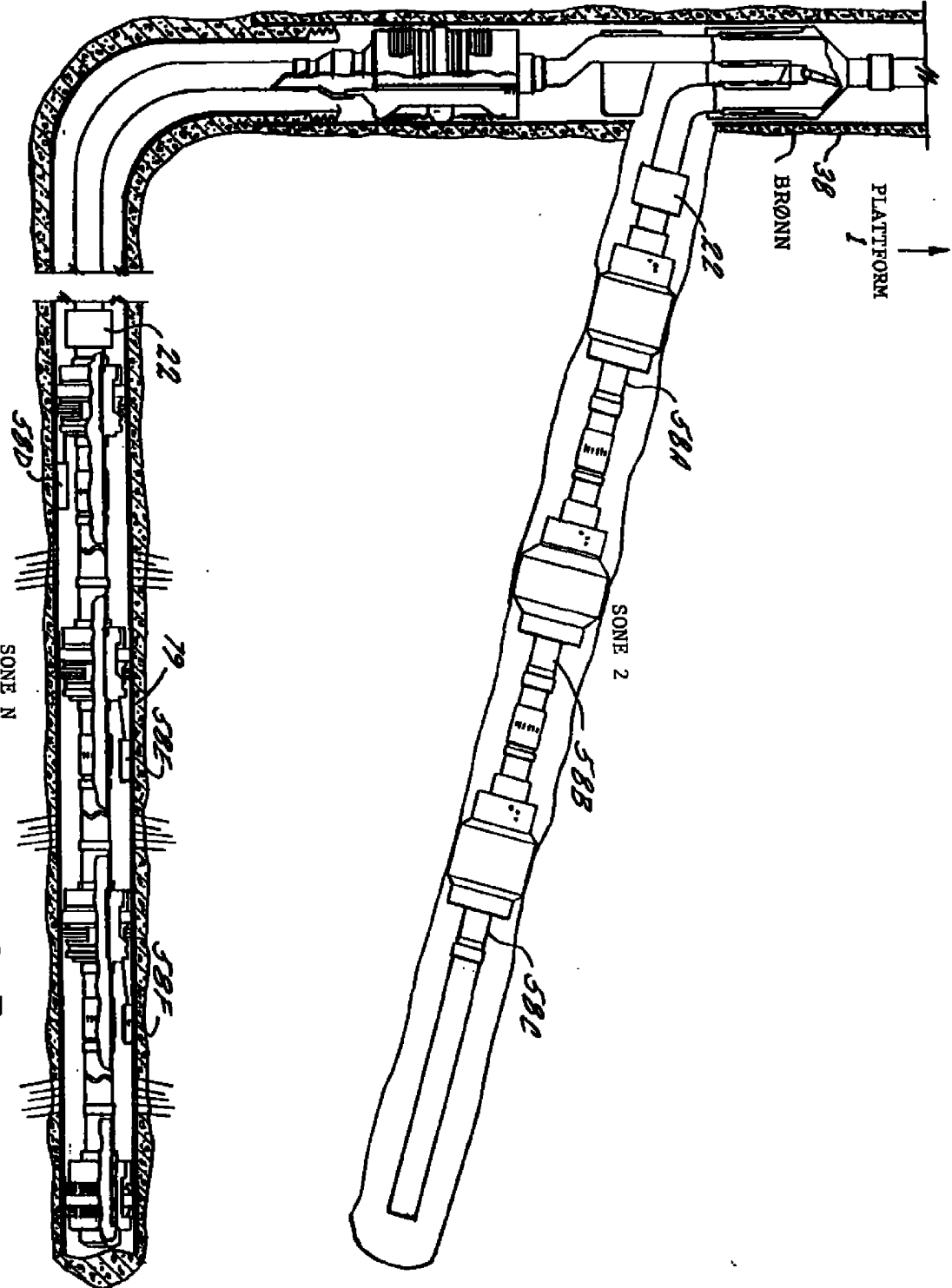


FIG. 3

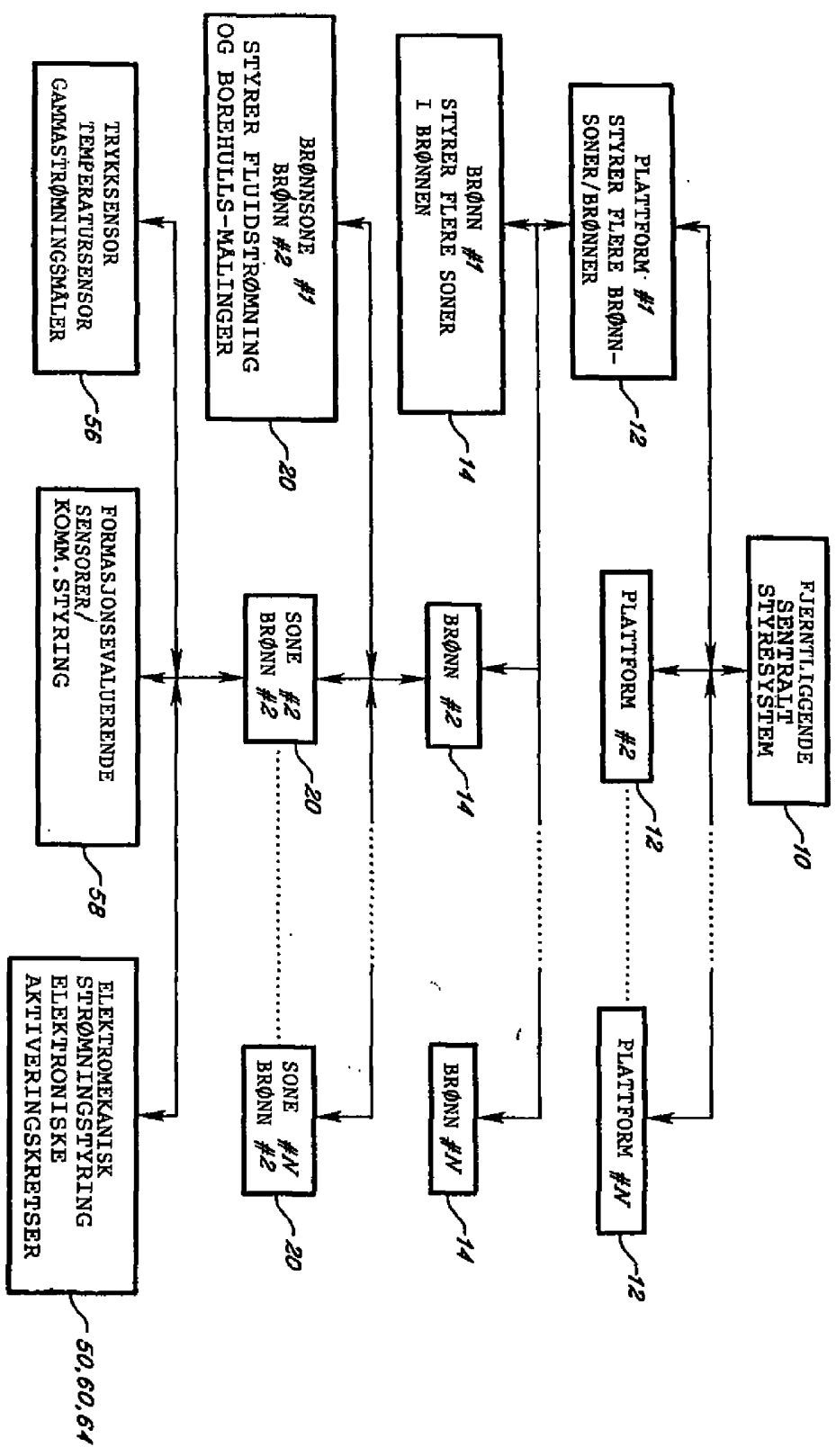


FIG. 4

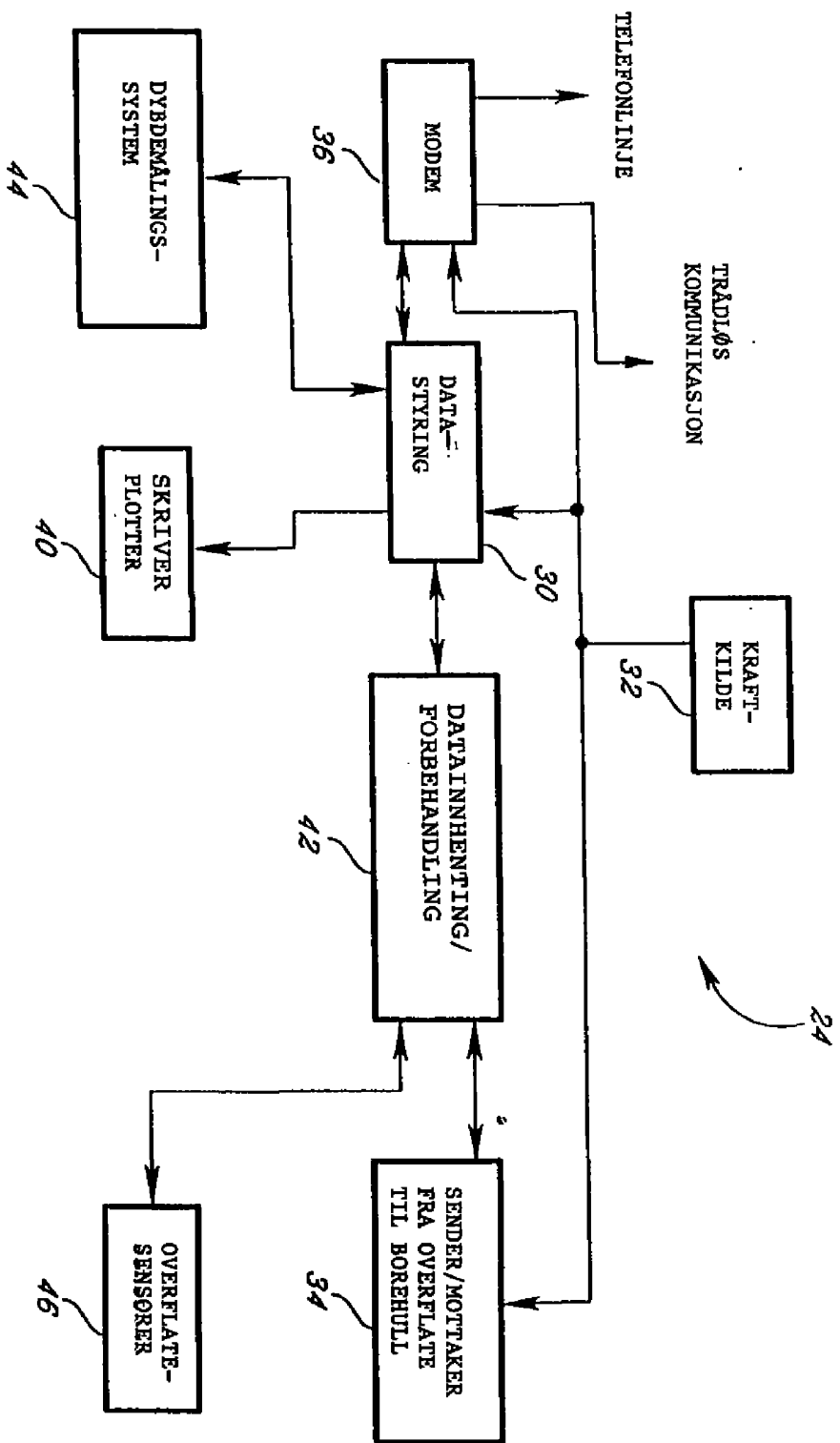


