



NORGE

[NO]

**STYRET
FOR DET INDUSTRIELLE
RETTSVERN**

[B] (II) UTLEGNINGSSKRIFT Nr. 135152

(51) Int. Cl.² E 21 B 47/04, G 01 B 5/04

(21) Patentsøknad nr. 3173/69
(22) Inngitt 01.08.69
(23) Løpedag 01.08.69

(41) Alment tilgjengelig fra 02.02.71
(44) Søknaden utlagt, utlegningsskrift utgitt 08.11.76

(30) Prioritet begjært Ingen.

(54) Oppfinnelsens benevnelse Fremgangsmåte og anordning for bestemmelse av dybden av et verktøy i et borehull.

(71)(73) Søker/Patenthaver SOCIETE DE PROSPECTION ELECTRIQUE SCHLUMBERGER,
42 rue Saint-Dominique,
Paris VII,
Frankrike.

(72) Oppfinner LEE H. GOLLWITZER,
Houston, TX, USA.

(74) Fullmektig Siv.ing. Rolf Larsen,
Bryn & Aarflot A/S, Oslo.

(56) Anførte publikasjoner US patent nr. 3027649, 3022822

Denne oppfinnelse angår generelt fremgangsmåter for nøyaktig og kontinuerlig å bestemme lengden av en elastisk kabel under strekkpåkjenning, og oppfinnelsen er mer spesielt rettet mot bestemmelse av den virkelige dybde av et verktøy eller en annen innretning opphengt i den ene ende av en elastisk kabel i et borehull, når verktøyet eller innretningen ved enden av kabelen blir beveget opp og ned.

Denne oppfinnelse er særlig beregnet for bruk ved undersøkelse av et borehull i grunnen hvor målinger av de omgivende undergrunnsformasjoner blir tatt som funksjon av dybden, ved hjelp av et verktøy eller instrument som senkes og heves i borehullet hengende i en bærekabel som strekker seg ned fra jordoverflaten,

f.eks. for å gi indikasjoner av olje- eller gassførende lag langs lengden av borehullet. Derfor må dybden av verktøyet under overflaten bestemmes nøyaktig til ethvert tidspunkt slik at målingene kan korreleres nøyaktig med den virkelige dybde av verktøyet.

Dybden av verktøyet i borehullet kan bestemmes ved telling av vedkommende antall meter kabel som senkes ned i borehullet fra en kabeloppviklingsinnretning plassert på overflaten. Det har vært foreslått mange systemer for måling av denne kabel-lengde, omfattende f.eks. hjul eller skiver og andre innretninger påvirkbare av magnetiske merker på kabelen.

Tidligere foreslåtte dybdemålesystemer kan imidlertid bare gi en gjennomsnittsmåling av dybdeendringer som opptrer i forbindelse med undersøkelsesinnretninger eller -verktøy i borehullet fordi de kjente systemer bare anvender målinger utført på overflaten og fordi tusener av meter kabel vanligvis strekker seg mellom undersøkelsesinnretningen i borehullet og kabelmåleinnretninger plassert på overflaten. F.eks. vil en kraft som virker på undersøkelsesinnretningen i hullet, ikke umiddelbart opptre på overflaten i form av en endring i strekkpåkjenningen på grunn av den store kabellengde, og den målte kraft som til slutt opptre på overflaten i form av en strekkmåling, vil være forstyrret på grunn av dempningen i kabelen. Disse strekkvariasjoner som opptre ved verktøyet i hullet, kan forsinkes så meget som flere sekunder før de når overflaten på grunn av denne forplantningstid i kabelen.

Det kan således sees at en innretning plassert på overflaten for måling av dybden selv om det foretas en feilkorreksjon basert på måling av kabelstrekket på overflaten, ikke kan gi en øyeblikkelig indikasjon av den virkelige dybdeposisjon av undersøkelsesinnretningen i hullet. Det beste som kan oppnås, er å få en gjennomsnittsindikasjon.

