



(12) SØKNAD

(19) NO

(21) 20131375

(13) A1

NORGE

(51) Int Cl.

G01N 27/00 (2006.01)

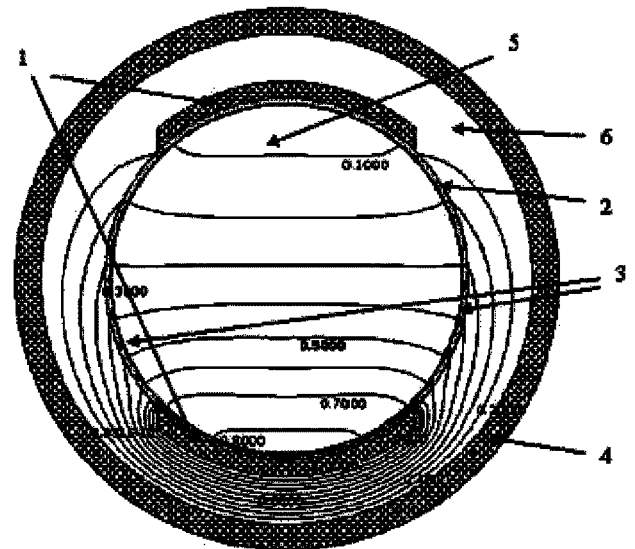
G01R 27/00 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20131375	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr
(22)	Inng.dag	2013.10.16	(85)	Videreføringsdag
(24)	Løpedag	2013.10.16	(30)	Prioritet
(41)	Alm.tilgj	2015.04.17		
(73)	Innehaver	Roxar Flow Measurement AS, Postboks 112, 4065 STAVANGER, Norge		
(72)	Oppfinner	Dimitrios Oikonomou, Løvåsbakken 61, 5145 FYLLINGSDALEN, Norge		
(74)	Fullmektig	Protector Intellectual Property Consultants AS, Oscarsgate 20, 0352 OSLO, Norge		

(54) **Benevnelse** **Scale monitoring**
(57) **Sammendrag**

Den foreliggende oppfinnelsen angår et system for deteksjon av avsetninger eller kjemisk hemmer nær eller på overflaten til elektroder eller stifter rettet mot en fluidstrømning, hvor enhver kombinasjon av komponentene olje, vann, gass og et kjemisk hemmende fluid kan forekomme, og hvor elektrodene eller stiftene er koblet til målemidler for å overvåke de elektriske egenskapene i strømmingen, der de elektriske egenskapene omfatter den komplekse impedansen eller den komplekse permittiviteten. Systemet omfatter deteksjonsmidler som sender et signal som indikerer forekomst av avsetning eller kjemisk hemmer hvis den reelle delen av den komplekse impedansen, i tilfelle hydrokarbonkontinuerlig strømning, eller den imaginære delen av den komplekse impedansen, i tilfelle vannkontinuerlig strømning, avviker fra forhåndsbestemte grenser relatert til de elektriske egenskapene til strømmingen.



Avsetningsovervåking

Den foreliggende oppfinnelsen angår et system og en fremgangsmåte for tidlig deteksjon av avsetningsdannelse på rørvegger i prosesstrømninger.

- 5 Når det utføres målinger i flerfasestrømninger slik som vann, olje og gasstrømninger, er det et velkjent problem at det kan dannes avsetninger på måleutstyr i kontakt med strømmingen, og som dermed påvirker kvaliteten til målingene. Avsetningene kan fjernes på forskjellige måter eller vaskes bort av strømmingen. Behovet for og tiden mellom rensing kan variere avhengig av tilstanden og innholdet i strømmingen. Denne oppfinnelsen vil detektere begynnende
- 10 avsetninger før de påvirker strømningsmålingssensorene og frembringer midler for tidlig håndtering av avsetninger. I det følgende betrakter vi også som avsetninger kjemikalier injisert i strømmingen som kan feste seg på røret, sensorveggene og elektrodene. Slike kjemiske injeksjoner tar sikte på å fjerne avsetninger og rens rørene og/eller sensoren.
- 15 Innholdet i en flerfasestrømning kan estimeres ved å bruke elektroder som måler impedansen i strømmingen, dvs ved å finne strømmingens permittivitet og konduktivitet. Flere løsninger er kjent, f eks som beskrevet i WO2007/018434, WO2008/085065, WO2005/057142 og US 6182504. I alle disse publikasjonene utføres målingene av elektroder i kontakt med fluidstrømmingen, og kvaliteten til målingene kan svekkes av kalkavleiringer eller avsetninger på
- 20 elektrodene.

Formålet med den foreliggende oppfinnelsen er å frembringe midler for tidlig deteksjon av avsetninger på målerkroppen, slik at rensing og, om nødvendig, justeringer av målingene kan utføres før de får effekt på målingenes kvalitet. Dette oppnås med fremgangsmåten og

25 systemet spesifisert i de selvstendige patentkravene. Videre muliggjør den foreliggende oppfinnelsen utvikling av frittstående sensorer med evne til tidlig deteksjon av avsetninger på rør.

Den foreliggende oppfinnelsen er basert på erkjennelsen at visse elektriske egenskaper målt i

30 strømmingen ikke tilsvarer strømmingens natur. For eksempel har en oljekontinuerlig strømning ingen signifikant konduktivitet, mens en vannkontinuerlig strømning oppviser variabel konduktivitet avhengig av strømmingens salinitet, men ingen signifikant kapasitans. Ettersom disse parameterne kan beregnes ved å overvåke den komplekse impedansen målt av

sensoren, er det mulig å detektere dannelse av avsetninger ved å sammenligne verdiene som forventes i strømmingen med verdiene målt av sensoren.

En heller generell tilnærming vil være å måle strømmingens komplekse impedans med elektroder. Kompleks impedans har en reell del (konduktans) og en imaginær del (kapasitans). Hver av dem (den reelle eller imaginære delen) bør endre seg uregelmessig for å detektere en avsetning eller kjemisk hemmer i sensorkroppen. Den reelle og den imaginære delen av den komplekse impedansen er relatert til henholdsvis konduktiveten og den dielektriske konstanten/permittiviteten til prosessen. På lignende måte som målinger av kompleks impedans, som vanligvis brukes ved elektriske målinger av prosessen ved lave frekvenser (vanligvis under 10MHz), er det vanlig å benytte mikrobølgemålinger, som involverer mikrobølgesonder, ved høyere frekvenser (vanligvis over 10MHz). Ved høyere frekvenser brukes kompleks permittivitet til å beskrive de elektriske egenskapene til prosessen, og mikrobølgesonder brukes som sendere og mottakere. Det implementeres fase- og/eller amplitudemålinger relatert til henholdsvis den reelle og imaginære delen av prosessens komplekse permittivitet.

Den relative komplekse permittiviteten (ϵ_r^*) er en dimensjonsløs størrelse som sammenligner den komplekse permittiviteten til et materiale (ϵ^*) med permittiviteten til fritt rom ϵ_0 ($\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12}$ F/m). Den beskriver vekselvirkningen av et materiale med det elektriske feltet og består av en reell del ϵ_r' , som representerer energilagringsevnen, og en imaginær del ϵ_r'' , som representerer tapene. Den reelle delen av den relative permittiviteten (ϵ_r') er et mål på hvor mye energi fra et eksternt elektrisk felt som lagres i materialet. Den kalles ofte «dielektrisk konstant», og er relatert til strømmingens kapasitans. For de fleste faste stoffer og væsker er $\epsilon_r' > 1$ og for de fleste gasser er $\epsilon_r' \cong 1$. Den imaginære delen av den relative permittiviteten (ϵ_r'') kalles «tapsfaktoren» («loss factor») og er relatert til strømmingens konduktivitet.

Oppfinnelsen vil bli nærmere beskrevet med henvisning til de vedføyde tegningene, som illustrerer oppfinnelsen ved hjelp av eksempler.

30

Fig. 1 illustrerer blandingskonduktiviteten i en flerfasestrømning som funksjon av vannandelen.