FIG. 5

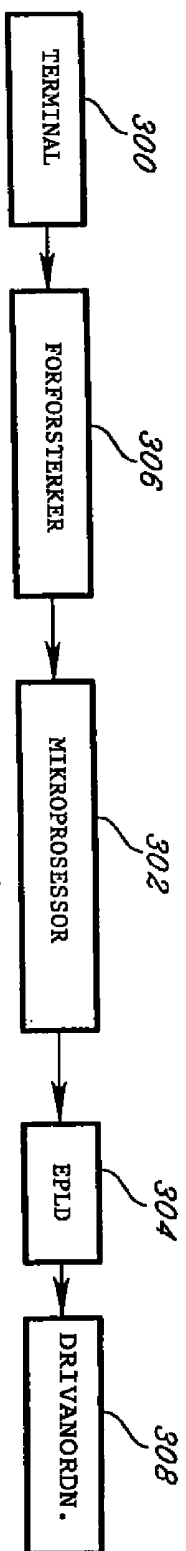


FIG. 5A



FIG. 5B

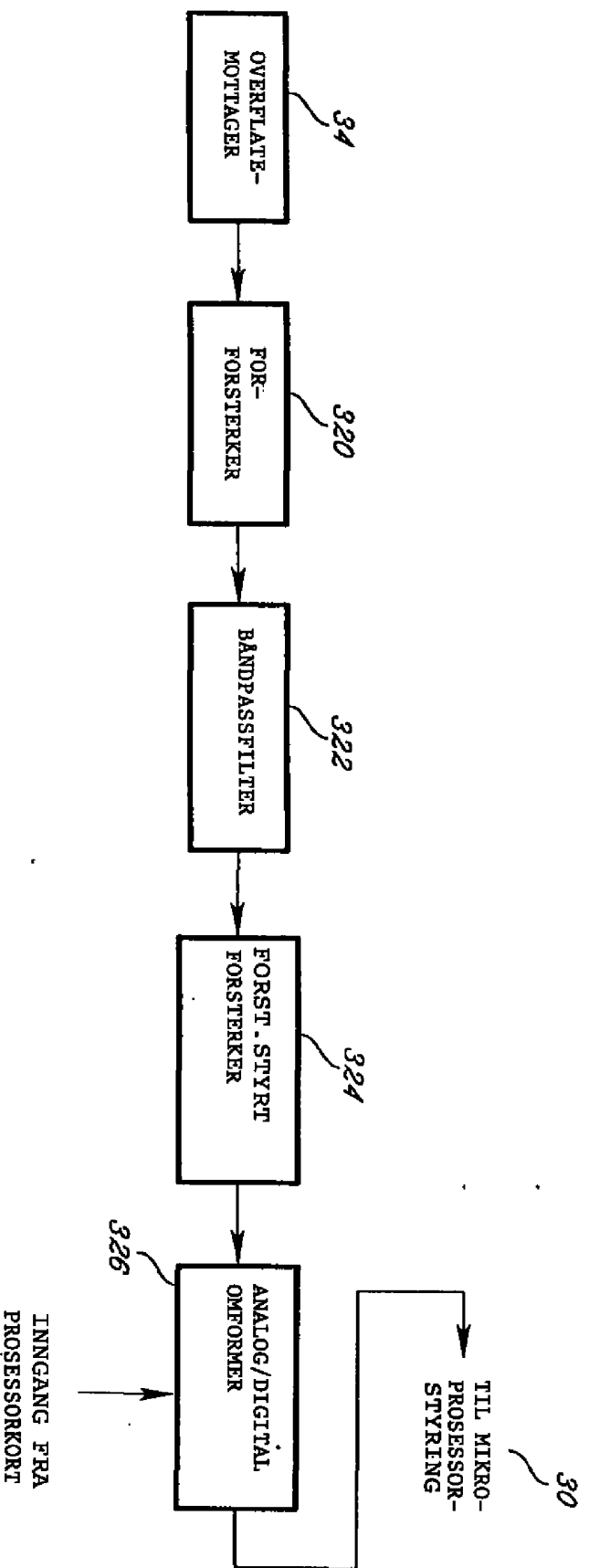


FIG. 5C

