



(12) **PATENT**

(19) **NO**

(11) **334640**

(13) **B1**

NORGE

(51) **Int Cl.**

G01V 3/20 (2006.01)

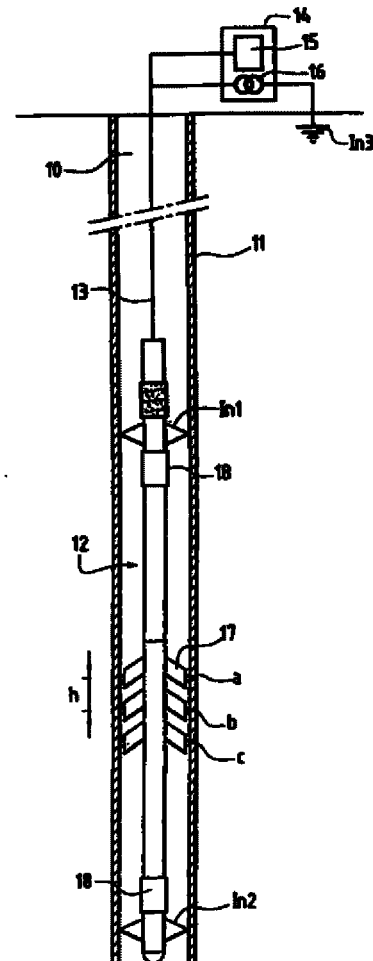
G01R 27/20 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20015234	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2000.04.21 PCT/EP2000/03748
(22)	Inng.dag	2001.10.26	(85)	Videreføringsdag	2001.10.26
(24)	Løpedag	2000.04.21	(30)	Prioritet	1999.04.28, FR, 9905340
(41)	Alm.tilgj	2001.12.17			
(45)	Meddelt	2014.05.05			
(73)	Innehaver	Schlumberger Technology BV, Parkstraat 83-89, NL-2514JG HAAG, Nederland			
(72)	Oppfinner	Dominique Benimeli, Chatillon, Frankrike Marie-Thérèse Gounot, Le Vésinet, Frankrike François Hecquet, Montgeron, Frankrike Paul Beguin, Sugar Land, TX, USA Patrick Ehret, Herblay, Frankrike Peter van der Wal, Issy-les-Moulineaux, Frankrike			
(74)	Fullmektig	Bryn Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO, Norge			

(54)	Benevnelse	Fremgangsmåte for å undersøke en geologisk formasjon som et føret borehull er ført gjennom
(56)	Anførte publikasjoner	US 5570024 A
(57)	Sammendrag	

Oppfinnelsen gjelder en fremgangsmåte for å undersøke en geologisk formasjon som et føret borehull passerer gjennom, idet nevnte fremgangsmåte er karakterisert ved det forhold at i et første prosesstrinn føres strøm inn på føringen (11) på et første sted (In1) i avstand fra nevnte formasjon langs borehullet, for derved å bringe strøm til å lekke inn i nevnte formasjon, mens elektroder (a, b, c) som fastlegger to påfølgende seksjoner av brønnføringen å være anbrakt i nivå med nevnte formasjon, anvendes for å måle de respektive spenningsfall langs nevnte seksjoner, mens i et andre prosesstrinn strøm føres inn i på foringen på et andre sted (In2) i avstand fra formasjonen i borehullets lengderetning samt på motsatt side av dette i forhold til nevnte første sted, for derved å bringe strøm til å lekke inn i formasjonen, mens de angitte elektroder anvendes for å måle spenningsfallene langs foringsseksjonene, hvor de tilsvarende målinger i de to prosesstrinn kombineres for å utlede verdier som tilsvarer en krets dannet av føringen mellom de to påføringssteder samt hovedsakelig er fri for lekkasje inn i formasjonen, mens dens strømlekkasje som er betegnende for formasjonens resistivitet bestemmes på grunnlag av de målinger som tas i det første prosesstrinn og i det andre prosesstrinn, samt de verdier som fremkommer som følge av nevnte kombinasjon.



Oppfinnelsen gjelder bestemmelse av resistiviteten i geologiske formasjoner som en brønn forsynt med metallfôring passerer gjennom.

Viktigheten av resistivitets-logging for å finne olje er velkjent. Det er kjent at resistiviteten i en formasjon i vesentlig grad avhenger av det fluid som den inneholder. En formasjon som inneholder saltvann, som er ledende, har da en resistivitet som er meget lavere enn en formasjon fylt med hydrokarboner, og resistivitetsmålinger er derfor av uvurderlig verdi for å kunne lokalisere hydrokarbonavleiringer. Resistivitetslogging er blitt utført omfattende og i mange år, særlig ved hjelp av apparater med elektroder, men eksisterende teknikker har et anvendelsesområde som er begrenset til brønner som ikke er fôret, eller såkalt "åpne hull" som er den betegnelse som anvendes i oljeindustriens terminologi. Når det i brønnen er anordnet en metallfôring, som da har en resistivitet som er meget liten sammenlignet med typiske verdier for geologiske formasjoner (omkring 2×10^{-7} ohm.m for stålfôring, sammenlignet med verdier i området 1 ohm.m til 1000 ohm.m for en formasjon), representerer en betraktelig sperre for sending av elektrisk strøm inn i de formasjoner som omgir fôringen. Som en følge av dette er det spesielt ikke mulig å foreta resistivitetsmålinger i brønner som er i produksjon, da slike brønner er utstyrt med fôring.