- Fig. 2 illustrerer elektrodekonstellasjonen ifølge en første utførelsesform av oppfinnelsen.
- Fig. 3 illustrerer en forenklet ekvivalent krets i tilfelle en avsetning med et ledende lag i oljekontinuerlige strømningsregimer.
- 5 Fig. 4a, 4b illustrerer ...
- Fig. 5 illustrerer permittiviteten som en funksjon av oljeandelen i en vannkontinuerlig strøm.
- Fig. 6 illustrerer konduktiviteten som en funksjon av oljeandelen i en vannkontinuerlig strøm.
- 10 Fig. 7 illustrerer en forenklet ekvivalent elektrisk krets av blandingen slik den ses av sensoren.
- Fig. 8 illustrerer elektrodekonfigurasjonen inkludert et kapasitivt lag på en del av elektrodene.
- Fig. 9 illustrerer et generelt elektrisk nett som beskriver effekten av et kapasitivt lag på elektrodene/stiftene til impedanssensoren.
- 15 Fig. 10a,10b illustrerer elektrodekonfigurasjonen inkludert to kapasitive lag til venstre og ingen kapasitive lag til høyre.
- Fig. 11 illustrerer fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen.
- 20 Maxwell (1904), Bruggeman (1935), Wagner (1973), Sillars (1937) (se fullstendig referanse nedenfor) og mange andre har utviklet former for estimering av den effektive komplekse permittiviteten i homogene blandinger av to forskjellige faser. Effektive kompleks permittivitet er permittiviteten til et virtuelt materiale som når det erstatter en blanding av to eller flere materialer oppviser identisk elektromagnetisk oppførsel.
- 25 For enkelhets skyld blir tilfellet hvor én av komponentene (saltvann) har høy konduktivitet sammenlignet med den andre (olje og/eller gass) drøftet her, og hensikten er å estimere strømningens normale effektive komplekse permittivitet i oljekontinuerlige og vannkontinuerlige strømningstilstander. Normal kompleks permittivitet defineres i dette dokumentet som de forventede verdiene av den reelle og imaginære delen av den effektive komplekse permittiviteten til en trefasestrømning som en impedans- eller mikrobølgesensor vil måle i
- 30 fravær av en avsetning.

Tilfelle med oljekontinuerlig strømning (vann i olje W/O)

En blandings effektive konduktivitet σ_m i W/O, er ifølge (Hanai, 1963) (se fullstendig referanse nedenfor) relatert til oljens konduktivitet σ_o gjennom formelen

$$k_{\sigma,m} = \frac{\sigma_m}{\sigma_o} = \frac{1}{(1 - \beta)^3}$$

- 5 hvor β er vannandelsforholdet. Figur 1 viser økningen i $k_{\sigma,m}$ for blandings konduktivitet sammenlignet med oljens konduktivitet.

Selv om Hanai-formelen bare er én av måtene å estimere blandings effektive konduktivitet på, kan den beregne området for de forventede verdiene med akseptable nøyaktighet og tett
10 opptil alt publisert arbeid (Bruggeman osv). I tilfellet med oljekontinuerlige strømningsregimer, og med henblikk på at strømmingstilstanden går over til vannkontinuerlig når vannandelen er høyere enn 50-70%, vil strømmingens forventet maksimale effektive konduktivitet, eller normal strømningskonduktivitet, ikke bli høyere enn 40 ganger konduktiviteten til ren olje.

15

I oljekontinuerlig strømningsregime, når avsetninger av konduktiv natur, enten grunnet frie elektroner eller ionisk konduktivitet, belegger sensorens vegger, kan den målte effektive konduktiviteten være mye høyere enn den forventede. Hvis økningen i den målte effektive konduktiviteten er 60 ganger eller mer enn konduktiviteten til ren olje, så kan sensoren trygt
20 frembringe et signal om at et lag av konduktiv natur er dannet på målerens vegger. Som tidligere beskrevet, kan vann fordelt i oljen maksimalt gi en økning i blandings konduktivitet med en faktor omkring 40.

Figur 2 viser tilfellet med en sensor 4 som består av to elektroder 1 innesluttet i et isolerende
25 materiale 6, hvor en konduktiv avsetning 2 (illustrert med stiplet område) er utviklet seg, og en konduktiv strøm 3 (illustrert med piler) forløper gjennom avsetningslaget og øker den effektive konduktiviteten til den olje- eller vannkontinuerlige strømmingen 5. Konturlinjene i tegningene illustrerer elektrisk potensial (V) og pilene strømtetthet.

30 Den konduktive strømmen grunnet effekten av avsetning kan overvåkes selv om én enkelt elektrode brukes, for eksempel i tilfellet med koaksiale mikrobølgesonder, hvor den konduktive strømmen vil flyte fra den sentrale stiftet i sonden gjennom det konduktive avsetningslaget til målerkroppen. Det samme er tilfelle for sensorer som inneholder flere enn

2 elektroder så snart en konduktiv sti grunnet avsetningslaget utvikles mellom den eksisterende elektroden eller stiften og en annen elektrode eller stift eller målerkroppen som tillater flyt av en konduktiv strøm.

5 Figur 2 viser et vertikalt tverrsnitt av strømmingen til en kompleks impedanssensor som omfatter to elektroder 1 i kontakt med strømmingen. Strømmingen er i en oljekontinuerlig tilstand. Ingen signifikant konduktiv strøm forløper gjennom strømmingen. En konduktiv strøm, vist med piler, forløper mellom elektrodene gjennom det konduktive laget på sensorens vegger. Det elektriske forskyvningsfeltets isolinjer er også vist.

10

Artikkelen av Tore Tjomsland m fl (se fullstendig referanse nedenfor) drøfter forhold vedrørende den imaginære delen av permittiviteten for diverse råoljer mot frekvens.

15 Her er det viktig å merke seg at tidlig deteksjon av avsetningslaget kan oppnås ved å bruke idéen beskrevet i denne oppfinnelsen uten å måle blandingens kapasitans. A priori kunnskap om typen strømning (i dette tilfellet oljekontinuerlig) sammen med en konduktivitetmåling som er 60 ganger høyere enn konduktiviteten til ren olje er tilstrekkelig til å konkludere at det finnes et konduktivt avsetningslag.

20 I tillegg, tatt i betraktning at typisk oljekonduktivitet er i området nano/S/m til picoS/m, mens konduktiviteten i en vannkontinuerlig strømning er i S/m-området, vil den foreliggende oppfinnelsen registrere forekomsten av et avsetningslag/kjemisk injeksjon når den blandede konduktiviteten faller i mikroS/m til nanoS/m-området, godt under måleområdet som tolkes av en strømningsmåler som vannkontinuerlig, dvs konduktivitetsområdet S/m til milliS/m.

25

Et eksempel er tilfellet, i oljekontinuerlig strømningstilstand, hvor den statiske konduktiviteten brukes til å overvåke forekomsten av et avsetningslag ved å måle konduktansen mellom en ledende stift med 2 mm radius og 5 mm høyde med 1 cm isolasjon mellom stiftene og sensorens metallkropp. Et konduktivt lag laget av materiale med konduktivitet på 1 S/m vil 30 øke den blandede konduktiviteten med en faktor 60 sammenlignet med oljekonduktiviteten når lagtykkelsen faller i området nanometer, en tykkelse som sannsynligvis ikke er synlig for en erfaren operatør. I tillegg påvirker i de fleste tilfeller ikke en slik avsetningslast ytelsen til en strømningmålerinnretning. I denne sammenheng kan en strømningmålerinnretning som

ikke bruker den foreliggende oppfinnelsen ikke brukes til å overvåke mindre avsetningslag eller lavvolum hemmerinjeksjoner.

5 Det elektriske nettverket vist i figur 3 fremstiller en forenklet ekvivalent krets for tilfellet med konduktivt avsetningslag i oljekontinuerlige strømningsregimer forbundet med én eksiterende elektrode/stift 7 og en annen elektrode/stift eller målerkropp 8.

I dette nettverket brukes C_m og R_m til å beskrive den komplekse impedansen til strømmingen, mens R_d er resistansen i avsetningslaget, som er omvendt proporsjonal med konduktiviteten til avsetningslaget. Hvis R_d er betydelig mindre enn den minste R_m som en W/O kan fremvise, så er $\frac{1}{R_m || R_d} \approx \frac{1}{R_d}$, og følgelig vil den sensormålte blandede konduktiviteten være konduktiviteten til laget, og sensoren kan frembringe et signal for forekomsten av det konduktive avsetningslaget.

15 Det er også verdt å nevne at det ikke er noen endring i den målte kapasitansen til nettverket, og at sensoren derfor bør konstrueres nøye for å a) kunne måle strømmingens komplekse impedans, b) dekke det utvidede dynamiske området for den reelle delen av kompleks impedans, c) kunne måle nøyaktig strømmingens kapasitans i nærvær av den konduktive strømmen, og følgelig d) tillate nøyaktige beregninger av andeler i strømmingen uten
20 degradert ytelse når avsetningens volumandel er tilstrekkelig liten sammenlignet med sensorens volum.