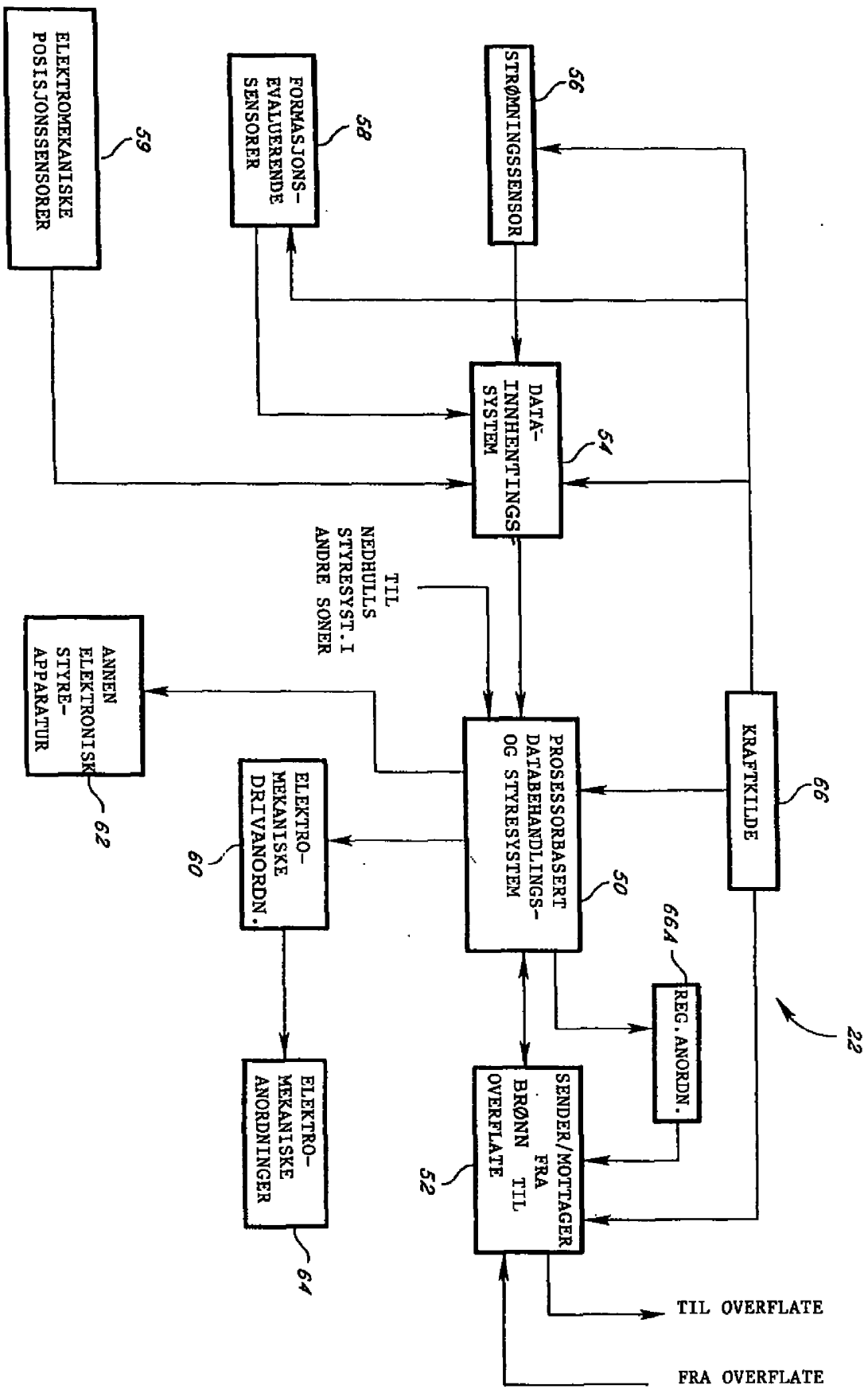


FIG. 6

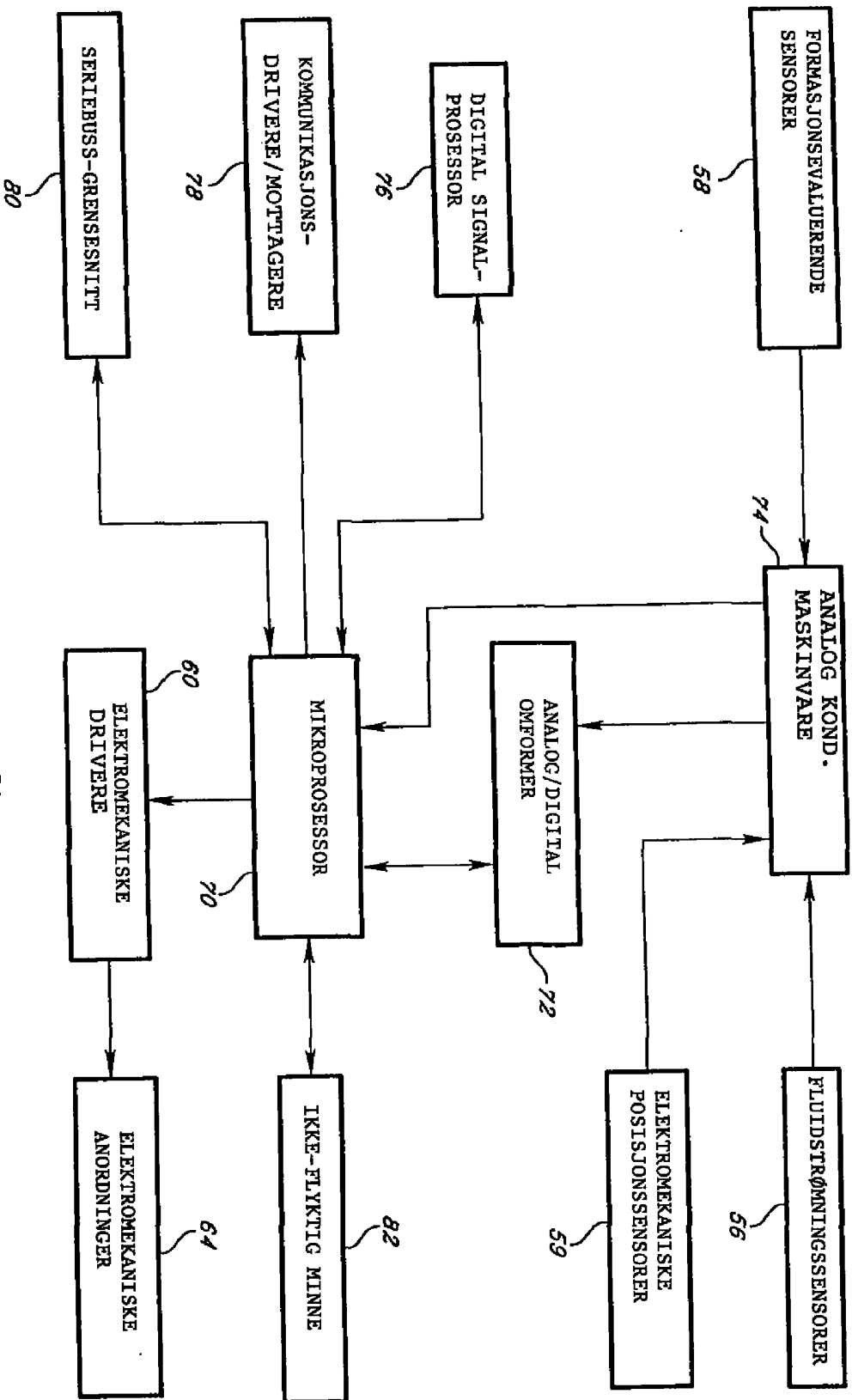


FIG. 7

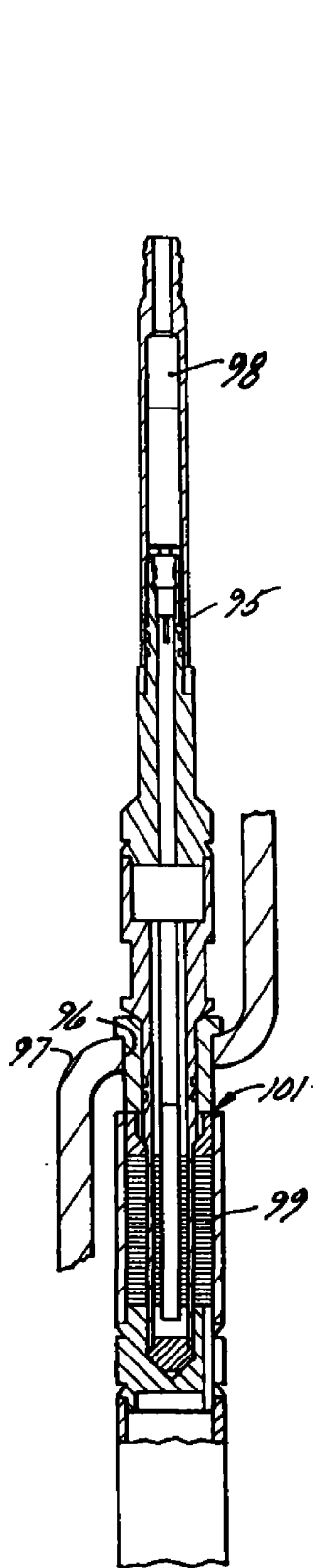


