



(12) PATENT

(11) 343151

(13) B1

(19) NO

NORGE

(51) Int Cl.

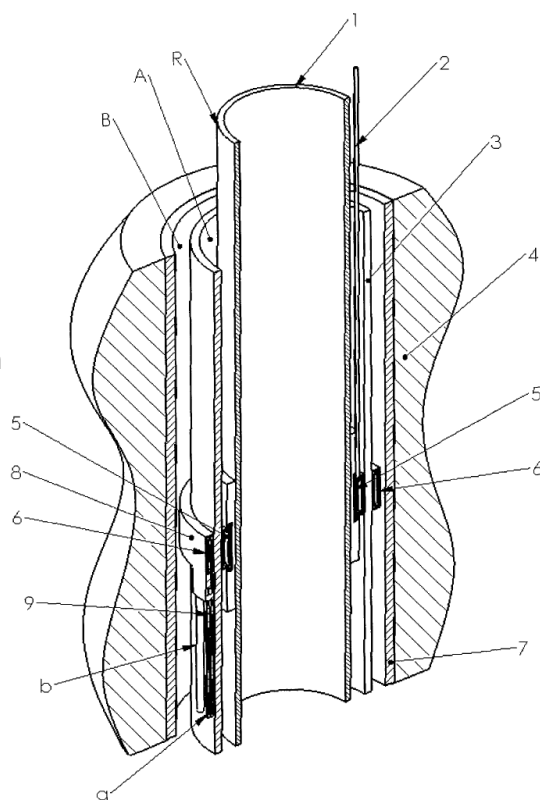
G01L 11/06 (2006.01)

G01K 11/26 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20110271	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr
(22)	Inng.dag	2011.02.16	(85)	Videreføringsdag
(24)	Løpedag	2011.02.16	(30)	Prioritet
(41)	Alm.tilgj	2011.05.25		
(45)	Meddelt	2018.11.19		
(73)	Innehaver	Techni AS, Ynglingeveien 42A, 3184 BORRE, Norge		
(72)	Oppfinner	Tor Helge Brandsæter, Fossnesveien 51, 3647 HVITTINGFOSS, Norge Jan Martin Bendiksen, Rødhetteveien 6, 3042 DRAMMEN, Norge Harald Borgen, Blåveistien 8, 3183 HORTEN, Norge Trond Sjulstad, Otterstad, 3275 SVARSTAD, Norge David Christian Petersen, Romsvn. 317, 3179 ÅSGÅRDSTRAND, Norge Petter F Schmedling, Bjørnестien 17, 1597 MOSS, Norge Marius Bornstein, Pilestredet Park 15, 0176 OSLO, Norge Morten Roll Karlsen, Sandevn. 6, 3184 BORRE, Norge Andreas Bjerknes Taranrød, Fagerheimgt. 12A, 3115 TØNSBERG, Norge		
(74)	Fullmektig	ONSAGERS AS, Postboks 1813, Vika, 0123 OSLO, Norge		
(54)	Benevnelse	System for måling av trykk og temperatur		
(56)	Anførte publikasjoner	US 2009/0245323 A1, US 5542298 A, CN 201028977 Y, WO 99/05494 A1, WO 9832378 A1, US 2002/143480 A1		
(57)	Sammendrag			

Den foreliggende oppfinnelse vedrører et system for måling av trykk og temperatur som er basert på endring av et mediums karakteristiske egenskaper for ultralyd under påvirkning av trykk og temperatur. Oppfinnelsen er basert på to bølgeledere der geometri er tilpasset mediums karakteristiske egenskaper for ultralyd slik at det kun genereres plane trykkbølger i bølgelederne. Den første av bølgelederne er anordnet for måling av temperatur grunnet mediums termiske ekspansjon, der medium er trykkkompensert med en innvendig kompensator for å hindre termisk trykkoppbygging, og der måling av temperatur er basert på mediums spesifikke kjente karakteristiske data for ultralyd under påvirkning av temperatur under konstant trykk. Den andre av bølgelederne er anordnet for måling av trykk, basert på bølgeleder og mediums kjente karakteristiske egenskaper for termiske ekspansjon og trykk, og der den termiske påvirkning korrigeres analytisk basert på måling av temperatur i den første kanal. Oppfinnelsens fysiske prinsipper er basert på egenskapene til et medium (olje) der stabilitet for høy temperatur og trykk er avgjørende for langtidsegenskaper. Langtidsegenskaper til ultralydsensorer er ikke fysisk koblet til mediums egenskaper, slik at endring av karakteristiske egenskaper for ultralydsensorer forringer ikke nøyaktighet i medium med mindre funksjonen til ultralydsensorer opphører. Oppfinnelsens fysiske prinsipper muliggjør en anordnet der ultralydsensorer kan separeres fra målekanaler med en trykkbarriere slik at integriteten til trykkbarriere ikke brytes.



System for måling av trykk og temperatur

Foreliggende oppfinnelse vedrører et system for måling av trykk og temperatur i en oljebrønn basert på direkte eller indirekte gangtidsmålinger med ultralyd. Mer
5 spesielt vedrører den foreliggende oppfinnelsen et system som kan anordnes som et resonanselement med en elektrisk resonans som er proporsjonal med endring av tetthet og lyd hastighet i et medium grunnet påvirkning av trykk og temperatur.

Systemet for måling av trykk og temperatur ifølge den foreliggende oppfinnelsen
10 omfatter to målekanaler i form av rør, som er fylt med et medium i væskeform, der geometri er anordnet for plane trykkbølger. En første målekanal (a) måler endring av lyd hastighet gjennom et medium grunnet temperatur, og en andre målekanal (b) måler endring av lyd hastighet gjennom et medium grunnet trykk og temperatur. Trykket beregnes ved analytisk å subtrahere et målt signal for temperatur, fra et
15 målt signal for trykk og temperatur.