En mulig implementasjon av den beskrevne teknikken, med formål å måle både strømningskapasitansen og lagets konduktans, kan oppnås ved å bruke transientanalyse på system-
25 responsen når strømmingen eksiteres av en lavpassfiltret rektangulær puls. Som vist i figur 4a, genereres 41 en rektangulær puls i en slik implementasjon mens lavpassfilteret 42 definerer frekvensen av interesse for målingen som skal implementeres. Signalet eksiterer strømmingen 44 gjennom en elektrode 43 og en andre elektrode 45 brukes til å overvåke strømmen som flyter gjennom en ladningsforsterker 46 inn i en miller-integrator med
30 lavimpedansinngang og endelig DC-tilbakekobling som vist i figur 4a.

Gjennom nøye valg av komponenter og elektrisk analyse av de eksiterende og mottakende delkretsene, kan det bestemmes samplingstider t_{Cm} og t_{Rd} som muliggjør samtidig og nøyaktig

måling av henholdsvis strømningsskapasitansen og lagets resistans som vist i figur 4b, hvor t_{cm} og t_{rd} er definert som tiden fra pulsens eksiteringstid t_0 . Her er strømningens kapasitans (i dette tilfellet 0,2 pF) målt korrekt ved tid t_{cm} uavhengig av lagets resistans, som er målt ved tiden t_{rd} . Dette valget kan utføres av en person som del av en utviklingsprosedyre for

5 instrumenteringselektronikk eller tilsvarende. Pulslengden bør være tilstrekkelig til å sikre at frekvensene valgt av lavpassfilteret kan eksitere elektroden. Avbildningen av utgangsspenninger til strømningsskapasitans (utgangsspenning ved samplingstid t_{cm}) og lagets resistans (utgangsspenning ved samplingstid t_{rd}) oppnås vanligvis ved kalibrering under produksjon av elektronikken.

10 Det vises i samme figur 4b at målingen er svært rask, og en enkelt måling av både strømningsskapasitansen og lagets resistans kan utføres i halve perioden av en eksiteringspuls. I det spesifikke eksempelet er eksiteringsfrekvensen 22 kHz og lavpassfilterets 3dB frekvens er ved 100 kHz, hvilket muliggjør kontinuerlig overvåking av strømningens effektive komplekse impedans med en tidsopløsning bedre enn 25 mikrosekunder.

15

Valg av puls og 3dB lavpassfilterfrekvens samt komponentene i den eksiterende og mottakende delkretsen må utføres i samsvar med kunnskap om måleren og størrelsen til måleren og elektrodene/stiftene, målverdiene og det dynamiske området til kapasitansene og resistansene som skal håndteres ved implementasjon av teknikken.

20

Tilfelle med vannkontinuerlig strømning (olje i vann O/W)

Den reelle delen av blandingens effektive permittivitet (ϵ_m) er ifølge (Hanai, 1963) relatert til olje (ϵ_o) og vannpermittiviteten (ϵ_w) ved formelen

25
$$\frac{2\epsilon_m - 3\epsilon_o}{2\epsilon_w - 3\epsilon_o} = (1 - \Phi)^{3/2}$$

hvor Φ er oljeandelsforholdet, og $\Phi = 1 - \beta$, der β er vannandelsforholdet.

Med antakelse av vanns reell del av permittiviteten som 81 og oljes reell del av permittiviteten som 2,2, verdier som er funnet i litteraturen og brukt i dokumentet kun for å forstå teknikken, endres den relative reelle delen av O/W blanding med en faktor $k_{\epsilon,m} = \frac{\epsilon_m}{\epsilon_w}$

30 som vist i figur 5.

Dermed avtar den reelle delen av den effektive mediumpermittiviteten ettersom mengden av olje øker og strømmingen forblir i den vannkontinuerlige fasen.

Den imaginære delen av blandingens effektive permittivitet i O/W er relatert til

5 vannandelsforholdet ved formelen

$$k_{\sigma,m} = \frac{\sigma_m}{\sigma_w} = (1 - \Phi)^{3/2}$$

10 vist i figur 6, hvor Φ er oljeandelsforholdet. Dermed avtar den imaginære delen av effektiv mediumpermittivitet, som er relatert til blandingens konduktivitet, ettersom mengden av olje øker og strømmingen forblir i den vannkontinuerlige fasen.

Den ekvivalente elektriske kretsen av blandingen som sensoren måler er illustrert i figur 7, hvor kapasitansen C_m av det effektive mediet avtar og resistansen R_m til det effektive mediet

15 øker ettersom oljeandelen øker og strømmingen forblir i den oljekontinuerlige fasen, hvor $R_m = \frac{L}{A} \cdot \frac{1}{\sigma_m}$ med L som lengden, A tverrsnittarealet og σ_m konduktiviteten til motstanden R_m .

I vannkontinuerlig strøm gjør nærvær av salt i vann vannet elektrisk ledende (konduktivt), og følgelig vil strømmen gjennom C_m bli kortsluttet av R_m når sensoren eksiterer strømmingen.

20 Det kan vises at strømmen gjennom C_m ved 100% vannandel er lik strømmen gjennom R_m hvis målingene foretas ved en frekvens f_c gitt av:

$$f_c = \frac{\sigma_w}{2\pi\epsilon_0\epsilon_w}$$

hvor ϵ_0 er permittiviteten i fritt rom ($\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12}$ F/m).

25 For $\sigma_w = 1$ S/m og $\epsilon_w = 81$ er frekvensen hvor disse strømmene har lik amplitude beregnet til området rundt 220MHz.

Tatt i betraktning at måling i vannkontinuerlig strømning foretas ved frekvenser vesentlig lavere enn f_c , er effekten på endringene i de komplekse permittivetsmålingene neglisjerbare for formålet strømningsmålinger på grunn av strømmingens kapasitans (reell del av mediets effektive permittivitet). Overvåking av små endringer i strømmingens kapasitans i vannkontinuerlig strømningstilstand er komplisert grunnet parasittiske effekter i sensorens elektronikk, og polariseringseffekten av dobbeltlag på overflaten mellom elektrodene og strømmingen. Den

optimale frekvensen for å foreta impedansmålinger ligger i området 10 kHz til 20 MHz, hvor polarisasjonseffekten av dobbeltlaget er eliminert.

Figur 8 illustrer en elektrodekonfigurasjon 11 inkludert et kapasitivt lag 12 mellom elektrode og strømning 14. Det finnes en spenningsdifferanse mellom sidene av laget (én festet til den eksiterende elektroden og den andre til strømningen). Alle deler av den eksiterende elektroden er ved samme potensial siden den er en god leder. Konturlinjene i tegningen illustrerer elektrisk potensial (V) og pilene strømtetthet (A/m^2).

I det følgende eksempelet basert på konfigurasjonen i figur 8, ser vi det vertikale tverrsnittet av en impedanssensor som består av to elektroder/stifter isolert fra målerkroppen av et ikke-ledende isolerende materiale. Strømningen er antatt konduktiv, og begge elektroder er delvis dekket av et kapasitivt lag. Den venstre elektroden betraktes som den eksiterende elektroden, mens den høyre er en mottakende elektrode. Det vises klart på det venstre kapasitive laget med areal A og tykkelse d at det det finnes en spenningsdifferanse mellom overflaten som berører elektroden (elektrodepenning 1V) og overflaten som berører strømningen (strømningsspenning 0,89-0,91V). Antas for enkelhets skyld konstant spenning på begge sider og neglisjeres de elektromagnetiske effektene nær topp- og bunnsiden av det kapasitive laget, er en platekondensator den elektriske nettverksekvivalenten til de elektromagnetiske fenomenene i laget. Kapasitansen til en platekondensator er av størrelsesorden:

$$C = \epsilon_l \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

hvor ϵ_l er den reelle delen av den relative komplekse permittiviteten av materialet i laget og ϵ_0 er permittiviteten i fritt rom. Med et overflateareal A lik $1cm^2$, tykkelse d lik $0.5mm$ og $\epsilon_l=2.5$, er kapasitansen til laget i området 15 nF, hvilket er mye høyere enn enhver mulig kapasitans målt med en impedanssensor i en vannkontinuerlig, og dermed konduktiv, strømning. Deteksjon av laget implementeres ved å måle energilagringsevnen til strømningen, inkludert det kapasitive laget. Hvis det ikke finnes noe kapasitivt lag, er den konduktive strømningen ute av stand til å lagre en vesentlig ladningsmengde, mens det kapasitive laget i det viste eksempelet vil lagre ladning lik $Q = C \cdot \Delta V = 15nF \cdot 0.1V = 1.5nCoulomb$, hvor ΔV er spenningsdifferansen mellom sidene av det kapasitive laget. Dette overskuddet av ladning lagret av O/W-strømmen når det finnes et kapasitivt lag på eksiterings elektroden eller stifen, kan overvåkes av sensoren ved å bruke velkjente teknikker.