FIG. 8A

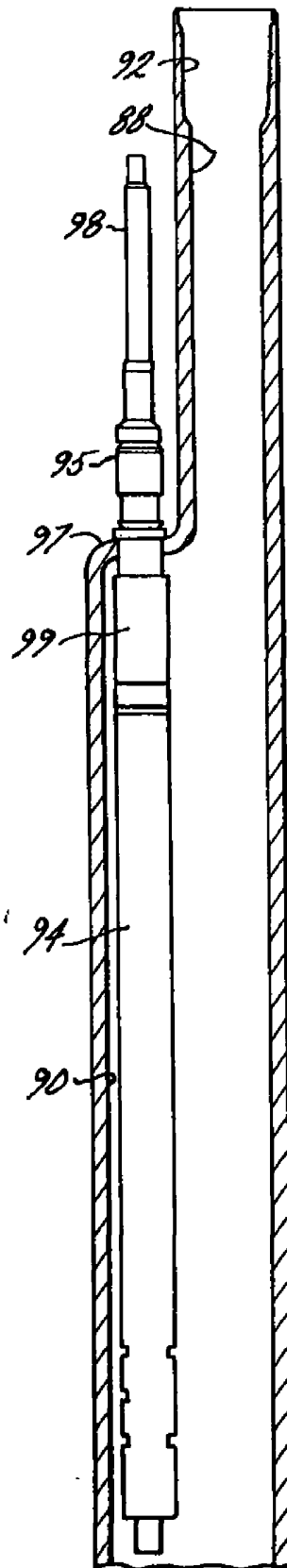


FIG. 8

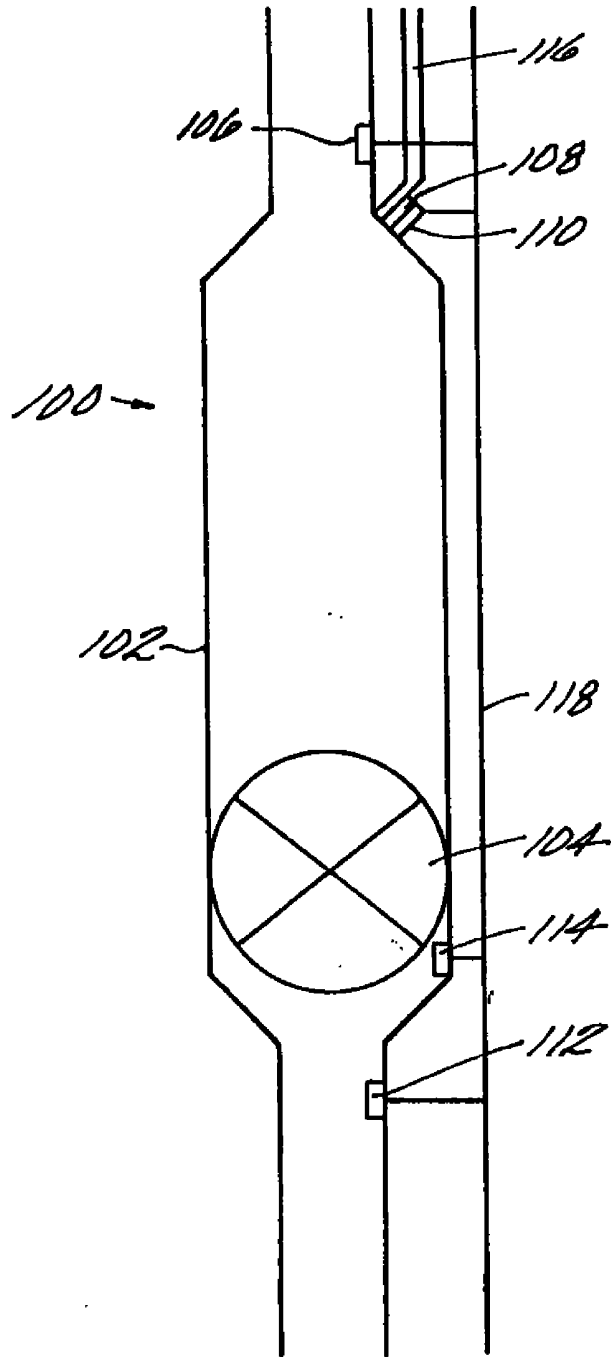


FIG. 9

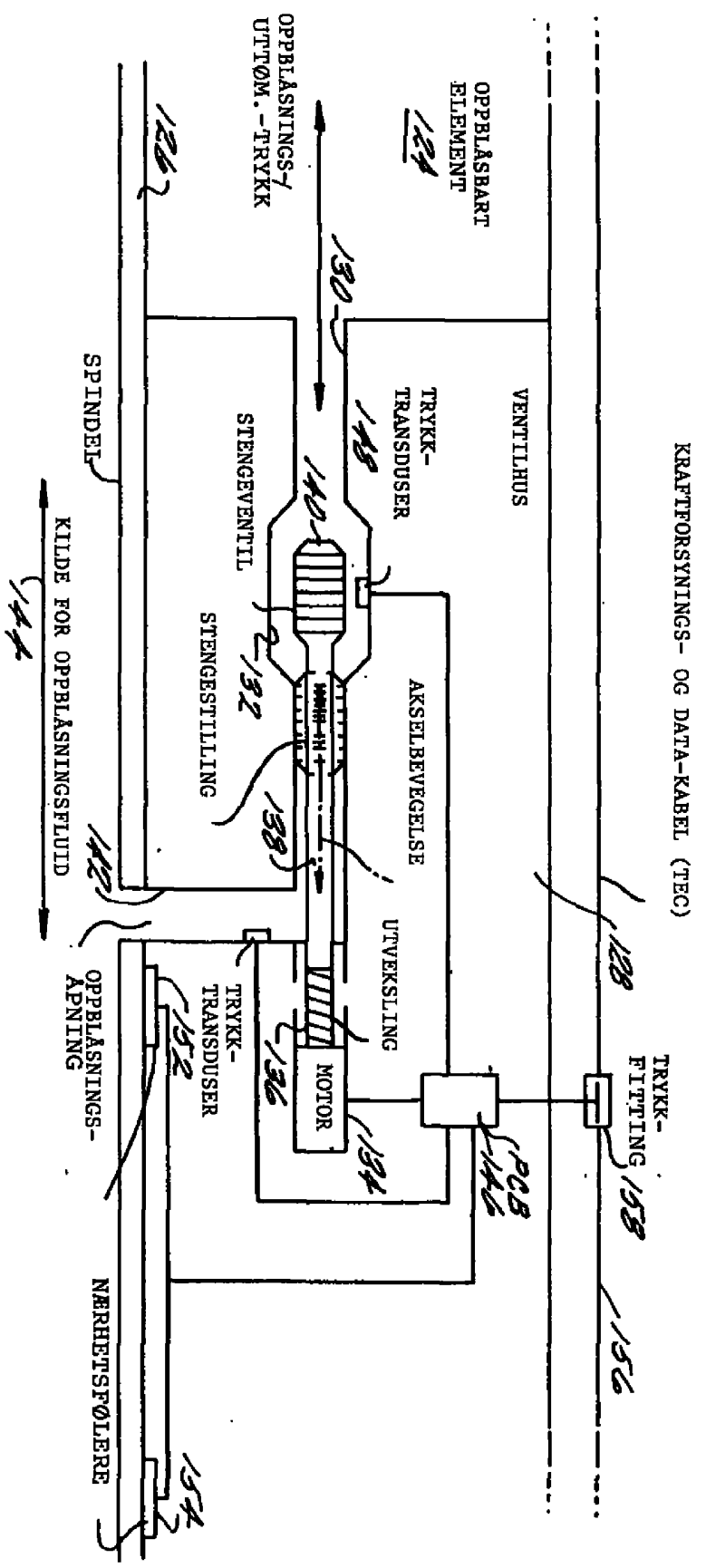