Det ville derfor være meget fordelaktig å gjøre det mulig å måle resistivitet i seksjoner av fôrede brønner. Slike målinger som utføres i en brønn i produksjon samt i nivå med forekomstene, ville gjøre det mulig å lokalisere vann/hydrokarbon-grensesnitt og således å overvåke hvorledes beliggenheten av slike grensesnitt varierer med tiden, for derved å følge med hydrokarbon-reservoarets adferd og ut i fra dette optimalisere uttaket fra reservoaret. Det vil da også være mulig å utføre en resistivitetsmåling i en brønn (eller en brønnseksjon) hvor ingen målinger tidligere har vært utført før fôringen var satt på plass, særlig for det formål å bidra til kjennskap av reservoaret, samt eventuelt å påvise produksjonslag som tidligere ikke har vært oppdaget.

I faglitteraturen er det da blitt fremsatt forslag angående dette forhold. Det grunnleggende måleprinsipp som er angitt i patentdokumentet US 2 459 196 går ut på å bringe en strøm til å flyte langs fôringen under slike forhold at strøm lekker ut eller går tapt i formasjonen. Slikt tap er en funksjon av formasjonens resistivitet, og jo mer formasjonen er ledende, desto større blir strømtapet. Ved å måle strømtapet blir det mulig å bestemme formasjonens resistivitet. Strømtap kan fastsettes

ved å måle spenningsstapet mellom elektroder som er anordnet i forskjellige dybde-
nivåer i brønnen. Patentdokument US 2 729 784 beskriver en målemetode som
benytter to par av måleelektroder, nemlig a,b og b,c som er anordnet i innbyrdes
avstand langs fôringen, og elektrodene a og c befinner seg i prinsipp i samme av-
5 stand fra elektrode b. Strømelektrodene er plassert på hver sin side av måleelek-
trodene, slik at det føres strømmer i innbyrdes motsatt retning inn i fôringen. En til-
bakekoplingsløyfe servo-styrer den tilførte strøm på en slik måte at de ytre måle-
elektroder settes på samme potensial, for derved å utelukke virkningene fra det
forhold at fôringens motstand varierer innenfor seksjonene (a,b) og (b,c) slik de er
10 definert av måleelektrodene. En verdi for lekkasjestrøm i nivå ved midtelektroden
b oppnås ved å måle spenningsfallet over hvert av elektrodeparene a,b og b,c,
samt ved å ta ut forskjellen mellom spenningsfallene, idet denne forskjell angis å
være proporsjonal med lekkasjestrømmen.

Fransk patentdokument 2 207 278 angir bruk av tre måleelektroder med
15 samme innbyrdes avstand, slik som angitt i patentdokument US 2 729 784 for mål-
ing av strømlekkasje, og det beskrives da en fremgangsmåte i to trinn, nemlig et
første trinn for å måle motstanden i den fôringssesksjon som er fastlagt ved de ytre
måleelektroder, slik at i dette trinn strøm bringes til å strømme langs fôringen slik
at det ikke vil forekomme noen lekkasje inn i formasjonen, samt et andre trinn
20 hvorunder strøm kan lekke ut i formasjonen. For dette formål er det opprettet
strøminnføringsutstyr som omfatter en emisjonselektrode og to returelektroder,
hvorunder en elektrode som ligger nær måleelektroden er aktiv under det første
prosesstrinn, mens den andre måleelektroden befinner seg på jordoverflaten og
settes i aktivitet under det andre trinn.

25 Patentdokument US 4 796 186 beskriver en fremgangsmåte i to trinn og av
samme type som den metode som er beskrevet i det ovenfor nevnte franske pat-
entdokument 2 207 278, samt ved bruk av samme elektrodekonfigurasjon. Dette
innebærer da en krets for å utelukke virkningen av motstandsvariasjon mellom de
to fôringssesksjoner. Denne krets omfatter forsterkere som er koplet til hvert sitt par
30 av måleelektroder for derved å kunne avgi tilsvarende spenningsfall på side ut-
gangssider. Den ene av disse forsterkere er en forsterker med variabel forsterk-
ning, og denne forsterkning justeres da under det første prosesstrinn for derved å
oppheve forskjellen mellom forsterkernes utgangssignaler. Patentdokument
US 4 820 989 beskriver en lignende kompenseringsteknikk.

Et formål for oppfinnelsen er da å frembringe denne kompensasjonsfunksjon på enkel og effektiv måte.