Bortsett fra øyeblikkelige indikasjoner av dybde når bare en overflatestrekkmåling anvendes, kan den strekkpåkjenning som opptre ved bunnen av kabelen i borehullet, bare antas å være konstant ved en spesiell forutbestemt referansestrekkepåkjenning som er blitt valgt før utførelse av en undersøkelse i borehullet. Det er imidlertid et faktum at den strekkpåkjenning som hersker ved det nedre parti av kabelen, ikke nødvendigvis forblir lik den forutbestemte referansestrekkepåkjenning,

hvilket bl.a. skyldes det forhold at kabelen og verktøyet er i anlegg mot og bremses av sidene i borehullet. Således vil dyb-demålesystemer plassert ved overflaten, kunne være ute av stand til å gi nøyaktige verdier av den gjennomsnittlige kabellengde eller verktøydypde.

Ved bestemmelse av dybden av et verktøy i et borehull er det ønskelig at innretningen på overflaten for måling av den lengde kabel som vikles inn eller ut, gir indikasjoner av lengden av kabelen med meget korte intervaller, f.eks. for hver 6 mm, slik at en mulig dybdekorreksjon kan utføres med korte intervaller. Hvis det imidlertid er bare en meget liten feil for 6 mm indikasjon fra kabelmåleinnretningen på overflaten, vil en vesentlig dybdefeil akkumuleres over 1000 m eller mer. En slik liten feil kan skrive seg fra fremstillingstoleranser i innretningen. Det ville således være ønskelig å tilveiebringe en anordning for periodisk korreksjon for enhver dybdefeil i målinger utført ved hjelp av en kabelmåleinnretning plassert på overflaten.

Forlengelsen av kabelen avhenger også av temperaturen i borehullet, hvilken temperatur øker med dybden. Det ville således være ønskelig å korrigere for kabelstrekningen på grunn av endringer i borehullets temperatur etter hvert som undersøkelsesverktøyet blir hevet eller senket i hullet.

I tillegg til dette blir borehullets dybde vanligvis referert til den totale dybde som bestemt av lengdene av borestreng som brukes for å bore hullet, idet lengden av hver borestreng blir målt på overflaten uten at trykk- eller temperaturkrefter virker på strengen. Således vil den totale dybde bestemt av borestrengen, ikke stemme nøyaktig overens med den virkelige dybde i borehullet. Da borestrengdybden ofte er den dybde som anvendes ved perforering av oljeførende lag, må den virkelige foreliggende dybde undertiden refereres eller omdannes til borestrengdybde. Forskjellen mellom borestrengdybde og den virkelige eller foreliggende dybde øker når dybden av borehullet øker. Det ville således være ønskelig å tilveiebringe en anordning for å korrigere for denne feil i borestrengdybden etter hvert som dybden av borehullet øker og referere den virkelige eller foreliggende dybde til borestrengdybde.

Av ovenstående kan det sees at mange faktorer må tas i betraktning for å oppnå en meget nøyaktig indikasjon av bore-

hulldybden.

Nærmere bestemt angår således denne oppfinnelse en fremgangsmåte for bestemmelse av dybden av et verktøy som bæres av en kabel i et borehull, omfattende måling av kabelbevegelsen for å fremskaffe en angivelse av verktøyets dybde og måling av kabelens strekkpåkjenning ved jordoverflaten for å fremskaffe en korrigert angivelse av verktøyets dybde. Det nye og særegne ved fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen består i at kabelens strekkpåkjenning også måles i nærheten av verktøyet under jordoverflaten for å tilveiebringe en ytterligere korrigert angivelse av verktøyets dybde.

Oppfinnelsen omfatter også en anordning for utførelse av fremgangsmåten og de nye og særegne trekk ved denne anordning er nærmere angitt i patentkravene.

For bedre forståelse av foreliggende oppfinnelse skal det henvises til følgende beskrivelse i tilknytning til tegningen, hvor:

Fig. 1 er en skjematisk illustrasjon som viser et utførelseseksempel ifølge foreliggende oppfinnelse, og

Fig. 2 er et diagram som viser strekkpåkjenningen i en kabel som funksjon av dybden av et undersøkelsesverktøy i borehullet under typiske borebetingelser.