Bakgrunnen for oppfinnelsen er behovet for en sensor som kan måle trykk og temperatur i en brønn med høyt trykk og temperatur. I forbindelse med for eksempel utvinning av hydrokarboner er det i olje - og/eller gassbrønner ønskelig å benytte
20 sensorer og/eller instrumenter som kan plasseres på utsiden eller innsiden av tilgjengelige ringrom (annulus) i brønnen, slik at karakteristiske data som trykk og temperatur kan måles. Samtidig er det ønskelig at sensoren ikke har et behov for ekstern tilførsel av energi med strømkabler eller tilsvarende, noe som krever barrierebrytende innretninger, eller batterier som har en tidsbegrenset levetid.
25 Absoluttkrav for utstyr som installeres i olje- og/eller gassbrønner er kravet til robusthet for omgivelsestemperatur, trykk og ønsket levetid. Dersom det benyttes teknikk med komplisert elektronikk, er det vanligvis ikke mulig å tilfredsstille krav til temperatur, nøyaktighet over tid og levetid fullt ut. Disse egenskaper henger nøye sammen med type anvendt elektronikk. Oppfinnelsens egenskaper over tid er
30 stabile på grunn av at stabilitet til medium i bølgeledere ikke blir påvirket av ultralydsensorers beskaffenheter og at fysiske egenskaper til målemediet er tilnærmet konstant over tid.

Det eksisterer en rekke patenter for måling av trykk og temperatur i omgivelser med
35 høyt trykk og temperatur som er beregnet for bruk i olje- og/eller gassbrønner. Felles for de fleste av disse målesystemer er at de benytter en anordning med et piezokrystall eller resonator, som får endret resonansfrekvens under påvirkning av trykk eller temperatur. Til forskjell fra disse applikasjoner benytter systemet ifølge den foreliggende oppfinnelsen kjente egenskaper til et medium i væskeform for å
40 måle trykk eller temperatur indirekte.

Det eksisterer dessuten en rekke applikasjoner som baserer seg på bruk av ultralyd i bølgeleder for å måle fysiologiske egenskaper eller fraksjoner av blandinger.

Typiske anvendelser kan være:

- 5 - Lydhastighet
- Konsentrasjon/innblanding av medium grunnet absorpsjon av ultralyd der frekvens sammen med returnert intensitet benyttes.
- Utfelling av kjemiske forbindelser
- Ikke lineære bølger og endring av bølgeform
- 10 - Måling av hastighet (tid) på kjemiske reaksjoner

Av kjente patenter der det er benyttet medium i væskeform, for overføring av ultralyd i bølgeleder er amerikansk patent US 5.289.436 fra 1994. I dette patentet er det benyttet et tynnvegget rør av metall eller plastikk som en forlengelse av en
 15 ultralydstransduser, for å måle feil i materiale på geometrisk vanskelig tilgjengelige steder. Dette patentet er kun en anordning for å lede ultralyd til ønsket sted med minst mulig dempning grunnet viskositet i medium (vann), der minst mulig overføring av lyd til bølgeleder oppnås ved å benytte et tynnvegget rør, typisk i tykkelse 0.1-0.3 mm. Dette patentet benyttes for å måle egenskaper i form av
 20 materialfeil i eller på et objekt som ligger utenfor selve bølgeleder. Til forskjell fra US 5.289.436 benytter den foreliggende oppfinnelsen endringen av et mediums kjente karakteristiske egenskaper under temperatur og/eller trykk, for å måle trykk og temperatur. En tilsvarende generell benyttelse av flere parallelle bølgeledere for ultralyd er beskrevet i canadisk patentsøknad CA 2.634.855 (A1), der en matte med
 25 bølgeledere på tvers av hovedflaten til matten benyttes for å fremskaffe ensrettede parallelle kompresjonsbølger mot et objekt som skal undersøkes, eksempelvis en menneskekropp.

Av ytterligere kjente patenter der det er benyttet medium i væske eller gassform for
 30 måling med ultralyd, er amerikansk patent US 7.266.989 B2 fra 2007. I dette patentet er det benyttet flere separate kammer for måling av fysikalske og kjemiske egenskaper i et omkringliggende medium. I dette patentet er det for hvert målekammer benyttet en ultralydsender og en ultralydmottaker, der gangtidsmålinger benyttes. Den primære oppgaven til det patenterte systemet er å
 35 måle kjemisk sammensetning og temperatur. Anordningen for måling av trykk er utført med en fleksibel membran, der trykket måles på bakgrunn av endring av avstand mellom ultralydsender og ultralydmottaker i en elastomer stripe (plastikk) som er festet på flaten til den fleksible membranen på en motsatt side av et omkringliggende medium som øver trykk mot membranen. I ett utrom bak
 40 membranen (motsatt trykkside) er det gass, slik at den elastomere stripen med ultralydsender og ultralydmottaker kan bevege seg fritt.

Denne måten å gjøre trykkmåling på er klassisk i forhold til trykkgivere basert på piezokrystaller, der piezoelement er byttet ut med en ultralyd sender og en ultralydmottaker.

- 5 US 2009/245323 A1 vedrører en måleanordning og en fremgangsmåte for å bestemme temperatur og/eller trykk, der en transceiver sender ultralydpulser gjennom en gjenstand, hvilken gjenstand i det minste delvis overfører ultralydpulsene til et element som reflekterer ultralydpulsene. Ultralydpulsene kan reflekteres på en temperaturkorrelert måte fra det reflekterende elementet til
10 transceiveren.

- US 5.542.298 A vedrører en fremgangsmåte og en anordning for å bestemme fysiske tilstandsparametere for et medium, der det genereres oscillasjoner i et referansemedium og hvor det etableres en forbindelse mellom en av de oscillerende
15 prosesseegenskapene og særlig en av parameterne. Referansemediet bringes deretter i kontakt med mediumet som undersøkes, hvorefter det igjen genereres oscillasjoner og verdien for den særlige parameteren bestemmes på bakgrunn av endringer i prosesseegenskapene.

- 20 WO 99/05494 A1 vedrører en fremgangsmåte og en anordning for å bestemme gasstrykk og –temperatur i et hulrom. Et måleelement, som er en kombinert ultralydtransduser og trykksensor, benyttes for å detektere trykk og temperatur.

- 25 Ovenstående løsninger vil imidlertid være kompliserte og vil ikke alltid gi korrekte målinger, sett i forhold til at egenskaper ved systemet ikke vil være konstante over tid.

- Oppfinnelsens formål er å avhjelpe eller redusere i det minste en av ulempene ved den kjente teknikk.
30

Ytterligere et formål med den foreliggende oppfinnelsen vil være å tilveiebringe et enklere og sikrere system.

- 35 Disse formål oppnås med et system for måling av trykk og temperatur, som er basert på direkte eller indirekte gangtidsmålinger, som angitt i det etterfølgende selvstendige krav 1, hvor ytterligere trekk ved oppfinnelsen fremkommer av de uselvstendige kravene og beskrivelsen nedenfor.