Oppfinnelsen gjelder en fremgangsmåte for å undersøke en geologisk formasjon som et fôret borehull er ført gjennom, idet nevnte fremgangsmåte er
5 kjennetegnet ved det forhold at:

strøm føres i et første prosesstrinn inn på brønnfôringen på et første sted i avstand fra nevnte formasjon i brønnens lengderetning, for derved å bringe strøm til å lekke inn i nevnte formasjon, idet elektroder som fastlegger to påfølgende seksjoner av fôringen anbringes i nivå med nevnte formasjon og anvendes for å
10 måle de respektive spenningsfall langs disse seksjoner;

i et andre prosesstrinn føres strøm inn på fôringen på et annet sted i avstand fra formasjonen i brønnens lengderetning samt plassert på motsatt side av denne i forhold til nevnte første sted, for derved å bringe strøm til å lekke inn i formasjonen, idet elektrodene anvendes for å måle potensialfallene langs nevnte
15 seksjoner;

tilsvarende målinger i de to prosesstrinn kombineres for å utlede verdier tilsvarende en krets som er dannet av fôringen mellom de to påføringssteder samt hovedsakelig uten lekkasje inn i formasjonen; og

hvor den strøml lekkasje som er betegnende for formasjonens resistivitet bestemmes på grunnlag av de målinger som tas i det første prosesstrinn og i det
20 andre prosesstrinn, samt ut i fra de verdier som fremkommer ut i fra nevnte kombinasjon.

Ytterligere utførelsesformer av fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen fremgår av det uselvstendige patentkrav.

Oppfinnelsen vil bli godt forstått ut i fra gjennomlesning av følgende beskrivelse og som er gitt under henvisning til de vedføyde tegninger, hvorpå:

fig. 1 sammenfatter prinsippet for resistivitetsmåling i en fôret brønn;

fig. 2 viser skjematisk nedhullsapparat som er utført for å iverksette dette prinsipp; og

30 fig. 3A, 3B og 3C viser forskjellige driftstilstander for det apparat som er vist i fig. 2.

Grunnprinsippet for måling av resistivitet i en fôret brønn går ut på å bringe strøm til å flyte langs fôringen med en fjerntliggende returbane, for derved å gjøre det mulig for strømmen å lekke mot de geologiske formasjoner som brønnen pas-

serer gjennom, samt å evaluere lekkasjestrømmen på et hvilket som helst gitt punkt nedover i brønnen ut i fra det forhold at jo høyere en omgivende formasjonsledningsevne er i dette nivå, jo høyere vil også lekkasjestrømmen være. Dette kan uttrykkes matematisk ved en eksponentielt avtagende sammenheng for den strøm som flyter gjennom fôringen, hvor avtagningstakten i et hvert gitt nivå er en funksjon av forholdet mellom formasjonsresistivitet R_t og fôringens resistivitet R_c .

Skissen i fig. 1 viser en seksjon av en brønn 10 med en akse X-X' og utstyrt med metallfôring 11. Det ønskede nivå (eller dybde) hvor måling skal utføres er angitt ved \underline{b} . Det betraktes en seksjon av fôringen (a,c) som strekker seg utover på begge sider av nivået \underline{b} . Hvis en strøm flyter gjennom fôringen med en fjerntliggende tilbakestrømning (hvilket vil si på overflatenivå), så kan strømtapet til formasjonen uttrykkes i form av et elektrisk kopleingsskjema hvor en parallell strømbane forløper mellom fôringsnivået \underline{b} og uendeligheten. Motstanden i denne parallele strømningsbane er representert ved formasjonens resistivitet R_t i nivå ved elektroden \underline{b} . Ved bruk av Ohm's lov er det da mulig å skrive:

$$R_t = k(V_{b,\infty}/I_{for}) \quad [1]$$

hvor k er en geometrisk konstant som kan bestemmes etter kalibreringsmålinger, $V_{b,\infty}$ er potensialet på fôringen i nivå \underline{b} i forhold til uendeligheten, og I_{for} er lekkasjestrømmen i nivå \underline{b} .

Ved tilnærming til en diskret variasjon, er det mulig å beskrive et strømtap i nivå \underline{b} som en forskjell mellom inngangsstrømmen i nivå \underline{b} og utgangsstrømmen. Lekkasjestrømmen I_{for} kan da uttrykkes som forskjellen mellom strømmene I_{ab} og I_{bc} (som antas å være konstante) som flyter i hver sin fôringsseksjon (a,b) og (b,c):

$$I_{for} = I_{ab} - I_{bc} \quad [2]$$

eller

$$I_{for} = V_{ab}/R_{ab} - V_{bc}/R_{bc} \quad [2']$$

hvor V_{ab} og R_{bc} er spenningsfallene hhv. langs fôringsseksjonen (a,b) og langs seksjonen (b,c) av fôringen, mens R_{ab} og R_{bc} er motstandsverdiene hhv.

for seksjonen ab og seksjonen bc av fôringen. Det antas innledningsvis at den strøm som påføres fôringen er likestrøm.