FIG. 10

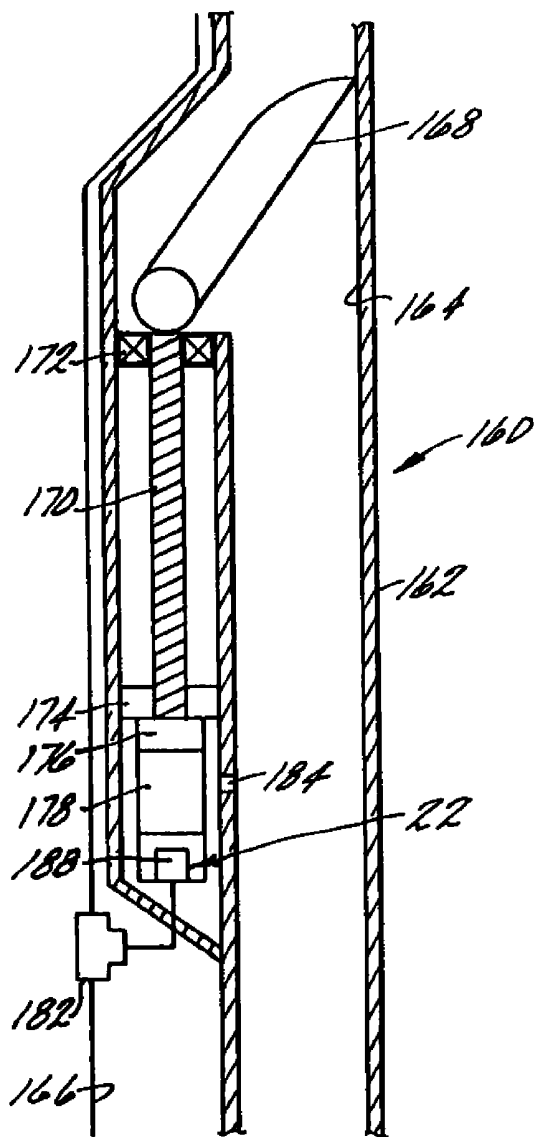


FIG. IIA

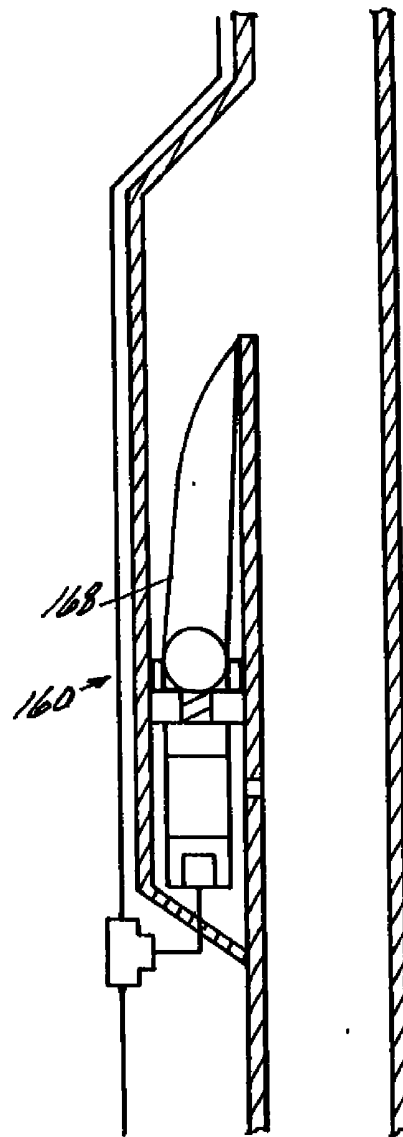


FIG. IIB