- 40 Til forskjell fra de ovenfor refererte patenter er den foreliggende oppfinnelsen basert på måling av trykk og temperatur basert på direkte eller indirekte gangtidsmålinger i to eller flere bølgeledere, der målingen gjøres med ultralyd i form av plane trykkbølger i et kjent medium (for eksempel olje), som er innelukket i

hver sin bølgeleder. Ifølge oppfinnelsen er ultralydsender og ultralydmottaker integrert i samme enhet og benevnt som ultralydstransduser. Den foreliggende oppfinnelsen er basert på to bølgeledere, der en bølgeleder (a) er anordnet for måling av temperatur grunnet mediets termiske ekspansjon, som direkte endrer mediumets karakteristiske egenskaper som: tetthet, lydhastighet og ultralydsimpedanse, og der medium er trykkkompensert med en innvendig kompensator (for eksempel en belg eller tilsvarende) fylt med gass eller annet lett kompressibelt materiale, og en bølgeleder (b) som er anordnet for måling av trykk, basert på at mediums termiske ekspansjon og påvirkning av trykk direkte eller indirekte på medium i målekanal endrer karakteristiske egenskaper som: tetthet, lydhastighet og ultralydsimpedanse, og ved at påvirkning grunnet temperatur målt med bølgeleder (a) korrigeres analytisk basert på kjente egenskaper til sensorens medium (olje). Til forskjell fra kjente patenter der målekanaler og ultralydsender/mottaker er anordnet i samme enhet kan oppfinnelsens sensor for ultralyd separeres fra selve målekanalene slik at integriteten til et mediums omgivelse i form av en trykkbarriere ikke brytes (penetreres) på noen måte. Oppfinnelsen fysiske prinsipp er basert på egenskapene til et medium (olje), der stabilitet for høy temperatur og trykk er avgjørende for langtidsegenskaper. Disse fysiske prinsipper for medium (olje) er ikke koblet til ultralyd som målemetode, slik at langtidsstabilitet er iboende i forhold til medium og ikke ultralydstransduser.

Den foreliggende oppfinnelsen kan også appliseres som en selvstendig enhet for måling av trykk og temperatur der ønsket om et langtidsstabilt system for høye trykk og temperaturer er påkrevet. Samtidig innehar den foreliggende oppfinnelsen den egenskap at energien i det målte signal (det elektriske svaret) kun er basert på den tilførte energi som er påtrykt hver av målekanalene uten tilførsel av ytterligere energi. Systemet kan anordnes med felles elektriske ledere fra et instrument til ultralydstransduser, slik at et felles tidsvariabelt elektrisk signal (spenning) blir påtrykt hver målekanal samtidig. Denne anordning krever at lengden til målekanaler (bølgeledere) er forskjellige, slik at retursignalet er adskilt i tid. Systemet kan også anordnes med felles ultralydsensor for de to målekanaler, der ultralyd kan splittes i to separate kanaler, eller at det anordnes en kanal på hver side av ultralydstransduseren, slik at ultralyd sendes samtidig ut i to målekanaler som ligger på samme linje med en felles ultralydstransduser.

En type egenskap som ønskes i en sensor for måling av fysiske tilstander, er evnen til å utføre målinger basert på et tidsvariabelt signal og returnere med et tidsvariabelt signal.

Med trykkkompensator ifølge den foreliggende oppfinnelsen skal det forstås en fleksibel innretning som trekker seg sammen eller ekspanderer, slik at det opprettholdes et konstant trykk i trykkkompensatoren eller et element

trykkkompensatoren er anordnet i. Trykkkompensatoren kan typisk inneholde en
springfjær, gass eller tilsvarende i et fleksibelt hus. Videre vil en anordning som
omsetter omgivelsestrykk kunne være en fleksibel barriere som overfører et trykk
direkte til et medium, eller en mekanisk innretning i form av en fjær som endres en
5 viss avstand, slik at resonansen eller gangtiden for en målekanal endres.

Oppfinnelsen skal nå forklares i forbindelse med flere utførelser under henvisning
til de vedføyde figurer, hvor:

10 Figur 1 viser en første utførelse av den foreliggende oppfinnelsen,

Figur 2 viser en andre utførelse av den foreliggende oppfinnelsen,

15 Figur 3 og 4 viser detaljer ved den foreliggende oppfinnelsen.

I en typisk anvendelse av et system for måling av trykk og temperatur basert på
bruk av ultralyd ifølge den foreliggende oppfinnelsen, kan systemet benyttes for
måling av trykk og temperatur i en olje- og/eller gassbrønns ringrom uten bruk av
barrierebrytende innretninger som vist på figur 1:

20 En sensor 8 som baserer seg på bruk av ultralyd, er anordnet i et ringrom B i olje-
og/eller gassbrønnen. Sensoren 8 måler trykk og temperatur basert på en endring av
lydhastighet ved en påvirkning fra det trykk og den temperatur som er i et fluid i
ringrommet B. Sensoren 8 omfatter to målekanaler a og b som er hensiktsmessig
25 konstruert med hensyn på rørdiametre, signalomformere for ultralyd (ultralydgiver)
og medium (olje). Den første målekanalen a har kompensering for trykkvariasjoner
der denne er basert på et innelukket volum som er avgrenset med en belg 3 som er
fylt med et fleksibelt medium (gass) og som responderer med et konstant trykk som
følge av termiske volumvariasjoner, og vil kun registrere endring av lydhastighet
30 grunnet temperaturendringer som følge av omgivelsestemperatur. Den andre
målekanalen b vil bli påvirket av trykk gjennom belgen 3 og temperatur lik som
omgivelse. Måling av temperatur gjøres direkte med gangtidsmålinger i den første
målekanalen a. Måling av trykk i den andre målekanalen b gjøres med
35 gangtidsmålinger og ved at påvirkning grunnet temperatur som er målt i målekanal
a subtraheres fra måleresultatet som er gjort i målekanal (b), vil ovenstående måling
bare være påvirket av trykk. Systemet ifølge den foreliggende oppfinnelsen er her
vist koblet sammen med en induksjons- og resonansinnretning 5, 6, som er slik
utformet at induksjons- og resonansinnretningen 5, 6 kan overføre et tidsvariabelt
40 signal med tilstrekkelig energi for målingen gjennom en rørvegg R, og som videre
er forbundet til et instrument (ikke vist) via en elektrisk kabel 2. Ved måling vil et
elektrisk tidsvariabelt signal genereres i instrumentet, der dette elektriske
tidsvariable signalet vil overføres til ultralydsensorene 8 via den elektriske kabelen