I betraktning av at forholdet mellom fôringens konstant og de vanlige resistivitetsverdier for formasjonene, og som ligger i størrelsesområdet 10^7 til 10^{10} , er det åpenbart at strømtapet over en lengde som tilsvarer en måleoppløsning som kan godtas for en formasjonsmotstandsmåling, f.eks. innenfor området 30 cm til 1 m, er meget lite. En forskjell mellom spenningsfallene V_{ab} og V_{bc} som kan tilskrives strømtapet er derfor normalt en meget liten størrelse. Som en følge av dette vil usikkerheter, selv små usikkerheter, som gjelder uttrykk for denne forskjell, ha en stor innflytelse. Av forskjellige grunner (lokal korrosjon, ikke ensartet fôringsmateriale, eller tykkelsesvariasjon) kan motstandsverdiene pr. lengdeenhet av fôringsseksjonene (a,b) og (b,c) avvike fra den verdi som tilsvarer fôringens egenskaper, og kan fremfor alt være innbyrdes forskjellige. En usikkerhet har også sammenheng med lengdene av fôringsseksjonene (a,b) og (b,c) fordi disse lengder avhenger av posisjonene av de kontaktpunkter hvor elektrodene befinner seg i kontakt med fôringen, og disse posisjoner er da bare kjent med relativ liten nøyaktighet.

Fig. 2 viser skjematisk et apparat for praktisk utøvelse av det ovenfor nevnte grunnprinsipp.

Apparatet omfatter en sonde 12 som er egnet for å beveges i et olje-borehull 10 som er forsynt med en fôring 11, samt er opphengt fra enden av en elektrisk kabel 13 som forbinder sonden med overflateutstyr 14 som omfatter midler for dataopptak og databehandling samt en elektrisk effektforsyning 16. Sonden 12 er forsynt med måleelektroder a, b, og c som kan anbringes i kontakt med fôringen og derved fastlegge fôringsseksjoner (a,b) og (b,c) av en lengde som hensiktsmessig ligger i området 40 til 80 cm. I den utførelse som er vist kan elektrodene a, b, og c være montert på armer 17 som er hengslet på sonden 12. Ved hjelp av mekanismer av kjent type og som det vil være unødvendig å beskrive i detalj her, kan disse armer svinges ut fra sonden for derved å bringe elektrodene i kontakten med fôringen, og derpå føres tilbake til den tilbaketrukkede stilling så snart målingene er blitt utført. Disse elektroder er utført slik at så snart de befinner seg i kontakt med fôringen, så vil deres posisjon forbli så stasjonær som mulig, og den elektriske kontakt med fôringen vil da være optimal.

En sonde av denne type kan fremstilles på grunnlag av det instrument som kommersielt anvendes av Schlumberger for "CPET"-tjenesten, slik som angitt i

patentdokument US 5 563 514. Dette instrument som er utført for å evaluere fôrings katodebeskyttelse og korrosjonstilstanden på denne, er utstyrt med tolv måleelektroder fordelt på fire innbyrdes adskilte nivåer i lengderetningen, hvor avstanden mellom disse nivåer er ca. 60 cm og de tre elektroder i hvert nivå er anordnet symmetrisk omkring instrumentaksen, hvilket vil si med en innbyrdes vinkelavstand på 120° mellom elektrodene.

For å måle formasjonsresistivitet er det nok med tre elektroder a, b, c. Men det er også mulig å bruke et større antall nivåer, f.eks. som i det ovenfor nevnte instrument kan fire nivåer danne to grupper for tre påfølgende nivåer, for derved å kunne ta opp mer informasjon og for å kunne ta målinger tilsvarende to forskjellige dybder samtidig. I slike tilfeller har hvert sett av tre påfølgende elektroder sammenheng med de behandlingskretser som vil bli beskrevet nedenfor. Når det gjelder antall elektroder pr. nivå, er en enkelt elektrode tilstrekkelig.

Sonden er videre utstyrt med strømelektroder anordnet på hver sin side av elektrodene a og c, nemlig en topp elektrode In1 og en bunnelektrode In2, i avstander fra elektrodene a og c som kan være av samme størrelsesorden eller litt større enn avstanden mellom elektrodene a og c, f.eks. noen få meter. Isolerende beslag 18, slik som beslag av type AH169 som vanligvis anvendes av Schlumberger, er plassert på hver side av sondens sentrale parti, hvor dette sentrale parti er påført måleelektroder a, b og c for på denne måte å skille nevnte sentrale parti fra strømelektrodene In1 og In2. Strømelektrodene In1 og In2 kan være utført på samme måte som vanlige sentreringsenheter for fôrede brønner. De hjul som vanligvis er påført slike sentreringsstykker som elementer som skal komme i kontakt med fôringen, er da erstattet med elementer som tjener som strømelektroder, mens elektriske ledere er anordnet for forbindelse til de elektrodedannende elementer.