En implementasjon av denne målingen er transientanalyse av strømmene som flyter gjennom sensoren når en spenningspuls påtrykkes en eksiterende elektrode tilsvarende implementasjonen beskrevet for W/O-lagsovervåkingsutførelsen.

- 5 Som i tilfellet med oljekontinuerlig strømning, kan en kapasitans eller minimal ladnings-
terskel defineres basert på måleteknikken og frekvensen(e) til kapasitansmålingene. En målt
kapasitans eller ladning som overstiger denne terskelen signaliserer forekomst av et kapazitivt
lag på elektroden eller stiftene. Igjen er eksakt måling av den effektive konduktiviteten til
10 prosessen irrelevant for deteksjon av det kapasitive laget. Systemet kan måle strømningens
effektive konduktivitet for å bestemme (ved å bruke algoritmer som er irrelevante for den
foreliggende oppfinnelsen) når prosesstilstanden er i vannkontinuerlig modus, eller utformes
for å få prosesstilstanden som inndata.

Et generelt elektrisk nettverk som beskriver effekten av et kapazitivt lag i elektrodene/stiftene
15 11 i impedanssensoren er gitt nedenfor i figur 9, hvor R1-n brukes til å beskrive strømningens
konduktive egenskaper og C1-m er den distribuerte kapasitansen til det kapasitive laget festet
til eksiteringssonden, som vises tilkoblet en eksiterende elektrode/stift 17 og en mottakende
elektrode/stift eller målerkropp 18.

- 20 Det er verdt å notere seg at sensoren 14 fortsatt vil være i stand til å måle strømningensresi-
stansen korrekt såfremt det kapasitive laget ikke dekker en stor del av elektroden 11. Den
konduktive elektroden/stiftene 11 er på samme potensial, og hvis det er kontakt mellom
elektroden 11 og strømningen 15 (eksiterende elektrode og R1), så blir den stabile strømmen i
nettverket beskrevet over ikke påvirket av kapasitansene C1-m, og en korrekt måling av
25 strømningens konduktivitet kan foretas. Teorien er fortsatt gyldig i praksis, siden det
kapasitive laget kun vil introdusere en nærfelteffekt nær eksiteringselektroden 11, og har en
neglisjerbar effekt på feltet ved de mottakende elektrodene/stiftene. De neste to figurene, figur
10a og 10b illustrerer dette fenomenet. Den elektriske potensialfordelingen og strømtettheten
fra en ren sensor og en sensor med to kapasitive lag på eksiterings- og mottakersondene er
30 vist i en konstellasjon med to kapasitive lag i figur 10a og ingen lag i figur 10b. Det fremgår
at i kort avstand fra den eksisterende elektroden er feltfordelingen den samme i begge tilfeller.

Et eksempel på en fremgangsmåte ifølge oppfinnelsen er illustrert i figur 11. Ifølge figuren
måles en kompleks impedans 101. Hvis denne viser at strømningen er olje eller

hydrokarbonkontinuerlig, bestemmer den hvorvidt den reelle delen av den komplekse impedansen er utenfor de normalt forventede verdiene 102. Hvis ikke, fortsetter de normale strømningsmålingsberegningene 112, men hvis de ligger utenfor det normale området bør muligheten for at en injeksjon av en kjemisk hemmer er utført vurderes 103. Svaret på spørsmålet om kjemisk injeksjon gis vanligvis av operatøren eller andre instrumenter som styrer den kjemiske injeksjonsprosessen.

Hvis en kjemisk hemmer er tilført, overvåkes den kjemiske injeksjonen kvalitativt basert på den reelle delen av den komplekse impedansen 104, men hvis ikke, sendes 105 et signal som identifiserer forekomst av et konduktivt lag på elektrodene, f eks til overvåkingspersonell eller overvåkingsutstyr.

I begge tilfeller kan den imaginære delen av den komplekse impedansen om nødvendig korrigeres for å forbedre strømningsmålingens nøyaktighet 106, og målingene kan fortsette 112. En slik korreksjon kan involvere korreksjon av måletverrsnittet eller volumet, som kan være redusert med forekomst av avsetning i røret, eller også korreksjon av den elektriske målingen for å ta hensyn til de elektriske egenskapene til avsetningen.

I tilfelle det første trinnet 101 bestemmer at strømmingen er vannkontinuerlig, blir den imaginære delen av den komplekse impedansen evaluert 107. Hvis den er innenfor normale grenser, fortsettes strømningsmålingsberegningene 112, hvis ikke, bør injeksjon av en kjemisk hemmer betraktes 108.

Hvis en kjemisk hemmer er tilført, overvåkes den kjemiske injeksjonen kvalitativt basert på den imaginære delen av den komplekse impedansen 109, hvis ikke, sendes 110 et signal som identifiserer forekomst av et konduktivt lag på elektrodene, f eks til overvåkingspersonell eller overvåkingsutstyr.

I begge tilfeller kan den reelle delen av den komplekse impedansen om nødvendig korrigeres for å forbedre strømningsmålingens nøyaktighet 111, og målingene kan fortsette 112. En slik korreksjon kan involvere korreksjon av måletverrsnittet eller volumet, som kan være redusert med forekomst av avsetning i røret, eller også korreksjon av den elektriske målingen for å ta hensyn til de elektriske egenskapene til avsetningen.

For å oppsummere, angår oppfinnelsen altså en fremgangsmåte og et system for tidlig deteksjon av avsetninger eller kjemisk hemmer på en overflate nær elektroder vendt mot en fluidstrømning, og hvor fluidstrømningen kan omfatte enhver kombinasjon av komponentene olje, vann, gass og et kjemisk hemmer-fluid. Systemet omfatter elektroder koblet til målemidler for å overvåke de elektriske egenskapene til strømmen, og de elektriske egenskapene omfatter kompleks impedans.

Systemet omfatter deteksjonsmidler som sender et signal som indikerer tilstedeværelsen av en avsetning eller kjemisk inhibitor hvis de overvåkede elektriske kjennetegnene overstiger en forutbestemt verdi, der den forutbestemte verdien kjennetegner situasjonen uten avsetning. Avviket er spesifikt definert som den reelle delen av den komplekse impedansen hvis fluidstrømmen er en kontinuerlig hydrokarbonstrøm. Hvis fluidstrømmen er en vannkontinuerlig strømning vil den imaginære delen av de elektriske kjennetegnene avvike fra forutbestemte grenser.

15

Systemet omfatter deteksjonsmidler som sender et signal som indikerer om den reelle delen av den komplekse impedansen, i tilfelle hydrokarbonkontinuerlig strømning, eller den imaginære delen av den komplekse impedansen, i tilfelle vannkontinuerlig strømning, avviker fra forhåndsbestemte grenser relatert til de elektriske egenskapene til strømningen.

20

En identifikasjon av en avsetning kan da registreres og et signal kan sendes som indikerer en slik deteksjon hvis den reelle delen av den komplekse impedansen eller resistansen er under en forhåndsbestemt verdi, hvilket vil være tilfelle i en hydrokarbonkontinuerlig strømning, eller den imaginære delen av den komplekse impedansen eller kapasitansen er over en forhåndsbestemt verdi, hvilket vil være tilfelle hvis strømningen er en vannkontinuerlig strømning.

25

Systemet og fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen kan altså inneholde midler, enten basert på de målte egenskapene eller annet, for å bestemme om strømningen er vannkontinuerlig eller hydrokarbonkontinuerlig. Strømningsstatusen som enten olje- eller vannkontinuerlig kan enten være inndata til systemet eller bestemmes av fremgangsmåter kjent for den kyndige, f eks som beskrevet i US 4,774,680 eller US 6,182,504.

30

De forhåndsbestemte grensene som indikerer deteksjon av et avsetningslag eller en injeksjon kan være en fast verdi, men kan også være en forhåndsbestemt funksjon, f eks en relativ verdi. Sammenligningsmidlene kan omfatte avanserte multivariate eller nevrale nettverksmetoder som sammenligner et antall forskjellige kjente eller målte parametere relatert til strømmingen eller simpelthen ved å definere avleiringsdeteksjon i en forhåndsbestemt mengde relaterte parametere.

I dette tilfellet kan de forhåndsbestemte grensene justeres dynamisk ved å bruke midler som gir sammensetning og/eller andeler og/eller trykk og/eller vannsalinitet og/eller temperatur og/eller rate og/eller tetthetsmålinger hvis målingene endrer den reelle delen av den effektive komplekse permittiviteten til flerfasestrømmen i hydrokarbonkontinuerlige regimer eller endre den imaginære delen av den effektive komplekse permittiviteten til flerfasestrømmen i vannkontinuerlige strømningsregimer.