- 2 og induksjons- og resonansinnretningen 5, 6. Ultralydsensorene 8 kan omfatte et ultralydsvingeelement (ikke vist). Når det tidsvariable elektriske signal påvirker de to ultralydtransduserne 8 i den første og andre målekanaler a, b, vil det genereres trykkbølger i målekanalenes medium 9 (olje), som forplanter seg langs
- 5 målekanalene med den karakteristiske lydhastigheter i medium 9 for hver av målekanalene. Trykkbølgene (ultralyd) vil reflekteres tilbake fra enden av målekanalene, slik at den returnerte ultralyd igjen påvirker ultralydgivere 8 til å generere en spenning som tidsmessig er forskjøvet i forhold til gangtiden for ultralyden. Denne genererte spenning blir sendt tilbake til instrumentet via
- 10 induksjons- og resonansinnretningen 5, 6 og kabelen 2. Systemet for måling av trykk og temperatur ifølge den foreliggende oppfinnelsen vil således inneha den egenskap at energien i det drivende signal (det genererte, elektriske tidsvariable signal) returneres som svar fra målekanaler uten tilførsel av ytterligere energi.
- 15 I en ytterligere utførelse kan systemet for måling av trykk og temperatur ifølge den foreliggende oppfinnelsen appliseres på følgende måte med henvisning til figur 2. En sensor 8 med to målekanaler a og b basert på ultralyd er plassert i ringrom B's omgivelse, der det ønskes å måle trykk og temperatur. Denne sensoren 8 måler trykk og temperatur basert på endring av karakteristiske egenskaper for ultralyd
- 20 under påvirkning fra trykk og temperatur. Sensoren 8 omfatter på tilsvarende måte som beskrevet i forbindelse med figur 1 en første og andre målekanal a, b, der den første og andre målekanalen a, b er identiske med hensyn på rørdiametre og medium (9) (olje). Lengden på målekanalene a, b avstemmes fritt etter en rekke ulike forhold. En av målekanalene (a) har kompensering for trykkvariasjoner med belg 3
- 25 og et innelukket medium 9 (gass) som besørger et konstant trykk internt som følge av termisk betinget volumvariasjon i mediet og vil kun registrere endring av karakteristiske egenskaper grunnet temperaturendringer like som for omgivelse. Den andre tilhørende målekanal (b) vil bli påvirket av både trykk og temperatur likt som omgivelse. Måling av temperatur baseres på endring av karakteristiske
- 30 egenskaper for ultralyd på grunn av temperaturvariasjon i målekanal (a). Måling av trykk i målekanal (b) baseres på endring av karakteristiske egenskaper for ultralyd på grunn av temperatur og trykkvariasjon, der påvirkning av temperatur kompenseres analytisk ved hjelp av måleresultat i (a), slik at kun påvirkning fra trykk gjenstår. I denne utførelse av oppfinnelsen er ultralydsensor 8 plassert i et
- 35 ringrom A slik at behovet for en induksjons- og resonansinnretning 5, 6 eller en penetrator (ikke vist) gjennom et rør R ikke er nødvendig. Ultralydsensor 8 vil da, via en elektrisk kabel 2, være forbundet til et instrument (ikke vist) som er plassert utenfor ringrommet A. Ved måling vil et elektrisk tidsvariabelt signal som genereres i instrumentet, overføres til ultralydsensorer 8 via den elektriske kabelen
- 40 2. I denne utførelsen av oppfinnelsen er ultralydsensorer å betrakte som en integrert del av rør R. Når det tidsvariable elektriske signal påvirker ultralydsensor 8, vil det genereres trykkbølger (ultralyd) som overføres til medium (9) (olje) i målekanaler a,

b, der røret er en del av tilpasningsmaterialet for ultralyd i ultralydsensor 8. Trykkbølgene vil forplante seg langs målekanalene a, b, med karakteristiske lydhastigheter for hver av kanalene. Trykkbølgene (ultralyd) vil reflekteres tilbake fra enden av målekanalene a, b, slik at trykkbølgene igjen forplanter seg tilbake til svingerelementer (ikke vist) i ultralydsensorene i ultralydsensor 8. Når svingerelement påvirkes av den returnerte ultralyden vil det bli generert en spenning som tidsmessig er forskjøvet i forhold til gangtiden for ultralyden. Denne genererte spenning blir sendt tilbake til instrumentet (ikke vist) via den elektriske kabelen 2. Den ovenfor nevnte løsningen kan også benyttes med avstandsmålinger til et i avstandens retning bevegelig ultralydsspeil i kanalens ene ende hvor avstanden representerer kompresjonen i en for omgivelsestrykk og/eller temperaturutsatt belg eller membran 3 som vist på figur 4.

Figur 3 og 4 viser hvordan systemet for måling av trykk og temperatur ifølge den foreliggende oppfinnelsen kan anordnes, der det er vist at induksjons- og resonansinnretninger 5, 6, bestående av en ultralydstransduser 6 og en ultralydgiver 5, er anordnet i utsparinger 15 i et element E. Hver ultralydstransduser 6 er videre forbundet til den elektriske ledningen 2. Ultralydstransduserne 6 og ultralydgiverne 5 er videre anordnet slik i utsparingene 15 at det dannes et mellomrom eller en spalte 4 mellom dem. I elementet E er det også tildannet to andre utsparinger 16, der de to utsparingene 15, 16 er forbundet til hverandre gjennom en kanal K. Kanalene K er videre slik anordnet at de munner ut i mellomrommet eller spalten 4. På figur 3 vil den ene utsparingen 16 være åpen for det omliggende medium, mens den andre utsparingen 16 vil være "lukket". På figur 4 er begge utsparingene 16 lukket. I hver av utsparingene 16 er det videre anordnet en belg 3. På figur 4 vil utførelsen også omfatte et burbonrør 6, som under påvirkning av et trykk påført via et innløp 7 vil kunne påvirkes, slik at burbonrøret 6 rulles ut eller rulles inn.