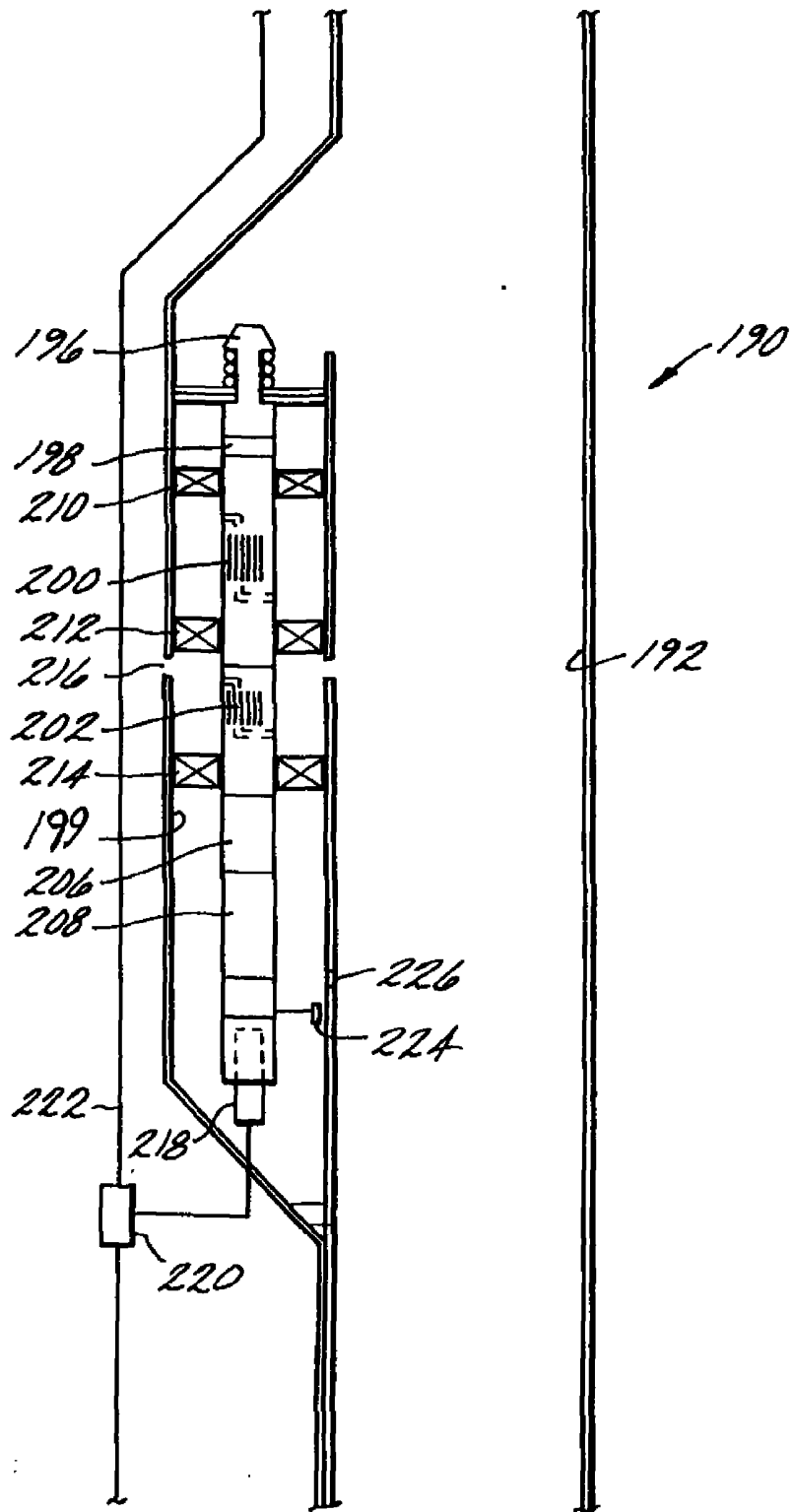


FIG. 12

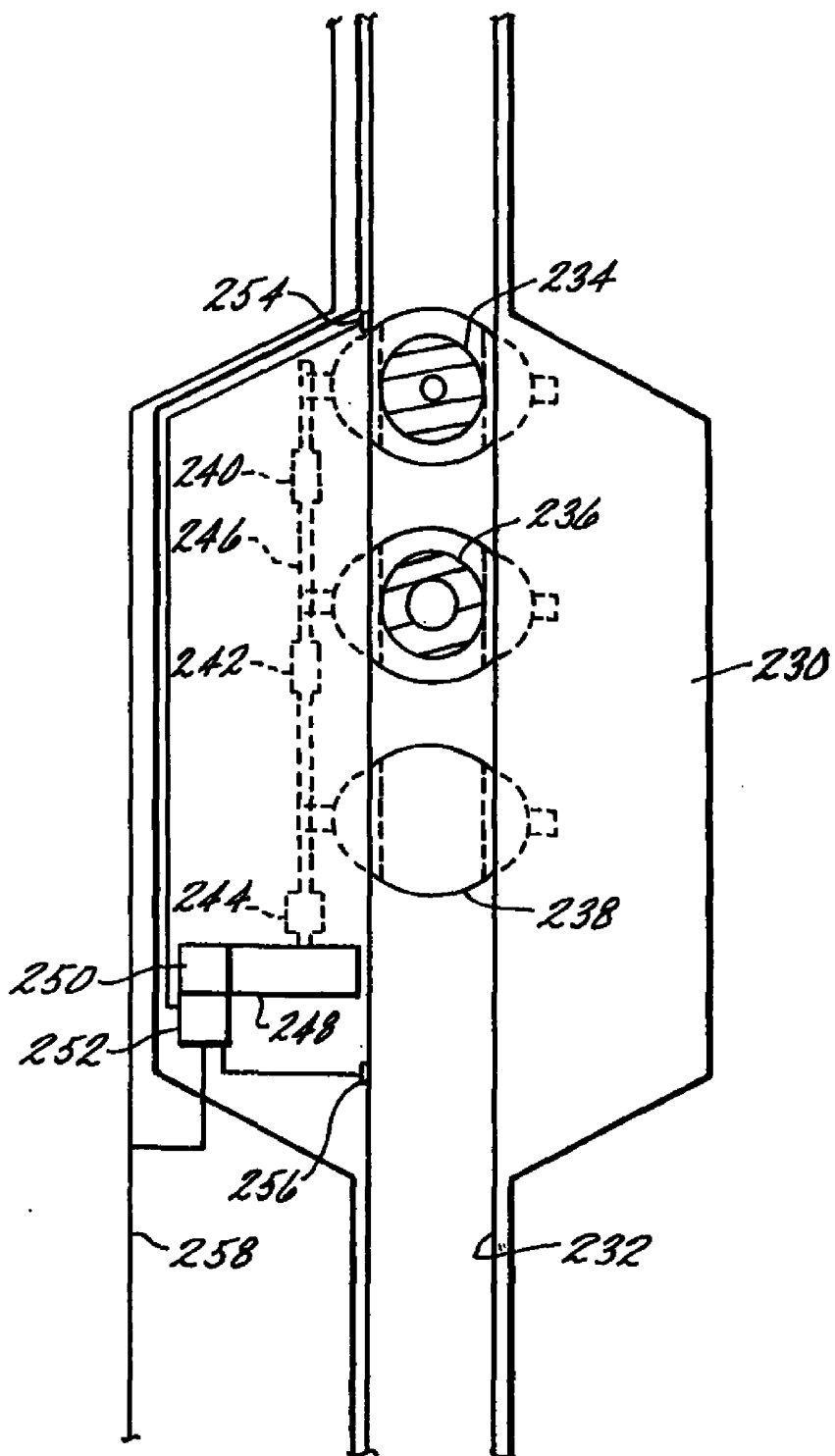


FIG. 13

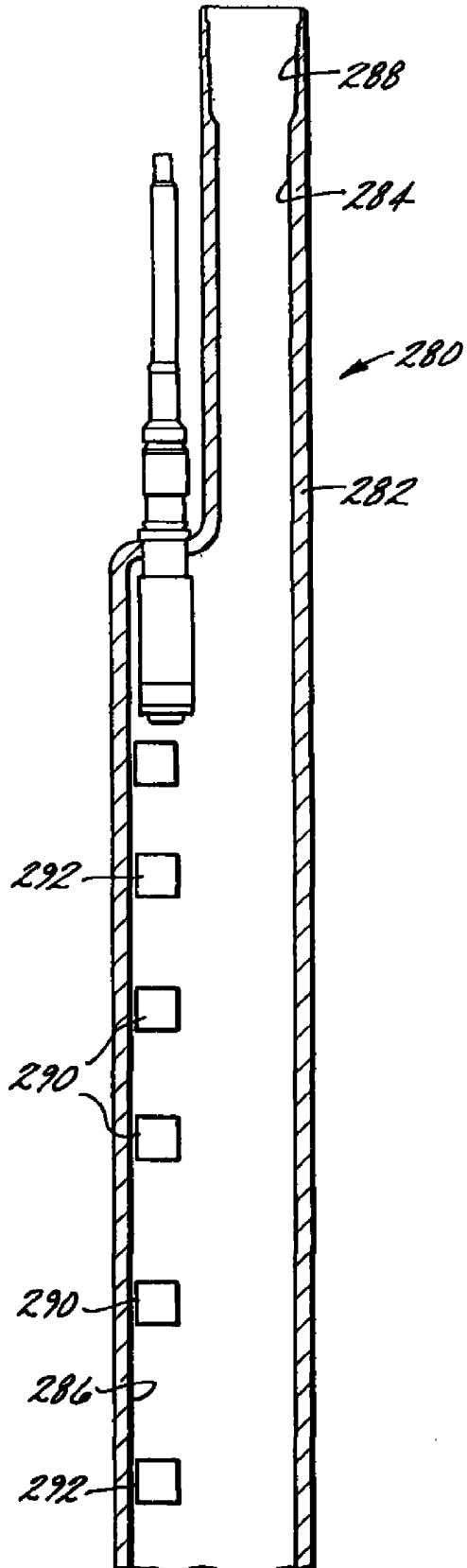