På den andre siden kan en kvalitativ måling av avsetningen i sensorens posisjon samt en evaluering av rørtilstanden frembringes basert på den reelle delen av den komplekse impedansen av den målte komplekse impedansen hvis strømmen er i hydrokarbonkontinuerlig tilstand eller basert på den imaginære delen av den komplekse impedansen av den målte komplekse impedansen hvis strømmen er i vannkontinuerlig tilstand.

En måling av vekstraten til avsetningen i nærheten av sensoren kan frembringes basert på periodiske målinger av den reelle delen av den målte komplekse impedansen hvis strømmingen er i hydrokarbonkontinuerlig tilstand eller basert på den imaginære delen av den målte komplekse impedansen hvis strømmingen er i vannkontinuerlig tilstand.

I tillegg kan effektiviteten til en kjemisk hemmer for å fjerne en avsetning måles ved å sammenligne den reelle delen av den målte komplekse impedansen hvis strømmingen er i hydrokarbonkontinuerlig tilstand eller basert på den imaginære delen av den målte komplekse impedansen hvis strømmingen er i vannkontinuerlig tilstand før og etter injeksjon av hemmer i strømmingen. Også mengden og/eller raten og/eller periodene til en kjemisk hemmer som skal injiseres i et rør for å rense en avsetning kan baseres på effektiviteten til hemmeren mot avsetningen målt av systemet.

Systemet og fremgangsmåten kan også omfatte midler for å detektere eller registrere om en kjemisk hemmer er sluppet inn i strømmingen og ta hensyn til denne informasjonen ved analyse av de målte parameterne. Dette kan oppnås enten ved separate målinger av injeksjonsstrømningslinjen eller ved å motta annen indikasjon (for eksempel fra operatøren) på at en slik hemmer har blitt injisert i strømmingen. De forhåndsbestemte grensene som indikerer enten forekomsten av et avsetningslag eller de kvantitative målingene av hemmeren i strømmingen kan deretter justeres basert på de elektriske og andre egenskaper til hemmeren.

Den foreliggende oppfinnelsen angår altså midler for å bestemme om fluidstrømmingen er en vannkontinuerlig eller hydrokarbonkontinuerlig strømming, der indikasjonssignalet sendes av sammenligningsmidlene hvis fluidstrømmingen er en hydrokarbonkontinuerlig strømming og konduktiviteten er over den forhåndsbestemte grensen. Alternativt eller i tillegg angår den foreliggende oppfinnelsen midler for å bestemme om fluidstrømmingen er en vannkontinuerlig eller hydrokarbonkontinuerlig strømming, der indikasjonssignalet sendes hvis fluidstrømmingen er en vannkontinuerlig strømming og kapasitansen er over den forhåndsbestemte grensen. Som et resultat av deteksjon av forekomsten av en avsetning, kan systemet eller fremgangsmåten omfatte midler for å slippe en kjemisk hemmer inn i strømmingen for å frembringe midler for tidlig håndtering av avsetninger.

Ytterligere referanser:

- D.A.G. Bruggeman, *Annalen Der Physik* 24 (1935) 636–679.
- J.C. Maxwell, *A treatise on Electricity and Magnetism*, Oxford University Press, Cambridge, UK, 1904.
- K.W. Wagner KW (1914) *Archiv für Elektrotechnik* 1914, Volume 2, Issue 9, side 371-387
- R.W. Sillars, "The properties of a dielectric containing semiconducting particles of various shapes," *Electrical Engineers, Journal of the Institution of* , vol.80, no.484, sidene 378,394, april 1937
- T. Hanai, N. Koizumi and R. Gotoh, "The Dielectric Behavior of Emulsions", i P. Sherman, Ed., "Emulsion Rheology" s. 91-113, Pergamon Press, Oxford (1963).
- Tore Tjomsland, Jannicke Hilland m fl., "Comparison of infrared and impedance spectra of petroleum fractions", *Fuel* Vol.75, No. 3, side 322-332, 1996.

Patentkrav

- 1 System for deteksjon av avsetninger eller kjemisk hemmer nær eller på overflaten til elektroder eller stifter rettet mot en fluidstrømning, hvor enhver kombinasjon av komponentene olje, vann, gass og et kjemisk hemmende fluid kan forekomme, og hvor elektrodene
5 eller stiftene er koblet til målemidler for å overvåke de elektriske egenskapene i strømmingen, der de elektriske egenskapene omfatter den komplekse impedansen eller den komplekse permittiviteten,
- der systemet omfatter deteksjonsmidler som sender et signal som indikerer forekomst
10 av avsetning eller kjemisk hemmer hvis den reelle delen av den komplekse impedansen, i tilfelle hydrokarbonkontinuerlig strømning, eller den imaginære delen av den komplekse impedansen, i tilfelle vannkontinuerlig strømning, avviker fra forhåndsbestemte grenser relatert til de elektriske egenskapene til strømmingen.
- 15 2. System ifølge krav 1, hvor fluidstrømningen representerer en hydrokarbonkontinuerlig strømning og avviket detektert i den reelle delen av den komplekse impedansen eller resistansen er under en forhåndsbestemt grense.
3. System ifølge krav 1, hvor den opprinnelige fluidstrømningen representerer en
20 vannkontinuerlig strømning og avviket detektert i den imaginære delen av den komplekse impedansen eller kapasitansen er over en forhåndsbestemt grense.
4. System ifølge krav 2 eller 3, hvor systemet omfatter midler for å bestemme om strømmingen er hydrokarbonkontinuerlig eller vannkontinuerlig.
- 25 5. System ifølge krav 1, hvor de forhåndsbestemte grensene justeres dynamisk ved å bruke midler som gir sammensetning og/eller andeler og/eller trykk og/eller vannsalinitet og/eller temperatur og/eller rate og/eller tetthetsmålinger hvis målingene endrer den reelle delen av den effektive komplekse permittiviteten til flerfasestrømmen i hydrokarbonkontinuerlige regimer eller endre den imaginære delen av den effektive komplekse permittiviteten
30 til flerfasestrømmen i vannkontinuerlige strømningsregimer.