I en ytterligere utførelse kan systemet for måling av trykk og temperatur ifølge den foreliggende oppfinnelsen appliseres på følgende måte: En sensor 8 med to målekanaler a og b som er basert på ultralyd, er lokalisert på ønsket sted med påvirkning av trykk og temperatur. Denne sensoren 8 måler trykk og temperatur basert endring av lydhastighet ved påvirkning fra trykk og temperatur. Systemet består av to målekanaler (a) og (b) i form av spalter (4) i et rør fylt med medium i væskeform, der geometri er anordnet for plane trykkbølger i medium (olje). En av målekanalene (a) har kompensering for trykkvariasjoner internt med belg 3 og et innelukket volum (gass), og vil kun registrere endring av lydhastighet grunnet temperaturendringer like som for omgivelse. Den andre tilhørende målekanal (b) vil bli påvirket av både trykk og temperatur likt som omgivelse. Basisprinsippet for måling av trykk og temperatur er å benytte et medium (olje) som en impedanstilpasning mellom ultralydsensor 8 og et dempningsmateriale som her er vist i form av en sylinder. Impedansen til et medium er definert som tetthet

multiplisert med lydhastighet (formel $Z = \rho \cdot v$). Etter teorien for ultralyd kan ultralydovergangen med hensyn på transmisjon og refleksjon optimaliseres for å eliminere refleksjon. Dette gjøres ved å innføre et mellomlag som tilpasser ultralydimpedansen mellom de to materialer gjennom et tredje materiale (olje).

- 5 Kravet for dette mellomlaget er at ultralydimpedansen er lik med kvadratroten av produktet til ultralydimpedansen for respektive materialene på hver side som skal tilpasses, det vil si at refleksjon eller transmisjon av ultralyd er avhengig av frekvensen til trykkbølgene, avstanden i spalten (tykkelse til spalter 4) og ultralydegenskapene til mellomlaget og materialene i induksjons- og
- 10 resonansinnretningen 5, 6. Kravet for at det skal oppnås størst mulig transmisjon er gitt med formelen $Z_{\text{olje}(4)} = \sqrt{Z_{\text{ultra}(3)} \cdot Z_{\text{demp}(5)}}$. Tykkelsen til mellomlaget eller spaltene 4 må være lik med $\frac{1}{4}$ bølgelengde for best mulig transmisjon. Selve målingen av trykk og temperatur kan gjøres på to måter, der metode 1: er en utførelse der materiale i ultralydsensoren 8 opptrer som et dempningsmateriale slik
- 15 at overført ultralyd (i spalten) opphører ved en spesifikk frekvens og dens harmoniske frekvenser.

- Metode 2: er at materiale i ultralydsensoren 8 fungerer som et speil/reflektor for ultralyd, og der returnert ultralyd intensitet maksimeres ved en spesifikk frekvens
- 20 og dens harmoniske frekvenser.

- Egenskapene til målekanal 4 er kjent og temperatur og trykk kan deretter beregnes når formen på den målte respons/frekvenskurven fra sensoren er kjent. Typisk blir intensitets responser fra en serie med målinger interpolert for å finne den eksakte
- 25 resonansfrekvens. Når ultralydsensorer påvirkes av den returnerte ultralyden, vil det bli generert en spenning som er proporsjonal med reflektert ultralyd. Denne genererte spenning blir sendt tilbake til instrumentet via den elektriske kabelen 2. Dersom målekanaler (a) og (b) skal benytte felles elektriske ledere i kabel 2, må område for responsfrekvenser i hver av målekanalene konstrueres slik at de ikke er
- 30 overlappet i frekvensområde.

- I en ytterligere utførelse kan oppfinnelsen appliseres på følgende måte: En sensor 8 med to målekanaler a og b er plassert på ønsket sted der måling av trykk og temperatur ønskes. Denne sensoren måler trykk og temperatur basert på endring av
- 35 karakteristiske egenskaper for ultralydsimpedanse i en mediefyllt spalte (4) likt som for figur 3. Målekanal (a) baseres på endring av karakteristiske egenskaper for temperatur og har kompensering for trykkvariasjoner grunnet termisk volumutvidelse i medium (olje), her vist med en belg (3) og et kompressibelt medium 9 (gass) som besørger et tilnærmet konstant trykk på grunn av den termiske
- 40 utvidelse til medium (olje) i spalte (4). Målekanal (b) har kompensering for trykkvariasjoner i medium (olje) grunnet temperatur likt som beskrevet for kanal

(a), men har i tillegg et bourbonrør (6) (manometer) som under påvirkning av et innvendig trykk via innløp (7) vil krumme seg (rulle) ut slik at sylindren (5) blir aksialforskjøvet med en mekanisme (ikke vist), slik at distanse i spalte (4) øker.

- 5 Basisprinsippet for måling av trykk og temperatur er å benytte et medium (olje) som en impedanstilpasning mellom ultralydstransduser 6 og et refleksjons- eller dempningsmateriale 5, likt som forklart under figur 3. Selve målingen av trykk og temperatur kan gjøres på to måter, der metode 1: er at materiale i ultralydsensoren 5 opptrer som et dempningsmateriale slik at overført (transmittert) ultralyd opphører
- 10 ved en spesifikk frekvens og dens harmoniske frekvenser. Metode 2: er at materiale i ultralydsensoren 5 fungerer som et speil/reflektor for ultralyd og returnert ultralyd intensitet maksimeres ved en spesifikk frekvens og dens harmoniske frekvenser som beskrevet for figur 3.
- 15 Impedansen til et medium er definert som tetthet multiplisert med lydhastighet (formel $Z = \rho \cdot v$). Etter teorien for ultralyd kan ultralydovergangen med hensyn på transmisjon og refleksjon optimaliseres for å eliminere refleksjon. Dette gjøres ved å innføre et mellomlag i en spalte 4 som tilpasses impedansen mellom de to materialer. Kravet for dette mellomlaget er at impedansen er lik med kvadratroten
- 20 av produktet til impedans for respektive materialer på hver side som skal tilpasses. Det vil si at refleksjon eller transmisjon av ultralyd er avhengig av frekvensen til trykkbølgene, avstanden i spalten 4 (tykkelse til spalter 4) og ultralydegenskapene til mellomsjiktet og materialer i induksjons- og resonansinnretningen 5, 6. Kravet for at det skal oppnås størst mulig transmisjon er gitt med formel
- 25 $Z_{\text{olje}(4)} = \sqrt{Z_{\text{ultra}(3)} \cdot Z_{\text{demp}(5)}}$. Tykkelsen til spalten (4) må være lik med $\frac{1}{4}$ bølgelengde for best mulig overføring. Selve målingen av trykk og temperatur gjøres ved å justere frekvens på ultralyd slik at reflektert ultralyd opphører eller er minst. Egenskapene til medium i spalte 4 er kjent og temperatur og trykk kan deretter beregnes når resonansfrekvensene i hver av målekanalene er kjent. Typisk vil
- 30 frekvens/resonanskurven fra en serie med målinger bli interpolert for å beregne den mest mulig eksakte frekvens. Når ultralydgivere påvirkes av den reflekterte ultralyden vil det bli generert en spenning som er proporsjonal med andel av reflektert ultralyd. Denne genererte spenning blir sendt tilbake til instrumentet via den elektriske kabelen 2. Dersom målekanaler (a) og (b) skal benytte felles
- 35 elektriske ledere i den elektriske kabelen 2, må område for responsfrekvenser i hver av målekanalene konstrueres slik at de ikke er overlappet i frekvensområde. Typisk vil denne utformingen av oppfinnelsen for trykkmåling medføre at bredden på frekvensområdet lettere kan justeres til ønsket område. Den ovenfor nevnte løsningen kan også benyttes med avstandsmålinger til et i avstandens retning
- 40 bevegelig ultralydsspeil i kanalens ene ende hvor avstanden representerer