På fig. 1 er det vist en typisk utførelse av en anordning utført i henhold til foreliggende oppfinnelse for kontinuerlig og automatisk å tilveiebringe korrigerte indikasjoner av dybden av et verktøy 10 nedsenket i et borehull 11 som er fylt med bore-slam 11a for undersøkelse av de jord- eller grunnformasjoner som omgir borehullet 11. Verktøyet 10 kan ha form av hvilket som helst boreverktøy eller -instrument. Under en typisk undersøkelse blir målesignaler levert til et registreringsapparat 14 gjennom ledere 15 og 16 som er ført gjennom en armert flerlederkabel 12 til elektriske målekretser anbrakt i en kapsling 10a i verktøyet 10.

Når kabelen 12 blir viklet inn eller ut av borehullet 11 over en frittstående skive 17 ved hjelp av en passende trommel- og vinsjmekanisme (ikke vist), plassert på overflaten, roterer et kabelbevegelses-indikasjonshjul 18 med bevegelsen av kabelen 12. Rotasjonen av hjulet 18 er således proporsjonal med de økende lengder av kabelen 12 som beveges forbi hjulet 18. Dette hjul er forbundet med en kabelmåleinnretning 19 som gir kabelbevegelsesindikasjoner til en dybdekorreksjons-regnemaskin 20.

Det roterende hjul 18 gir mekaniske indikasjoner til lengdemåleinnretningen 19 vedrørende den lengde av kabelen 12 som passerer det roterende hjul 18, og dessuten retningen av bevegelsen av kabelen 12, dvs. oppad eller nedad. Kabelmåleinnretningen 19 omdanner den mekaniske rotasjon av hjulet 18 til elektriske pulser som angir endringene i lengden ΔL_m av kabelen 12 som passerer hjulet 18 og retningen av denne bevegelse, til dybdekorreksjonsregnemaskinen 20. Denne regnemaskinen korrigerer ΔL_m under påvirkning av flere innganger (som skal omtales senere) og genererer korrigerte utgangssignaler for påtrykning på en registreringsdrivinnretning 49 som omdanner disse signaler til mekanisk rotasjon.

Akkumuleringen av lengdeendringsindikasjoner fra innretningen 19 gir den akkumulerte, totale kabellengde som måles av måleinnretningen 19. Som nevnt tidligere, vil imidlertid de målinger som utføres av måleinnretningen 19, alene ikke muliggjøre nøyaktige dybdebestemmelser på grunn av kabelstrekningen eller -forlengelsen som ikke indikeres av måleinnretningen 19.

Hvis avstanden mellom jordoverflaten og den sentrale måleelektrode i undersøkelsesverktøyet 10 betraktes som den virkelige dybde L_0 av undersøkelsesverktøyet 10 i borehullet, er det kjent at i de fleste praktiske tilfeller må en gitt lengdekorreksjon ΔL_0 adderes til den målte lengde L tilveiebrakt ved akkumulering av målingene ΔL_m fra måleinnretningen 19, for å oppnå den virkelige dybde L_0 av undersøkelsesverktøyet 10. (L_m er således akkumuleringen av ΔL_m over lengden av borehullet som verktøyet har passert, dvs. $L_m = \int \Delta L_m dL$.) Følgelig kan man skrive ligningen:

$$L_0 = L_m + \Delta L_0 \quad (1)$$

Det er funnet at relasjonen for den ytterligere lengde ΔL_0 kan representeres ved følgende matematiske uttrykk:

$$\Delta L_0 = [1/2EL (\Delta T_u + \Delta T_d) - E \int_0^L \Delta T_u dL] (f_L) + u_d(f_h) + L_t + L_{cal} \quad (2)$$

hvor

E er elastisitets- eller strekk-koeffisienten,

L er kabellengden,

ΔT_u er endringen i kabelens strekkpåkjenning målt på overflaten med hensyn til en kjent referansestrekkpåkjenning

ΔT_d er endringen i strekkpåkjenning (hullstrekkfunksjon) målt av en strekkmåleinn-

retning plassert i borehullet mellom verktøyet og den nedre ende av kabelen, med hensyn til en kjent referanse-påkjenning,