Apparatet er også utstyrt med en fjernliggende returelektrode In3 som fortrinnsvis er anbrakt på jordoverflatenivå ved brønnhodet (hvis brønnen er tilstrekkelig dyp) eller i en viss avstand fra brønnhodet, samt med midler for strømtilførsel til strømelektrodene for derved å opprette de forskjellige kretser som er beskrevet nedenfor under henvisning til fig. 3A til 3C. Disse midler omfatter den ovenfor nevnte strømkilde 16 på jordoverflaten, samt alt etter det foreliggende tilfellet en ytterligere kilde anbrakt i sonden, så vel som egnede omkoplerkretser.

De koplingskjemaer som er angitt i fig. 3A til 3C viser måletrinn tilsvarende de forskjellige strømførende kretser som kan opprettes ved hjelp av det ovenfor

beskrevne apparat. Som forklart nedenfor, vil to (eller tre) slike prosesstrinn være tilstrekkelig for å oppnå de ønskede resultater.

Disse skjemaer viser en behandlingskrets som omfatter forsterkere Dab og Dbc hvis innganger koplet hhv. til elektrodene a og b, samt til elektrodene b og c, og som på sine utgangssider avgir spenningsfallene Vab og Vbc på de fôringsseksjoner som er fastlagt ved elektrodene, samt en forsterker Dabc som er forbundet med forsterkerne Dab og Dbc og avgir på sin utgangsside forskjellen Vabc mellom spenningsfallene Vab og Vbc. Denne krets er fortrinnsvis plassert i nedhullssonden 12. Den er videre forsynt med en beregningsenhet som fortrinnsvis tilhører dataopptaks- og behandlingsutstyret i overflateanlegget, idet beregningsenhet mottar spenninger fra behandlingskretsen samt andre gjeldende data og avgir resistivitetsverdien Rt. Data overføres vanligvis via kabler 13 i digital form, mens en analog/digital-omformer (ikke vist) er anordnet i sonden 12 og er tilkoplet behandlingskretsen.

De prosesstrinn som er angitt i fig. 3A kalibrerer det måleutstyr som er dannet av måleelektrodene a, b og c, samt de fôringsseksjoner 11 som de fastlegger.

I dette prosesstrinn blir en strøm påført fôringsen ved hjelp av de kretser som dannes av In1 som påføringselektrode og av In2 som nær returelektrode, ved å anbringe koplingskretsene i passende stilling. På denne måte vil strømmen hovedsakelig ikke trenge inn i den formasjon som omgir brønnen. Strømmen er fortrinnsvis lavfrekvent vekselstrøm, f.eks. med en frekvens i området 1 til 5 Hz, men betraktningen nedenfor antar at strømmen er likestrøm.

Med den påførte strøm betegnet It vil utgangsstrømmene fra forsterkerne være som følger:

25

$$V_{abC} = R_{ab}.I_t[3]$$

$$V_{bcC} = R_{bc}.I_t[3']$$

$$V_{abcC} = (R_{ab} - R_{bc}).I_t \quad [3'']$$

30

Det prosesstrinn som er angitt i fig. 3B anvender en strømpåføringskrets som består av topp elektroden In1 og av den fjerntliggende elektrode In3, hvor da den påførte strøm er av samme type som i det første trinn, nemlig vekselstrøm med samme frekvens. Under disse forhold vil strøml lekkasje bli frembrakt, slik som

beskrevet ovenfor under henvisning til fig. 1, hvor denne lekkasje vil være en funksjon av formasjonens resistivitet i nivå med elektrode b. Med den strøm som flyter nedover gjennom føringsseksjonene (a,b) og (b,c) angitt ved I_d , mens lekkasjestrømmen betegnes med I_{for} som ovenfor, vil utgangsspenningene fra forsterkerne være som følger:

$$V_{ab_T} = R_{ab} \cdot I_d \quad [4]$$

$$V_{bc_T} = R_{bc} (I_d - I_{for}) \quad [4']$$

$$V_{abc_T} = (R_{ab} - R_{bc}) \cdot I_d + R_{bc} \cdot I_{for} \quad [4'']$$

10

Ved å kombinere disse uttrykk, vil det være mulig å utlede lekkasjestrømmen I_{for} til følgende uttrykk:

$$I_{for} = I_t \cdot [V_{abc_T} - (V_{abc_C} \cdot V_{ab_T} / V_{ab_C})] / (V_{ab_C} - V_{abc_C}) \quad [5]$$

15

Det trinn som er vist i fig. 3C avviker fra prosesstrinnet i fig. 3B bare ved at bunnelektroden In_2 anvendes i stedet for topplektroden In_1 for å påføre strøm, returstrømmen frembringes ved hjelp av overflateelektroden In_3 . Slik som i det prosesstrinn som er angitt i fig. 3B, vil derfor strømmen lekke inn i formasjonen, mens strømmen flyter oppover gjennom føringsseksjonene (a,b) og (b,c). Denne strøm betegnes med I_h og de spenninger som utledes har fått betegnelsene V_{ab_B} , V_{bc_B} og V_{abc_B} .