kompresjonen i en for omgivelsestrykk og/eller temperatur utsatt belg eller membran der måleprinsippet for trykkmåling er gangtid.

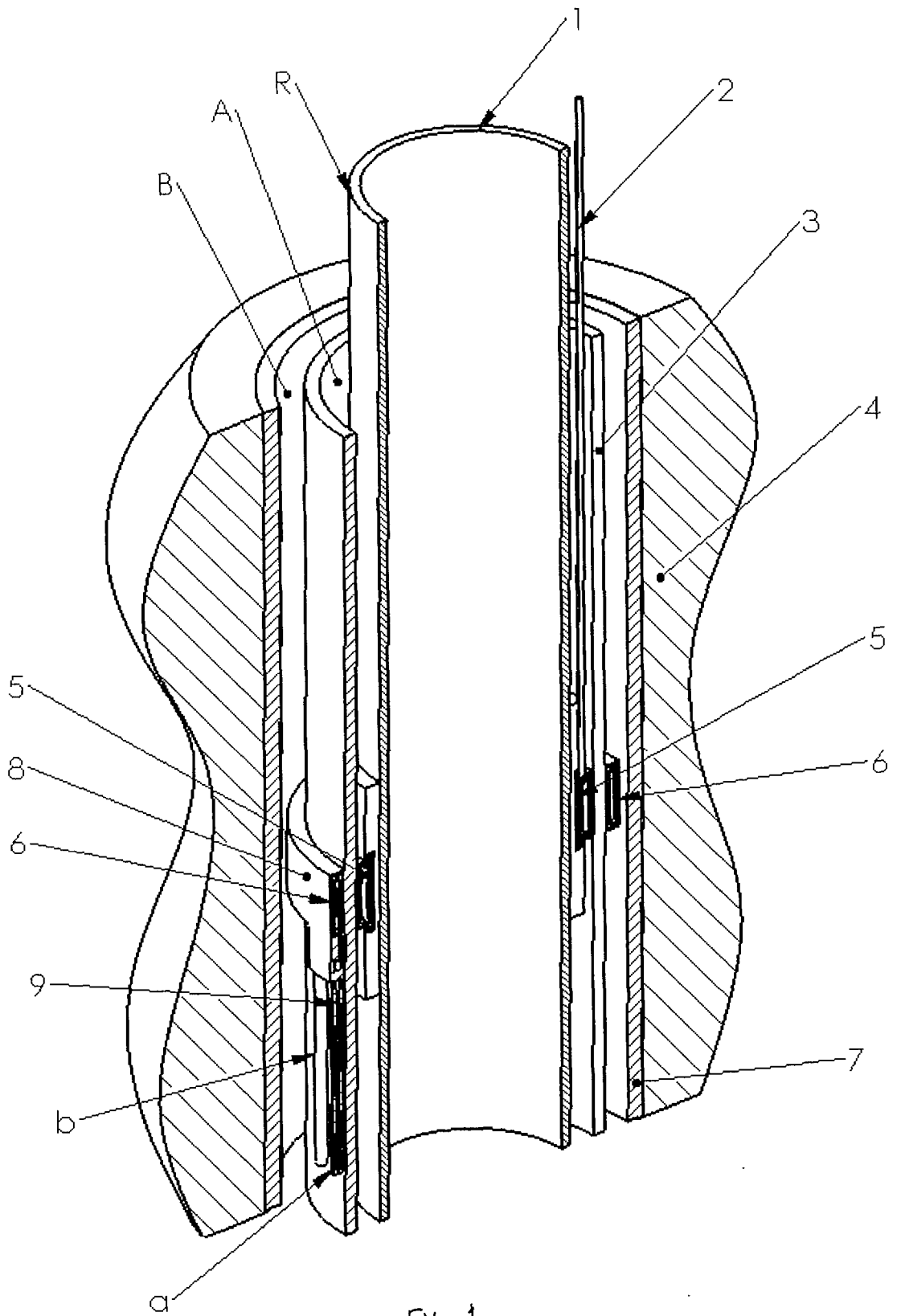
- 5 Oppfinnelsen er nå forklart med henvisning til flere utførelsesformer. En fagmann vil forstå at det kan foretas flere endringer og modifikasjoner av de viste utførelsesformene som faller innenfor rammen av oppfinnelsen, som definert i de etterfølgende kravene.