FIG. 14

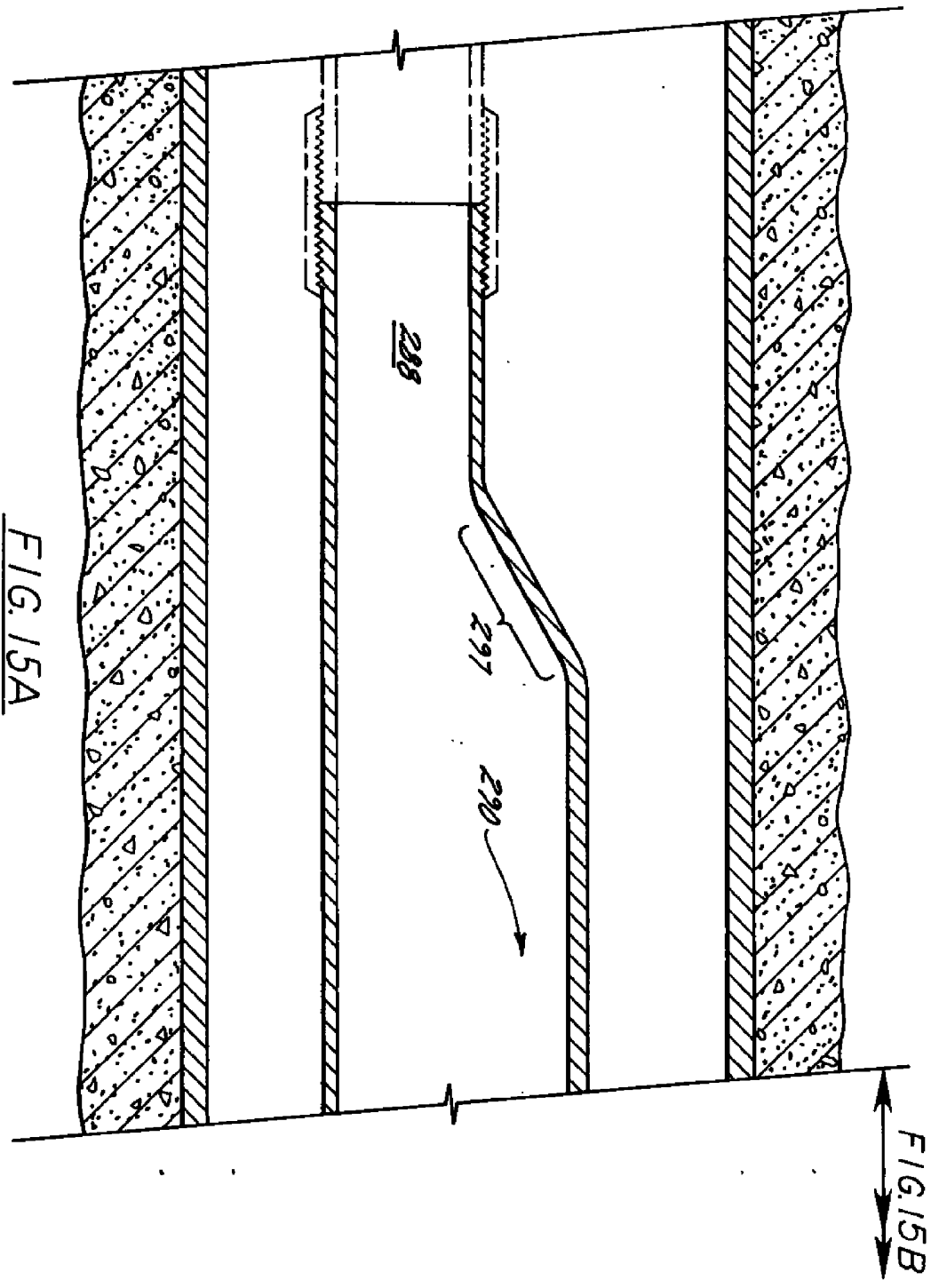
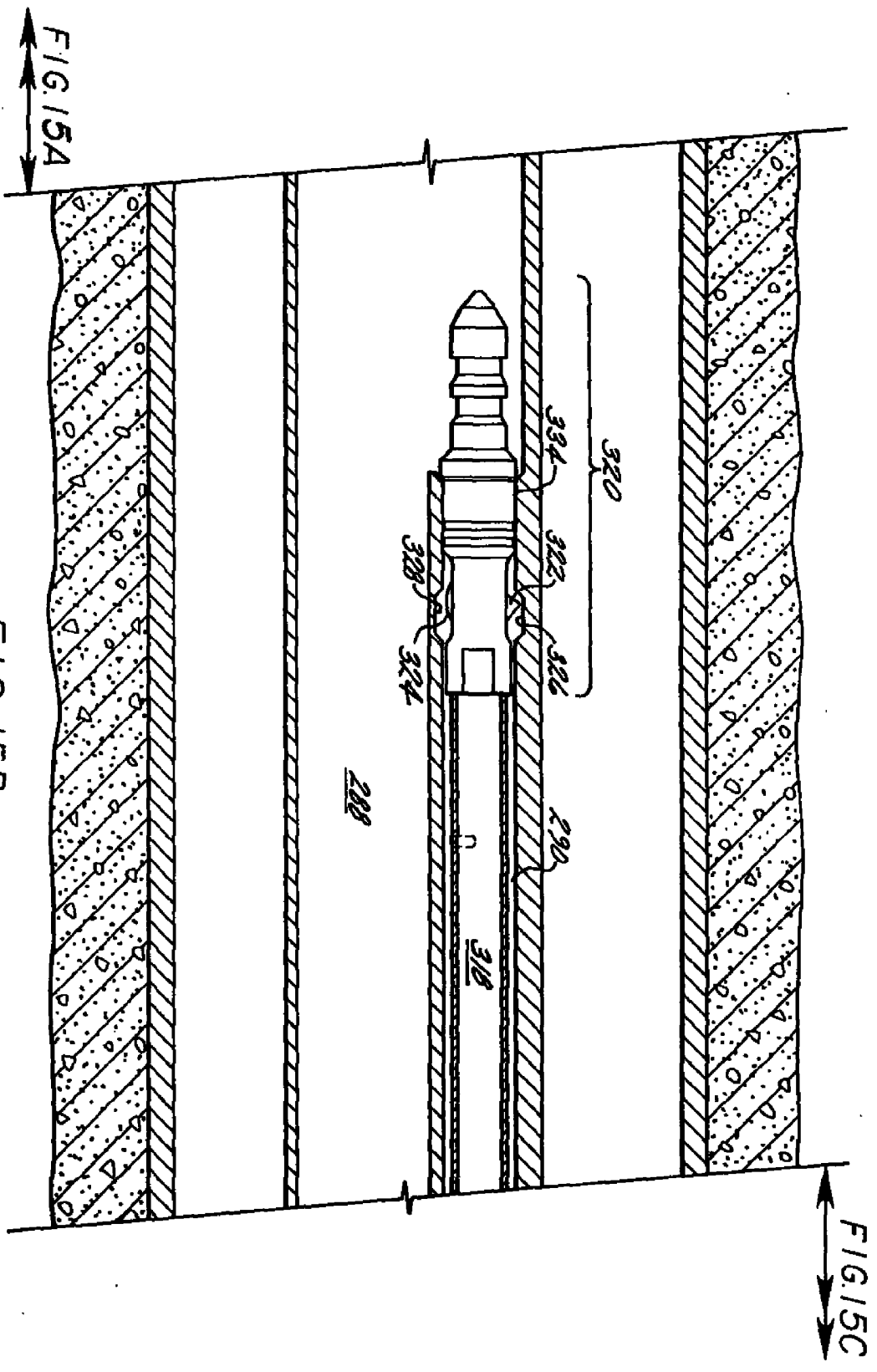
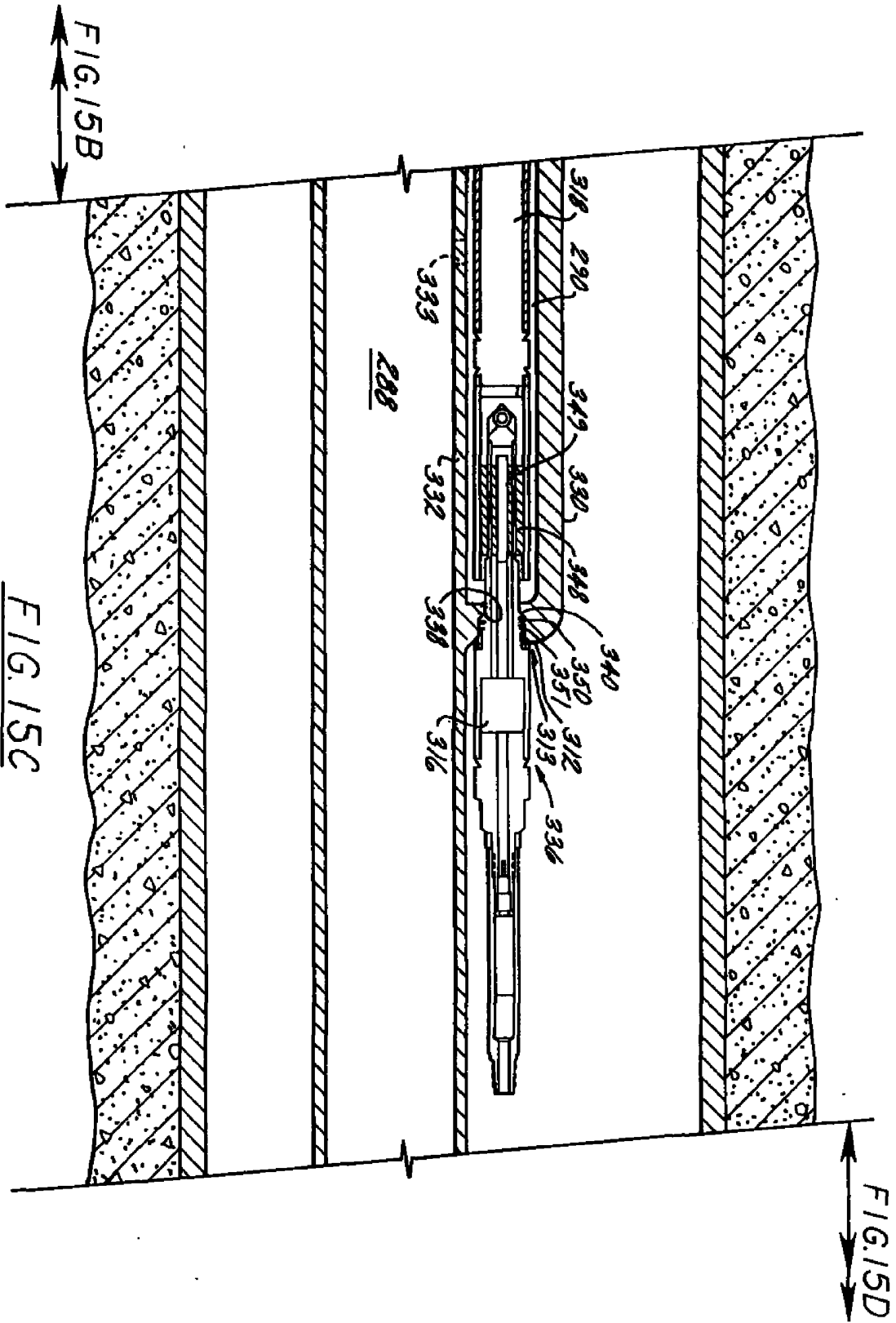