20

Det bør bemerkes at ut ifra superposisjonsprinsippet vil den strømkrets som er vist i fig. 3A og består av elektrodene In_1 og In_2 være likeverdig mht. de elektriske størrelser (strøm og spenning) med forskjellen mellom den krets som er vist i fig. 3B og den krets som er vist i fig. 3C, hvis den strøm som påføres hhv. av elektroden In_1 og elektroden In_2 er den samme. Symbolsk vil man da ha:

25

$$\text{KRETS 3A} = \text{KRETS 3B} - \text{KRETS 3C}$$

30

Strøm- og spenningsverdiene i det ovenfor angitte uttrykk [5] og tilsvarende det trinn som er vist i fig. 3A kan således erstattes i samsvar med oppfinnelsen med forskjellene mellom de tilsvarende verdier som er oppnådd ved de trinn som er vist hhv. i fig. 3B og fig. 3C, slik at $V_{ab_C} = V_{ac_T} - V_{ac_B}$, etc. Dette gjør det mulig

å erstatte det prosesstrinn som er vist i fig. 3A med det trinn som er vist i fig. 3C. Fordelen ved denne løsning er at strømpåføringskretsen er forenklet. I denne forbindelse bør det bemerkes at det trinn som er vist i fig. 3A krever enten en strømkilde i nedhullssonden, eller en strømkilde på overflaten og koplet til to ytterligere ledningstråder i kabelen 13.

For å bestemme formasjonsresistiviteten R_t så vil det så snart lekkasjestrømmen I_{for} er blitt beregnet på denne måte, være nødvendig å utføre den oppgave som går ut på å bestemme fôringens potensial i forhold til en referanse ved uendeligheten, $V_{b,\infty}$, slik som forklart ovenfor. Dette utføres da som beskrevet i den ovenfor nevnte faglitteratur ved hjelp av en referanseelektrode som anbringes på jordoverflaten, fjernt fra returelektroden In_3 på jordoverflaten, eller fortrinnsvis anbrakt i brønnen, f.eks. på det isolerte kabelparti eller "bissel" som forbinder nedhullsapparatet med kabelen. Det vil da være mulig å måle potensialforskjellen V_{bs} mellom brønnfôringen i nivå med måleelektroden \underline{b} og referanseelektroden. Ved bruk av den ovenfor angitte ligning [1], kan man danne forholdet $K \cdot V_{bs} / I_{for}$, hvor K er den ovenfor nevnte konstant, for derved å utlede formasjonsresistiviteten R_t . Denne måling av spenningen V_{bs} kan ikke utføres samtidig med de andre ovenfor nevnte målinger pga. koplingsforhold i kabelen.

P A T E N T K R A V

1. Fremgangsmåte for å undersøke en geologisk formasjon som et fôret borehull er ført gjennom, idet nevnte fremgangsmåte er

5 k a r a k t e r i s e r t v e d d e t f o r h o l d a t:

strøm føres i et første prosesstrinn inn på brønnfôringen (11) på et første sted (In1) i avstand fra nevnte formasjon i brønnens lengderetning, for derved å bringe strøm til å lekke inn i nevnte formasjon, idet elektroder (a, b, c) som fastlegger to påfølgende seksjoner av fôringen anbringes i nivå med nevnte formasjon og anvendes for å måle de respektive spenningsfall langs disse seksjoner;

10

i et andre prosesstrinn føres strøm inn på fôringen på et annet sted (In2) i avstand fra formasjonen i brønnens lengderetning samt plassert på motsatt side av denne i forhold til nevnte første sted, for derved å bringe strøm til å lekke inn i formasjonen, idet elektrodene anvendes for å måle potensialfallene langs nevnte seksjoner;

15

tilsvarende målinger i de to prosesstrinn kombineres for å utlede verdier tilsvarende en krets som er dannet av fôringen mellom de to påføringssteder samt hovedsakelig uten lekkasje inn i formasjonen; og

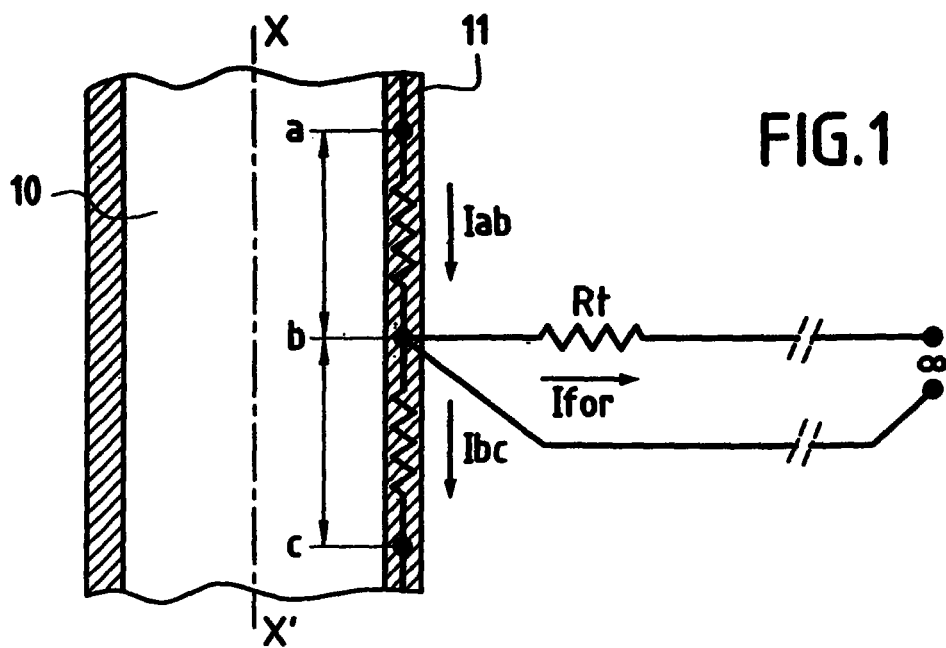
hvor den strøml lekkasje som er betegnende for formasjonens resistivitet bestemmes på grunnlag av de målinger som tas i det første prosesstrinn og i det andre prosesstrinn, samt ut i fra de verdier som fremkommer ut i fra nevnte kombinasjon.