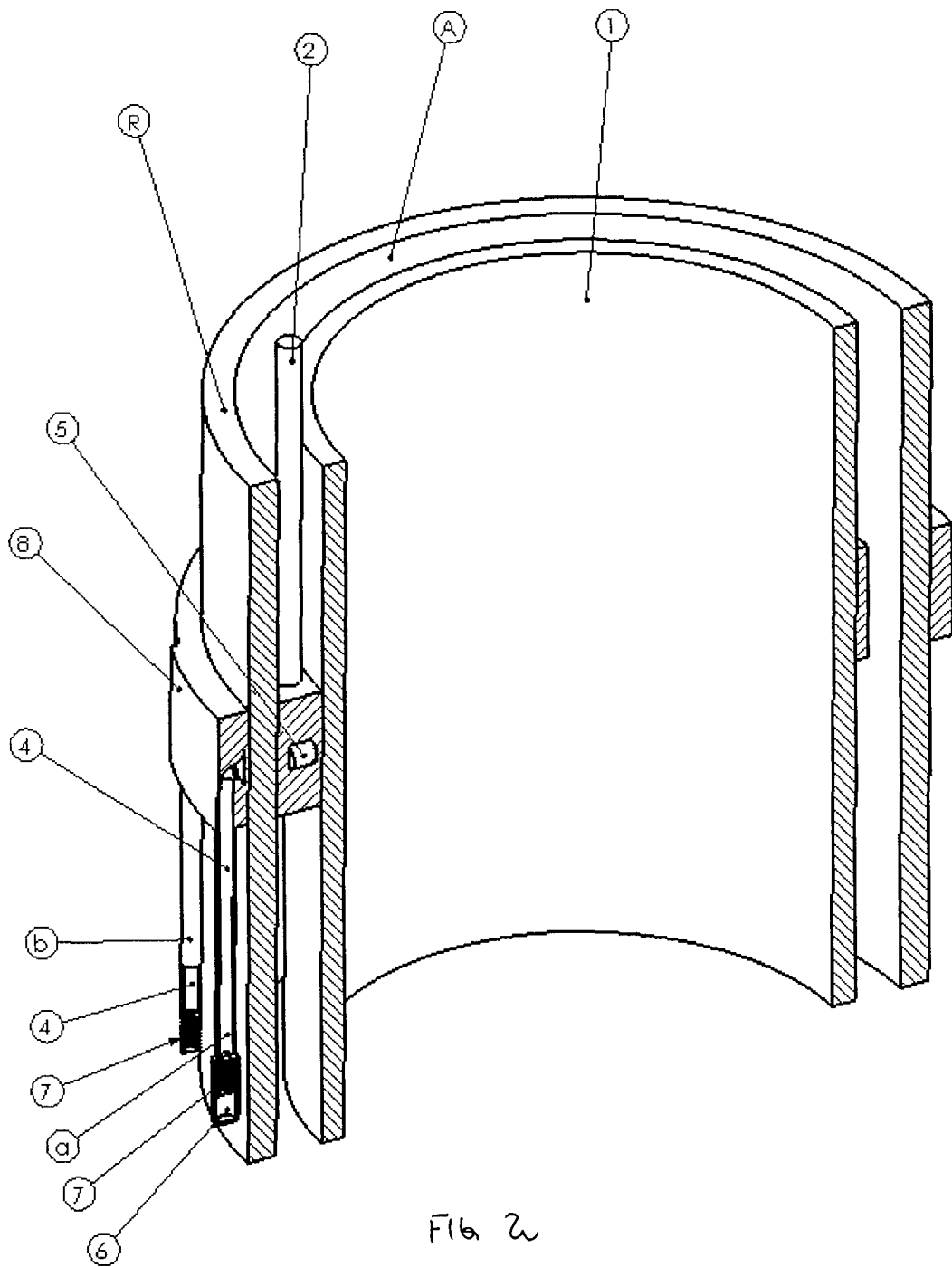
PATENTKRAV

1. System for måling av trykk og temperatur basert på ultralyd *karakterisert* ved at det benyttes to separate målekanaler(a, b), der målekanalene (a, b) inneholder et medium (9) i væskeform hvis egenskaper for trykk og temperatur er kjent, der den første av målekanalene (a, b) er adskilt fra målekanalenes (a, b) omkringliggende trykk og der denne målekanalen (a, b) er anordnet med innvendig trykkkompensator for eliminering av trykkoppbygging grunnet temperaturutvidelse, og der temperatur måles grunnet endring av mediums egenskaper for ultralyd der denne endringen måles med gangtid eller resonansfrekvens, og der det i den andre målekanal (b, a) er en anordning som omsetter omgivelsestrykk til en endring av målekanalens (b, a) egenskaper for gangtid eller resonansfrekvens i medium, og der temperaturmåling i første kanal (a, b) benyttes til å korrigere temperaturpåvirkning på trykkmåling i andre målekanal (b, a).
2. System i følge krav 1, *karakterisert* ved at målekanaler (a, b) for trykk og temperatur er fysisk adskilt fra ultralydsvingerelement med en barriere, og der barrieren agerer som en integrert del av ultralydsensoren (5).
3. System i følge krav 1, *karakterisert* ved at målekanaler (a, b) for trykk og temperatur er fysisk adskilt fra ultralydsensorer (5, 6) men forbundet med bølgelederkanaler i form av massive staver der ultralydsensorer (5, 6) kommuniserer med målekanaler (a, b) gjennom nevnte massive staver
4. System i følge krav 1, *karakterisert* ved at målekanal (a, b) for temperatur er basert på temperaturutvidelse under konstant trykk der endring av tetthet medfører en endring av lydhastighet som måles med endring av gangtid.
5. System i følge krav 1, *karakterisert* ved at målekanal (a, b) for temperatur er basert på temperaturutvidelse under konstant trykk der endring av tetthet medfører en endring av lydhastighet der både tetthet og lydhastighet endrer mediums impedans som igjen påvirker en målbar resonansfrekvens mellom to medium der resonansfrekvensen er en kjent konstruert tilstand grunnet temperatur i medium.
6. System i følge en eller flere av kravene 1, 2, 3,4 og 5, *karakterisert* ved at målekanal (b, a) for trykk er basert på endring av tetthet grunnet kompresjon som igjen medfører en endring av lydhastighet der denne endring måles med gangtidsmåling for ultralyd der mediums

temperaturpåvirkning blir korrigert med temperatur målt i målekanal (a, b) for temperatur.

- 5 7. System i følge en eller flere av kravene 1, 2, 3, 4 og 5,
 karakterisert ved at målekanal (b, a) for trykk er basert på endring av tetthet
 grunnet kompresjon som igjen medfører en endring av lydhastighet der
 endring av mediums ultralydimpedans grunnet variasjon av tetthet og
 lydhastighet som måles med endringen av respons basert på karakteristisk
10 konstruert resonansfrekvens der det korrigeres for temperaturpåvirkning målt
 i målekanal (a, b) for temperatur.
- 15 8. System i følge en eller flere av kravene 1, 2, 3, 4 og 5,
 karakterisert ved at målekanal (b, a) for trykk er basert på en mekanisk
 endring av lengde til bølgeleder og der konstant trykk i bølgeleders medium
 er tilveiebrakt med en konstanttrykk kompensering, og der endring av lengde
 måles med gangtid.
- 20 9. System i følge en eller flere av kravene 1, 2, 3, 4 og 5,
 karakterisert ved at målekanal (b, a) for trykk er basert på direkte
 proporsjonal mekanisk endring av lengde til bølgeleder, der konstant trykk i
 bølgeleder medium er tilveiebrakt med en trykkkompensering, og der endring
 av trykkproporsjonallengde måles med endringen av konstruert
 resonansfrekvens der det korrigeres for temperaturpåvirkning målt i
25 målekanal (a, b) for temperatur.