L_t er strekningen eller forlengelsen av kabelen på grunn av temperaturendringer i borehullet,

L_{cal} er den kalibrerte kabellengdekorleksjon bevirket av mulige unøyaktigheter i lengdemåleinnretningen 19,

u_d er endringen i kabellengde, bevirket av en endring i strekk-påkjenningen ΔT_d i hullet beregnet av analogregnemaskinen 48,

f_L er en symbolsk operator som angir en lavfrekvenskomponent (et ledd multiplisert med operatoren f_L angir at leddet omfatter bare lavfrekvenskomponenter) og

f_h er en symbolsk operator som angir en høyfrekvenskomponent (et ledd multiplisert med operatoren f_h angir at leddet omfatter bare høyfrekvenskomponenter).

For å forklare hvordan korleksjon for kabelstrekningen utføres, er det på fig. 2 vist et diagram med en kurve for kabelstrekning eller -forlengelse som funksjon av borehulldybden ved en typisk kjøring eller måling i borehullet 11. Det kan ses at når verktøyet 10 senkes i hullet 11, fortsetter kabelforlengelsen å øke. Når kabeloppviklingsinnretningen på overflaten avtar i hastighet, blir det en plutselig endring i kabelforlengelsen slik som angitt ved punktet A på fig. 2. Når kabeloppviklingsinnretningen stopper utvikling av kabel før reversering, slik som angitt ved punktet B, blir det en annen vesentlig endring i forlengelsen av kabelen 12. Likeledes når kabeloppviklingsinnretningen øker sin hastighet, mens verktøyet 10 bringes ut av borehullet 11, som angitt ved punktet C, oppstår en annen plutselig endring i kabelforlengelsen.

Ved anvendelse av en kabelstrekkmåleinnretning på overflaten er det mulig å bestemme den gjennomsnittlige eller stabile verdi av kabelstrekket, bevirket av hastighetsendringer og retningsreversering. Det nøyaktige tidspunkt for disse hendelser kan ikke bestemmes nøyaktig på grunn av den forsinkelse som forårsakes av den lange kabellengde. Videre er det visse antagelser som må gjøres før en kabelstrekkmåling på overflaten kan brukes nøyaktig for korleksjon av kabelforlengelse, hvilke antagelser kan være feilaktige. Det må antas at økningen i kabelstrekk-påkjenning endres lineært med økende avstand fra den nedre ende av kabelen, og de bremsekrefter som virker på kabelen over dennes midtpunkt, vil ha en størrelse svarende til de bremsekrefter som virker på kabelen nedenfor midtpunktet.

For å avstedkomme en mer nøyaktig bestemmelse av den stabile verdi av kabelstrekket og unngå feilaktige antagelser, måler anordningen ifølge foreliggende oppfinnelse strekkpåkjenningen ved begge ender av kabelen 12 og danner gjennomsnittet av det totale resultat. Denne operasjon representeres av leddet $\frac{1}{2}EL(\Delta T_u + \Delta T_d)(f_L)$ i ligning (2). Det fullstendige ledd med (f_L) i ligning (2) gir således korreksjon for kabelforlengelse på grunn av strekkpåkjenning i den stabile tilstand.