20

2. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, og hvor det første påføringssted plasseres på oversiden av formasjonen mens det andre påføringssted plasseres på undersiden av formasjonen, og kombinasjonen består i å subtrahere måleverdiene fra det andre trinn fra måleverdiene fra det første trinn.

25

1/3



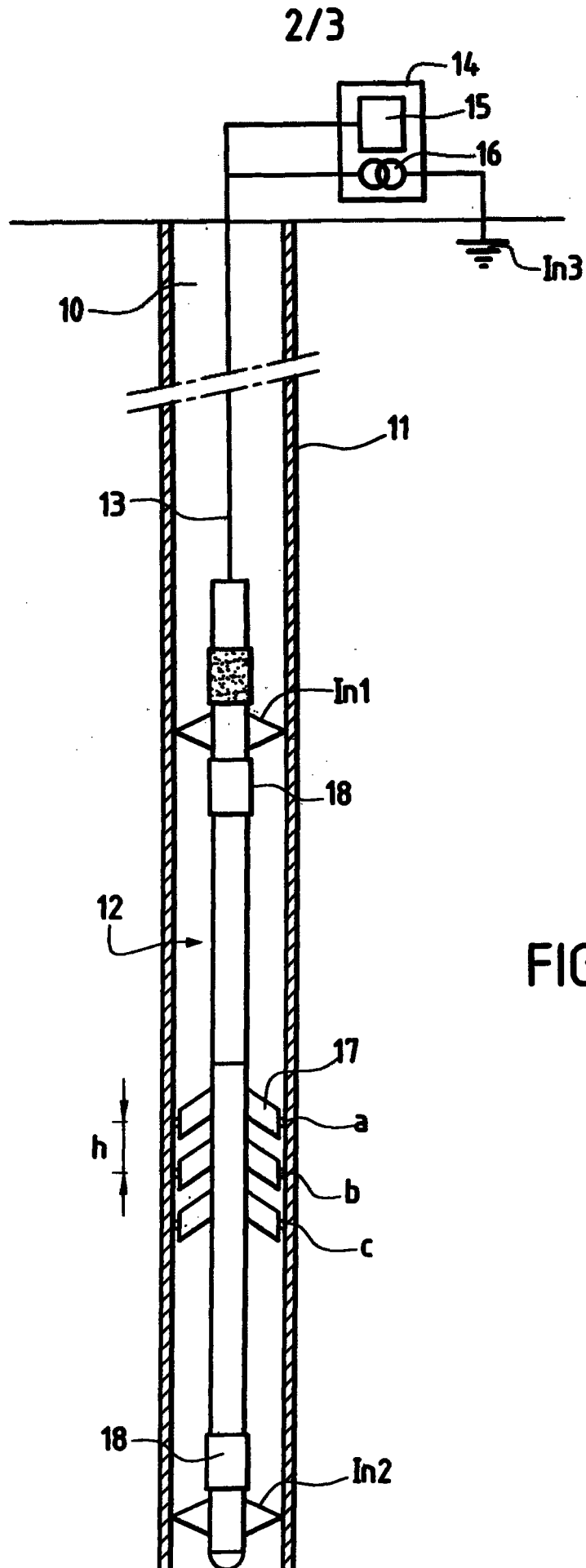


FIG.2

3/3

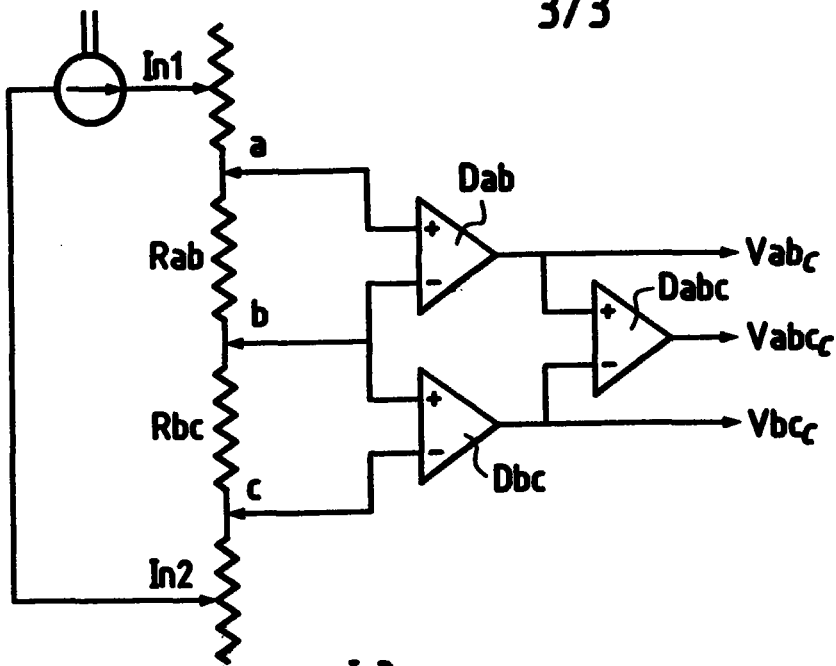
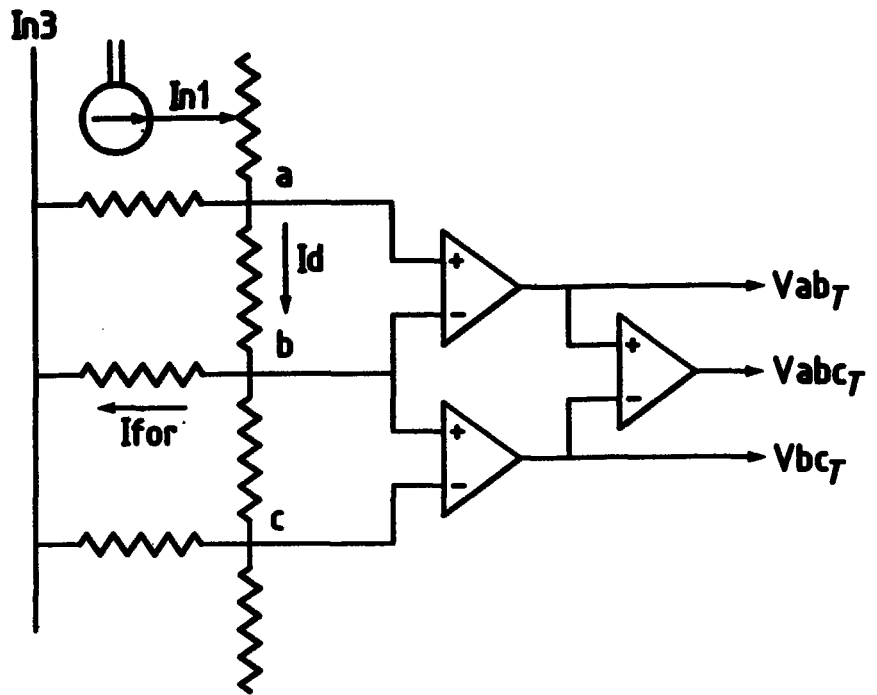


FIG. 3A

FIG. 3B



$In3$

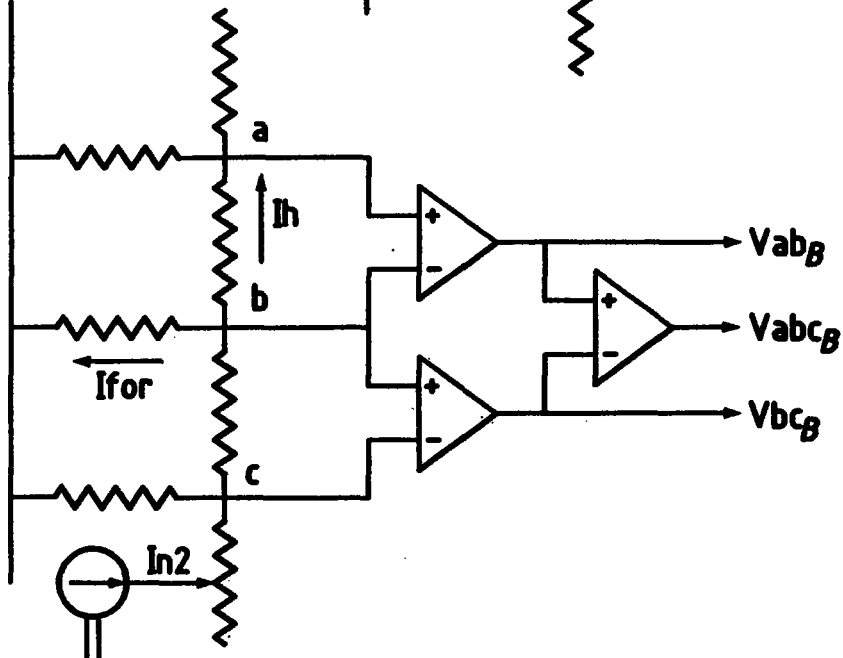


FIG. 3C