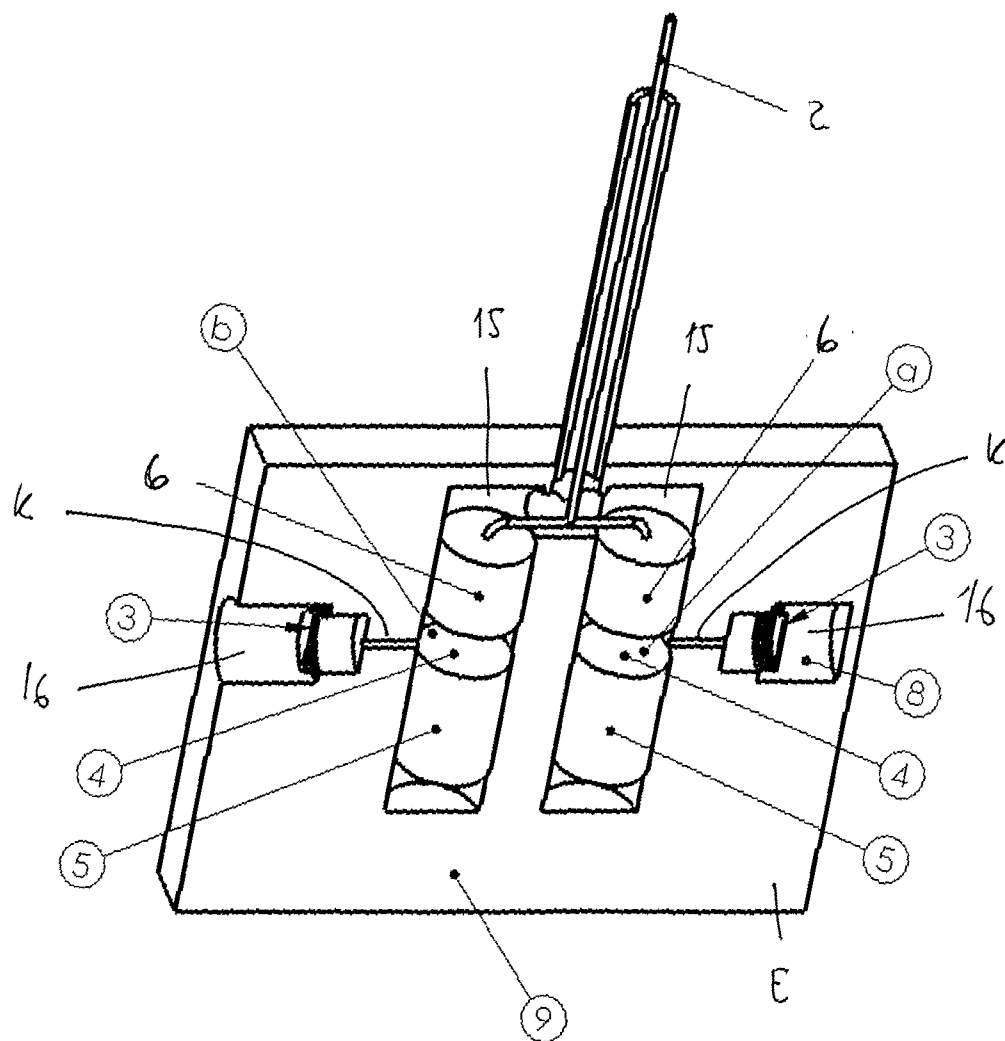


Fig 3

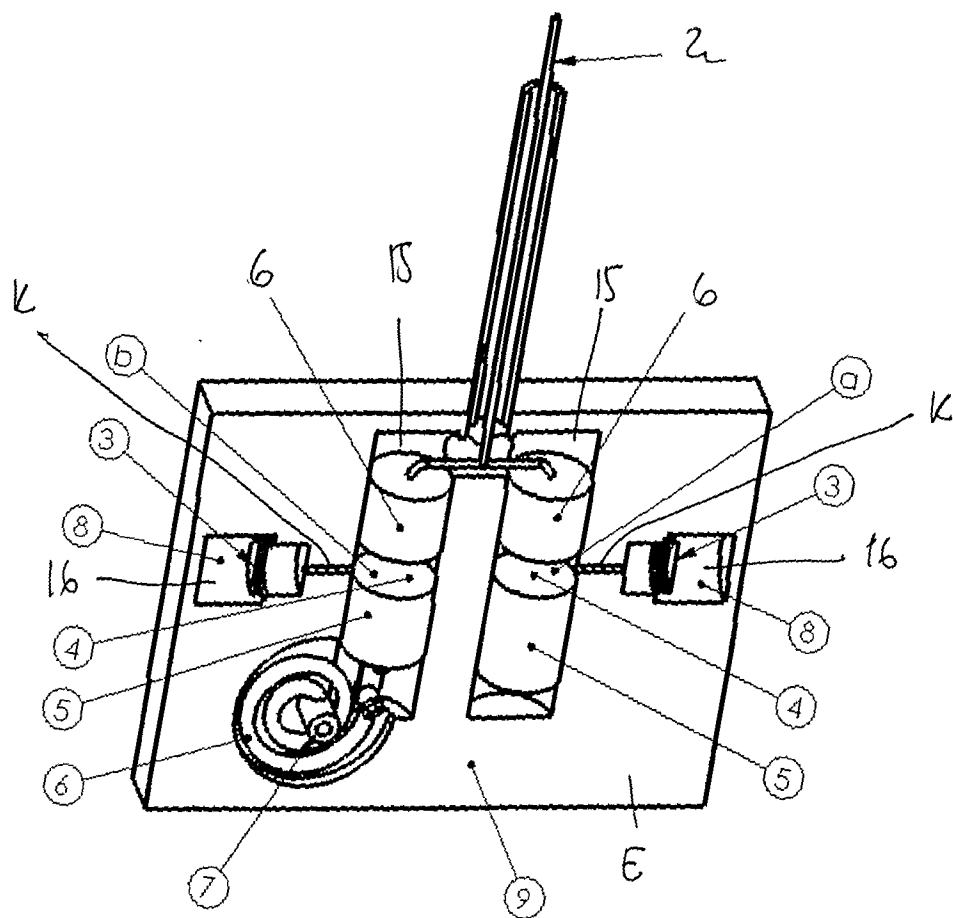


Fig 4