Betraktes igjen fig. 2, ses et punkt D på den fullt opptrukne kurve, hvilket punkt D representerer det faktum at verktøyet 10 momentant blir hengende fast på veggen i borehullet når verktøyet heves og så løsner og utfører svingninger før en likevekt blir oppnådd. På grunn av den lange kabellengde og kabelens dempningskoeffisient B kan en overflatemåleinnretning for strekkpåkjenning ikke avføle denne feilaktige verktøybevegelse og i gunstigste tilfelle vil den strekkspenning som opptrer ved overflaten etter forplantning gjennom den store kabellengde, være sterkt forvrenget. For å forhindre denne potensielle vesentlige dybdefeiltype, blir den strekkpåkjenning som eksisterer ved verktøyet i hullet, målt ved verktøyet og overført momentant ved hjelp av elektriske signaler til overflaten hvor den dybdefeil som bevirkes av denne feilaktige verktøybevegelse, blir beregnet av en analogregnemaskin 48 og deretter ført til sifferregnemaskinen 20 for total dybdekorreksjon, i hvilken regnemaskin det skjer en kombinasjon med andre dybdekorreksjonsfunksjoner. Da lavfrekvensleddet f_L i ligning (2) gir dybdekorreksjonen for stabil tilstand, blir en høyfrekvenskomponent beregnet som $u(f_h)$ i ligning (2) addert til lavfrekvensdelen for å korrigere for feilaktig verktøybevegelse. $u(f_h)$ er dybdekorreksjonsutgangen fra analogregnemaskinen 48, og høypassfilteret 54 representerer den øyeblikkelige dybdekorreksjon oppnådd utfra strekkmålinger i borehullet.

Det refereres nå til fig. 1, hvor strekkpåkjenningfunksjonen ΔT_d blir oppnådd fra måleinnretningen 38 som er plassert mellom undersøkelsesverktøyet 10 og den nedre ende av kabelen 12. En likestrømkilde 40 plassert på overflaten, leverer likestrøm gjennom kabellederen 43 til en forsterker 41 og en oscillator 40 i kapselenheten 10a i borehullet. Oscillatoren 40 leverer et vekselstrømsignal med konstant spenning til en brokrets 39 hvis utgang føres til forsterkeren 41. Når strekkpåkjenningen mellom verktøyet 10 og kabelen 12 varierer, varierer

motstanden av halvleder-strekklappelementer R_2 og R_4 proporsjonalt med denne strekkpåkjenning. Betraktes brokretsen 39 hvor halvlederstrekklappelementene R_2 og R_4 er representert ved stippledete motstander R_2' og R_4' , kan det ses at når motstandsverdien av motstandene R_2' og R_4' varierer, vil den vekselspanning som påtrykkes av brokretsen 39 på forsterkeren 41, variere proporsjonalt med denne strekkpåkjenning i borehullet. Da motstandsverdiene R_2' og R_4' av halvleder-strekklappelementene R_2 og R_4 er anbrakt diagonalt motsatt av hverandre i brokretsen 39, er den spanning som påtrykkes forsterkeren 41, av dobbelt størrelse i forhold til det som ville ha vært tilfellet hvis bare ett slikt halvlederelement var anvendt.

Forsterkeren 41 leverer et vekselstrømsignal proporsjonalt med den spanning som leveres fra brokretsen 39 gjennom en likestrømblokkeringskondensator 42 som er innrettet til å forhindre at likestrøm kommer frem til utgangen av forsterkeren 41. Dette vekselstrømsstrekkepåkjenningssignal fra forsterkeren 41 blir gjennom kabellederen 43 ført til en forsterker 45 gjennom en kondensator 44 som er innrettet til å fjerne likestrømmen fra inngangen til forsterkeren 45. Ved anvendelse av kondensatorene 42 og 44 og induksjonsspoler 43a og 43b kan det anvendes en enkelt leder 43 både for tilførsel av likestrøm til kretsen nede i borehullet i kapslingsenheten 10a og for tilførsel av vekselstrømsignalet som er proporsjonalt med strekkpåkjenningen i hullet, til forsterkeren 45. Etter forsterkning i forsterkeren 45 blir strekkpåkjenningssignalet påtrykket på en fasefølsom detektor 46. En annen utgang fra forsterkeren 45 blir ført til en spenningsbegrensningskrets 47 hvis utgang leverer et fasereferansesignal med konstant spanning til den fasefølsomme detektor 46. Denne detektor detekterer størrelsen av det signal fra forsterkeren 45 som er i fase med signalet fra spenningsbegrensningskretsen 47 og leverer et resulterende likestrømutgangssignal proporsjonalt med strekkpåkjenningen i borehullet til analogregnemaskinen 48.