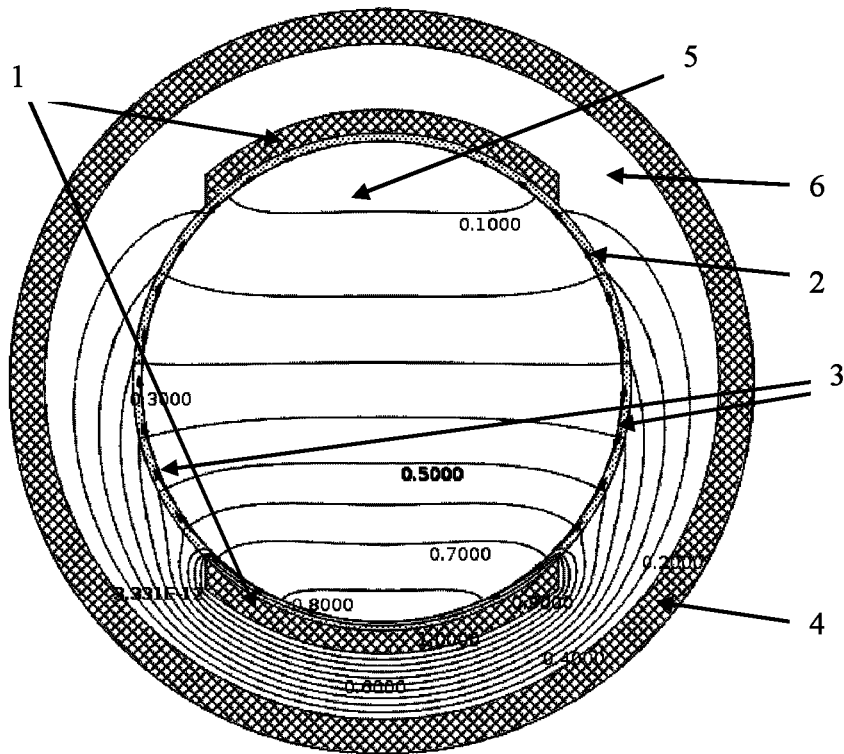
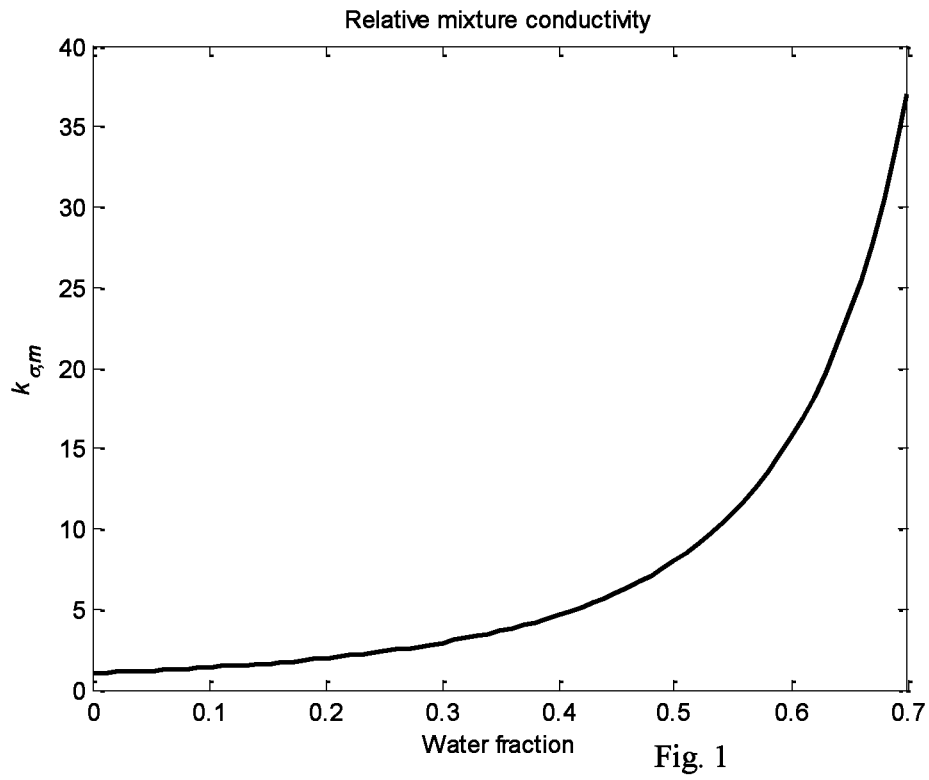
6. System ifølge krav 5, hvor fremgangsmåtene for å definere grensene omfatter kjente formler for å beregne effektive medieimpedanser, multivariate regresjonsmodeller og analyse eller kunstige nevralt nettverk.
- 5 7. System ifølge krav 1, hvor en kvalitativ måling av avsetningen i nærheten av sensoren frembringes basert på den reelle delen av den målte komplekse impedansen når strømmen er i hydrokarbonkontinuerlig tilstand eller basert på den imaginære delen av den målte komplekse impedansen når strømmen er i vannkontinuerlig tilstand.
- 10 8. System ifølge krav 7, hvor en måling av vekstraten til avsetningen i området ved sensoren frembringes basert på periodiske målinger av den reelle delen av den målte komplekse impedansen når strømmingen er i hydrokarbonkontinuerlig tilstand eller basert på den imaginære delen av den målte komplekse impedansen når strømmingen er i vannkontinuerlig tilstand.
- 15 9. System ifølge krav 1, hvor systemet er koblet til midler for frigjøring av kjemiske hemmere inn i strømmingen.
- 20 10. System ifølge krav 1, omfattende bestemmelsesmidler for å innhente informasjon om hvorvidt et kjemisk hemmede fluid er tilstede i strømmingen og/eller mengden og/eller type kjemisk hemmer injisert i strømmingen.
- 25 11. System ifølge krav 10, hvor de forhåndsbestemte grensene justeres basert på kjente eller forventede mengder av kjemisk hemmer.
- 30 12. System ifølge krav 10, hvor en kvalitativ måling av den kjemiske hemmeren i posisjonen til sensoren frembringes basert på den reelle delen av den målte komplekse impedansen når strømmen er i hydrokarbonkontinuerlig tilstand eller basert på den imaginære delen av den målte komplekse impedansen når strømmen er i vannkontinuerlig tilstand.
13. System ifølge krav 1, hvor effektiviteten til en kjemisk hemmer for å fjerne en avsetning måles ved å sammenligne den reelle delen av den målte komplekse impedansen når strømmingen er i hydrokarbonkontinuerlig tilstand eller basert på den imaginære delen av den

målte komplekse impedansen når strømmingen er i vannkontinuerlig tilstand før og etter injeksjon av hemmer i strømmingen.

5 14. System ifølge ett av kravene 7 eller 13, hvor mengden og/eller raten og/eller periodene for injeksjon av en kjemisk hemmer i et rør for å rense en avsetning er basert på effektiviteten til hemmeren mot avsetningen overvåket av systemet og/eller de kvalitative målingene av avsetning i posisjonen til sensoren.

10 15. System ifølge krav 1, hvor avviket i den reelle delen av den komplekse impedansen eller konduktansen bestemmes ved å eksitere én eller flere av elektrodene eller stiftene ved å bruke en formet spennings- eller strømbølgeform og overvåke transientoppførselen til spenningen eller strømmen til de én eller flere elektrodene, eller til en annen elektrode eller stift på sensoren ved en valgt tid t_{RD} etter eksiteringstiden t_0 .

15 16. System ifølge krav 1, hvor avviket i den imaginære delen av den komplekse impedansen eller kapasitansen bestemmes ved å eksitere én eller flere av elektrodene eller stiftene ved å bruke en formet spennings- eller strømbølgeform og overvåke transientoppførselen til spenningen eller strømmen til de én eller flere elektrodene, eller til en annen elektrode eller stift på sensoren ved en valgt tid t_{CM} etter eksiteringstiden t_0 .