FIG.15A





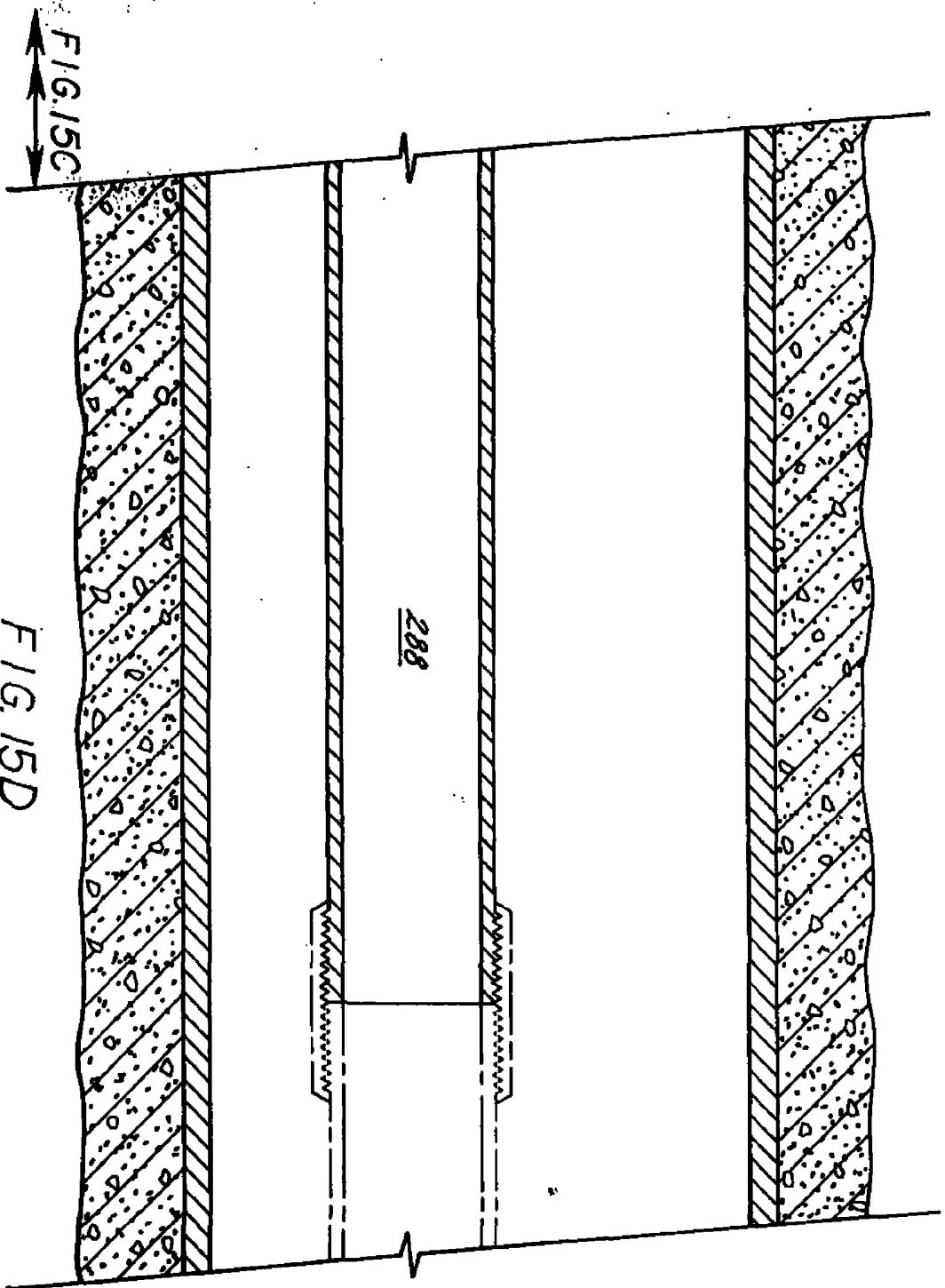


FIG. 15D