Før en undersøkelsesoperasjon begynner, blir strekkpåkjenningssignalet fra den fasefølsomme detektor 46 innstilt på 0 volt ved hjelp av en passende anordning, f.eks. et begynnelsesstillstands-potensiometer inkludert i detektoren 46. Denne begynnelsesstillstand med 0 spanning blir innstilt for å svare til en gitt referansestrekkepåkjenning fra måleinnretningen 38

dvs. i dette tilfelle 0 strekkpåkjenning. Følgelig vil utgangsspenningen fra den fasefølsomme detektor 46 representere en endring i strekkpåkjenning ΔT_d i forhold til denne referansestrekkpåkjenning. Denne strekkpåkjenningssfunksjon ΔT_d i borehullet påtrykkes analogregnemaskinen 48 hvor dybdefeilen på grunn av strekkpåkjenningen i borehullet blir beregnet.

Etter omfattende forskning og utvikling er det funnet at relasjonen for endring i strekkpåkjenning ΔT_d er:

$$\Delta T_d = 0,4ML\dot{u} + 0,4BL\ddot{u} + \frac{1}{EL} u \quad (3)$$

hvor

u er den dybdefeil som skyldes endringen i strekkpåkjenning i borehullet

$\dot{u}$ er den første tidsderiverte av dybdefeilen u

$\ddot{u}$ er den annen tidsderiverte av dybdefeilen u

M er massen av kabelen

B er dempningskoeffisienten

E er forlengelseskoeffisienten for kabelen

L er kabellengden.

Analogregnemaskinen 48 løser ligningen (3) og gir et utgangssignal som indikerer dybdefeilen u . Da faktorene E , B og L i ligning (3) er variable, er det, som vist på fig. 1, brukt en anordning 25 for forlengelseskoeffisienten E og en anordning 57 for dempningskoeffisienten B for levering av disse faktorer til analogregnemaskinen 48. Lengden L påtrykkes analogregnemaskinen 48 ved hjelp av en aksel 59. Regnemaskinen 48 kan ha form av hvilken som helst krets for løsning av annen ordens differensialligninger. Eventuelt kan det anvendes en passende programmert universalregnemaskin.

Betraktes nå målingen av strekkpåkjenning på overflaten, omfatter utstyret for utførelse av denne måling en strekkinnretning 22 og en brokrets 23. Kabelen 12 blir viklet inn og ut over en fritt løpende skive 17. Enhver endring i strekkpåkjenningen i kabelen 12 blir overført til skiven 17, hvilken strekkpåkjenning i sin tur blir avfølt av en strekkmåleinnretning 22 på overflaten. Strekkmåleinnretningen 22 utgjør en arm i en motstandsbrokrets i brokretsen 23 på tilsvarende måte som brokretsen 39 i kapslingsenheten 10a i borehullet. Brokretsen 23 omfatter en strømkilde som medfører at det blir levert et like-

135152

strømutgangssignal fra brokretsen 23 proporsjonalt med strekkpåkjenningen i strekkmåleinnretningen 22. I likhet med utgangen fra den fasefølsomme detektor 46 for strekkpåkjenningen i borehullet blir utgangsstrekkssignalet fra brokretsen 23 innstilt på 0 volt når påkjenningen på strekkmåleinnretningen 22 er lik en referansestrekkpåkjenning, i dette tilfelle 0 strekkpåkjenning.

Det henvises nå igjen til ligning (2), hvor det er angitt en lavfrekvenskomponent f_L og en høyfrekvenskomponent f_H . Da den gjennomsnittlige verdi av dybdekorreksjonen som skyldes strekkpåkjenning, bare avhenger av lavfrekvenskomponenten f_L , må høyfrekvenskomponenten $u(f_H)$ i ligning (2) filtreres ut. Ved lave frekvenser som representerer gjennomsnittsverdien av dybdeendringen, blir således leddet $u(f_H)$ eliminert fra ligning (2). Ved lave frekvenser er det imidlertid fremdeles et strekkpåkjenningsledd $\frac{1}{2}EL\Delta t_d$ vedrørende tilstanden i borehullet, i ligning (2). Derfor må dette ledd tillates å overføres fra analogregnemaskinen 48 til dybdekorreksjonsregnemaskinen 20 ved lave frekvenser. Betraktes imidlertid ligning (3) og en mulig eliminering av høyfrekvensleddene $\ddot{u}$ og $\dot{u}$, kan det ses at relasjonen for lavfrekvenskomponenten av dybdefeilen u er:

$$u(f_L) = EL \Delta t \quad (4)$$

Av ligning (2) ses det at lavfrekvenskomponenten av strekkpåkjenningen i hullet er lik halvparten av den verdi som er gitt ved ligning (4). Derfor må utgangssignalet fra analogregnemaskinen 48 filtreres på slik måte at ved lave frekvenser blir halvparten av utgangssignalet fra analogregnemaskinen 48 påtrykket dybdekorreksjonsregnemaskinen 20, og ved høye frekvenser blir hele utgangssignalet fra analogregnemaskinen 48 påtrykket regnemaskinen 20. På fig. 1 er det vist et høypassfilter 54 mellom utgangen av analogregnemaskinen 48 og dybdekorreksjonsregnemaskinen 20, som utfører denne funksjon.

Av ligning (2) kan det videre ses at hele strekkpåkjenningskomponenten over hullet er tilstede bare ved lave frekvenser. Således må utgangen fra overflatebrokretsen 23, som påtrykkes dybdekorreksjonsregnemaskinen 20, ha full verdi ved lave frekvenser og reduseres til 0 ved høye frekvenser. Denne funksjon blir utført av et lavpassfilter 55 som er koblet mellom utgangen av overflatebrokretsen 23 og inngangen av dybdekorreksjonsregne-

maskinen 20. Krysningsfrekvensen mellom filtrene 54 og 55 bør være forholdsvis lav, slik at strekkpåkjenningmålingen i borehullet er fullt effektiv over et stort område. En ønsket verdi av denne krysningsfrekvens er funnet å være f.eks. 0,1 Hz.

Ved anvendelse av overflatestrekkfunksjonen i kombinasjon med en hullstrekkfunksjon kan således den dybdefeil som bevirkes av den totale stabile kabelforlengelse og den kabelforlengelse som skyldes feilaktig verktøybevegelse, begge korrigeres nøyaktig. Eventuelt kan filtrene 54 og 55 utelates ved å levere ΔT_u i ufiltrert form og å utføre analogregnemaskinen 48 slik at hullstrekkfunksjonen tar hensyn til de dybdekorreksjoner som utføres av overflatestrekkfunksjonen ΔT_u .

Betraktes igjen ligningene (2) og (3), ses leddet E som representerer forlengelseskoeffisienten av den spesielle kabel som anvendes. Denne verdi av strekk-koeffisienten er konstant for hvilken som helst gitt kabel, men varierer fra kabel til kabel. Strekk-koeffisienten for en gitt kabel kan måles forut for dens anvendelse til undersøkelser. Det er derfor ønskelig at dybdekorreksjonsregnemaskinen 20, som løser ligning (2), og analogregnemaskinen 48, som løser ligningen (3), påtrykkes den korrekte verdi av forlengelseskoeffisienten E for den spesielle kabel som anvendes. Betraktes således fig. 1, er det vist en anordning 25 for avgivelse av verdien av forlengelseskoeffisienten E til dybdekorreksjonsregnemaskinen 20 og analogregnemaskinen 48.

Kabelmåleinnretningen 19 gir en utgangspuls ved meget korte intervaller av kabellengden, i dette tilfelle for en kabelbevegelse på 6 mm. Selv om måleinnretningen 19 er temmelig nøyaktig ved måling av den lengde kabel 12 som vikles inn eller ut i forhold til borehullet 11, vil en meget liten feil som er tilstede for hver bestemmelse av en lengde på 6 mm som følge av fremstillings-toleranser, bli urimelig høy når kabelen 12 er ført flere tusen meter ned i borehullet 11. Det er således ønskelig å kalibrere lengdemåleinnretningen 19 og å korrigere dybdekorreksjonsregnemaskinen 20 i henhold til denne kalibrering. Dette blir oppnådd ved å bestemme den nøyaktige feil som oppstår over mange tusen meter kabelbevegelse, og å innføre en kalibreringskorreksjon i dybdekorreksjonsregnemaskinen 20 med visse lengdeintervaller i overensstemmelse med denne kalibrerte korreksjon. Denne anordning er vist som kalibreringskorreksjonsanordning 24 på fig. 1 som leverer en funksjon betegnet L_{cal} til dybdekorreksjonsregne-

135152

maskinen 20.