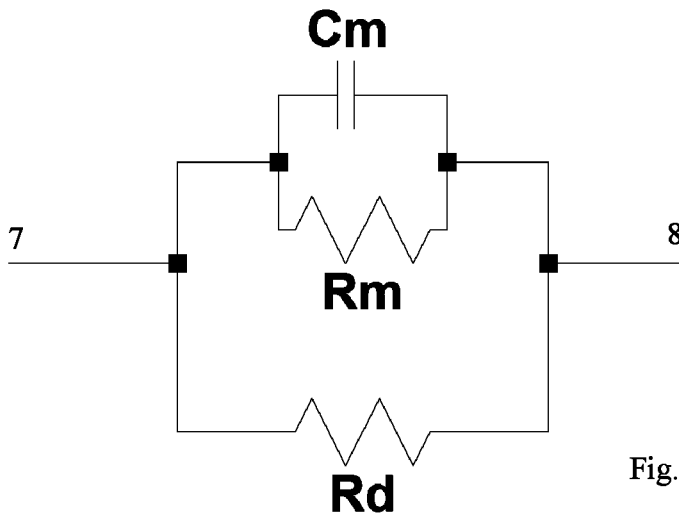


Fig. 3

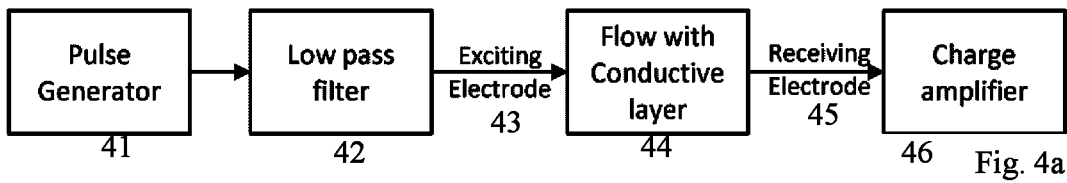


Fig. 4a

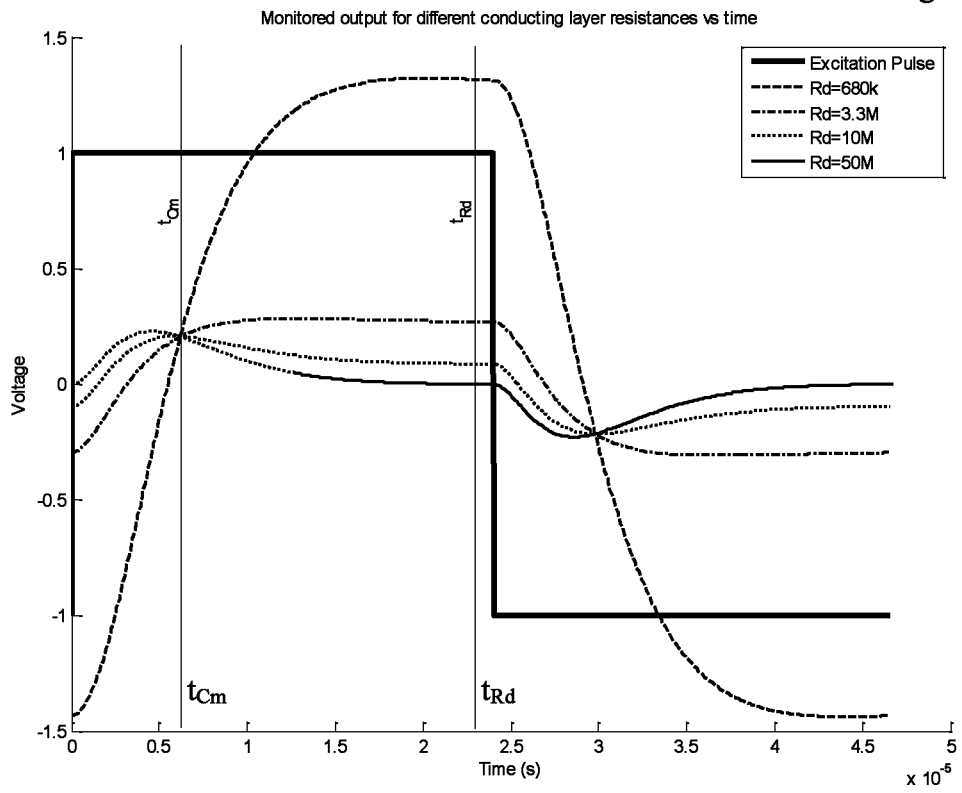


Fig. 4b

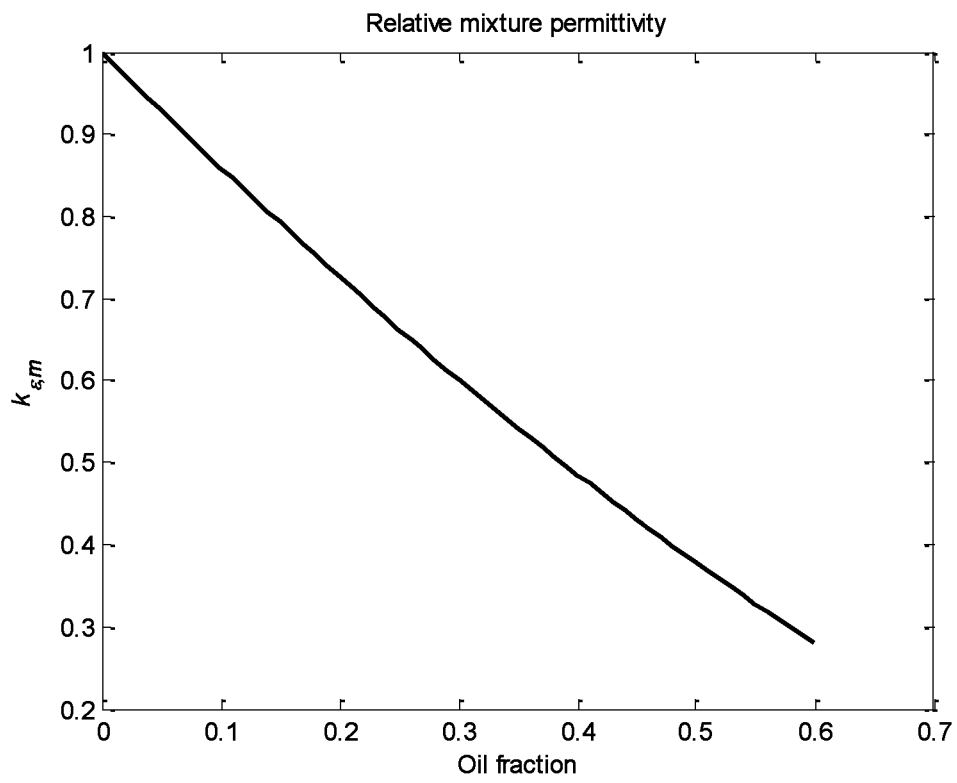


Fig. 5

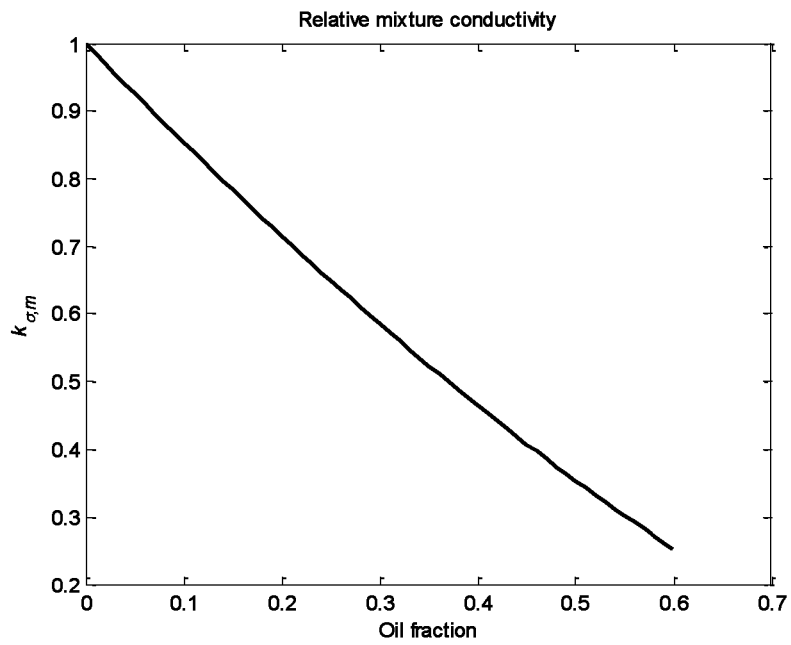


Fig. 6

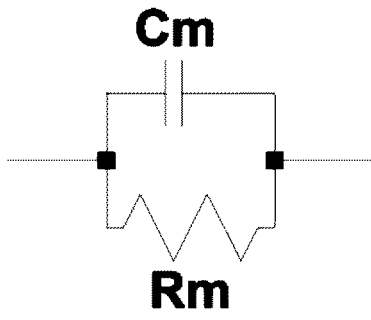


Fig. 7

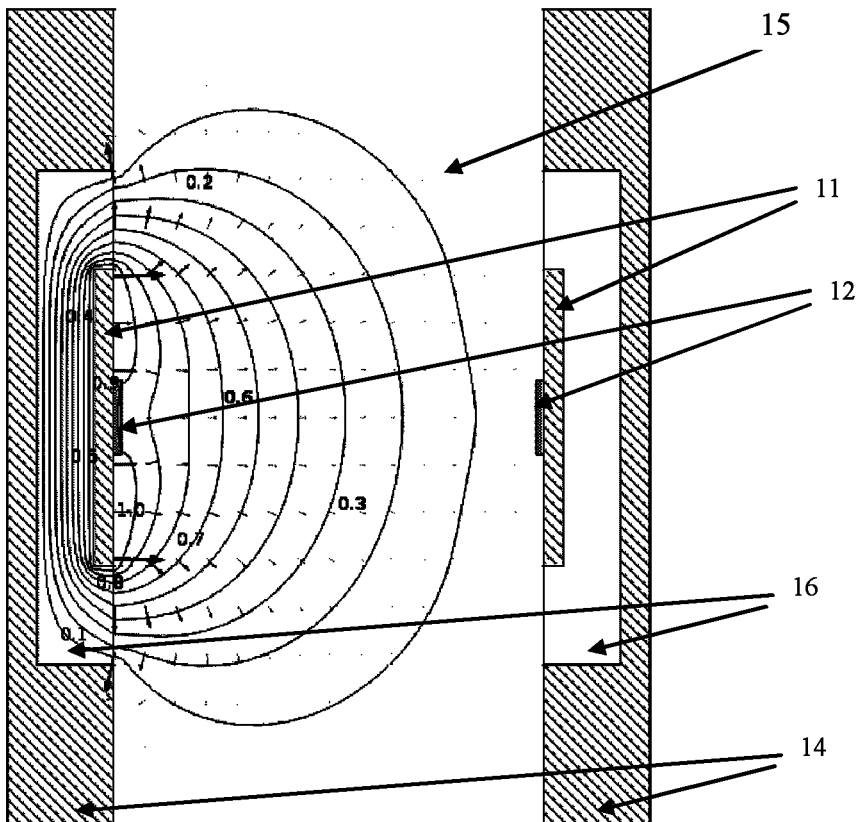


Fig. 8

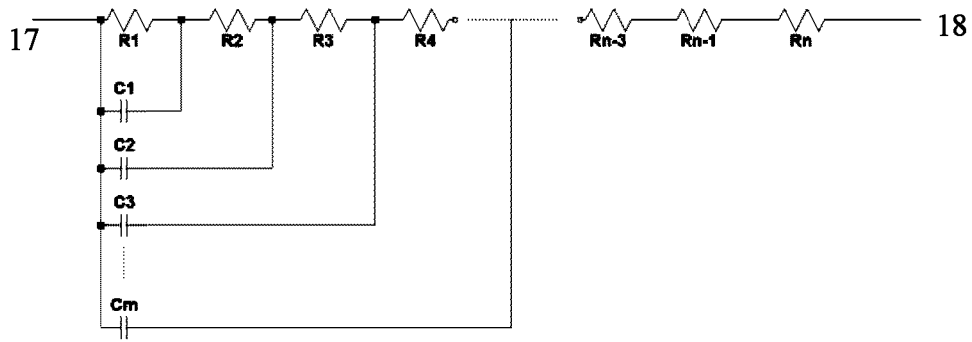


Fig. 9

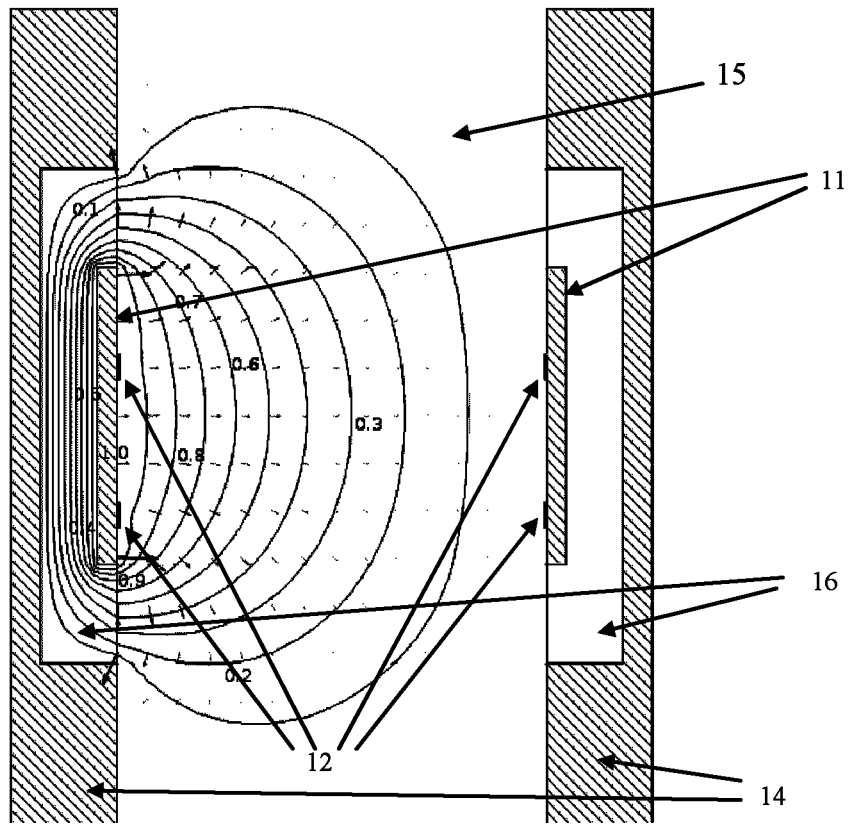


Fig. 10a

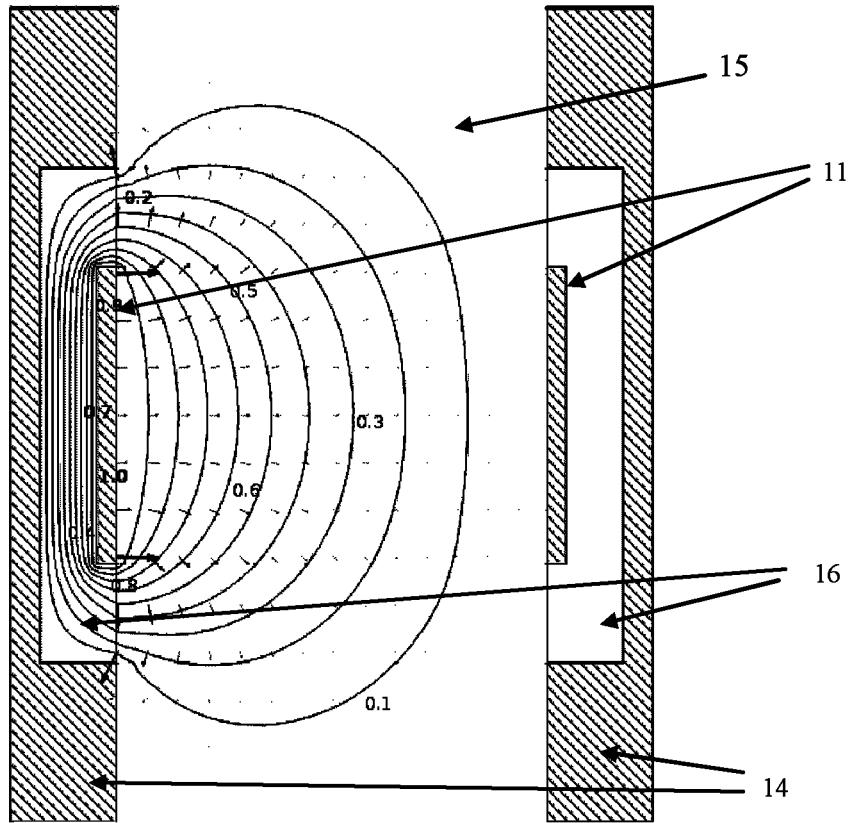


Fig. 10b

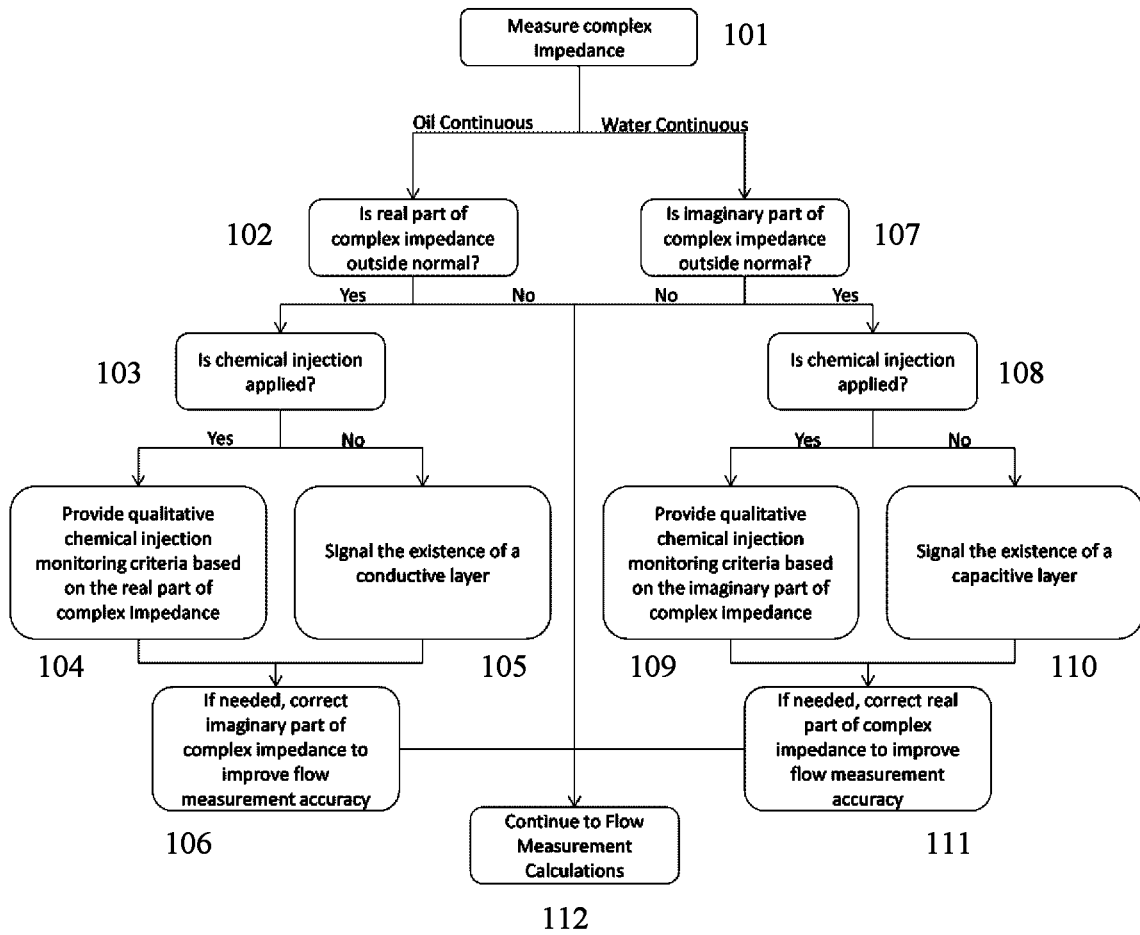


Fig. 11