En dybdefeil kan også oppstå som følge av høye temperaturer i borehullet 11, hvilket avstedkommer en ytterligere forlengelse av kabelen 12. Temperaturen i borehullet 11 varierer med dybden av dette. Når undersøkelsesverktøyet 10 befinner seg ved toppen av borehullet, vil det være lite eller ingen feil som skyldes temperaturen, og når verktøyet er ved bunnen av hullet 11, vil dybdefeilen på grunn av temperaturen være maksimal. Det er derfor brukt en temperaturkorreksjonsanordning 32 for å generere en funksjon overfor dybdekorreksjonsregnemaskinen 20, hvilken funksjon øker sammen med dybden av verktøyet 10 i borehullet 11 for å kompensere for økninger i temperaturen med dybden.

For å oppnå dette, leverer temperaturkorreksjonsanordningen 32 et inngangssignal L_t til dybdekorreksjonsregnemaskinen 20. Dette signal L_t avledes fra glidekontakten 33 på et potensiometer 34, hvilken glidekontakt blir beveget i avhengighet av borehullets dybde. Motstandsdelen 35 av potensiometeret 34 har en fast motstandsverdi fra den ene ende av potensiometeret 34 til den annen ende. Før en undersøkelse blir utført i borehullet, blir imidlertid temperaturforholdene i dette bestemt ved hjelp av egnede innretninger, f.eks. ved innføring av en temperaturtransduser gjennom borehullet. I praksis er imidlertid temperaturen i borehullet kjent med tilstrekkelig nøyaktighet ut fra tidligere målinger fra andre borehull i vedkommende område. De resultater som er oppnådd fra disse temperaturmålinger, kan utnyttes til å innstille variable motstander 36 som er anordnet parallelt med seksjonene av motstandsdelen 35 av potensiometeret 34 for å oppnå den ønskede temperaturkorreksjonskurve.

Da denne temperaturkorreksjon varierer med dybden av verktøyet 10 i hullet 11, blir utgangen av registreringsdrivinnretningen 49 som tatt ut fra koblingspunktet 56, ført gjennom en tannhjulsutveksling 53 for å dreie glidekontakten 33. Rotasjon av utgangsakselen fra registreringsdrivinnretningen 49 er proporsjonal med den korrigerende kabellengde. Denne mekaniske utgang er ført gjennom tannhjulsutvekslingen 53 som har slikt oversetningsforhold at rotasjonen av utgangsakselen fra registreringsdrivinnretningen 49 kan brukes for potensiometeret 34. Et batteri 37 leverer en likespenning mellom endepartiene av motstandsdelen 35 av potensiometeret 34 med den negative klemme på batteriet forbundet med jord. Glidekontakten 33 befinner seg på

jordsiden av motstandsdelen 35 av potensiometeret 34 og beveges mot den positive side av dette (mot urviserretningen på fig. 1) når verktøyet 10 senkes ned i borehullet 11.

Betraktes på nytt ligning (2), kan det ses at alle ledd i denne påtrykkes dybdekorreksjonsregnemaskinen 20 på fig. 1. Ut fra alle de ovenfor omtalte innganger til dybdekorreksjonsregnemaskinen 20 kan således ligning (1) løses for å oppnå den virkelige dybde av verktøyet 10 i borehullet 11. I noen tilfelle er imidlertid ikke den virkelige dybde den dybde som anvendes ved perforering av et underjordisk lag nær borehullet 11 for å utvinne olje som finnes der. I noen tilfelle er den dybde ved hvilken perforering skjer for oljeutvinning, bestemt i henhold til lengden av borestrengen. Denne borestrenglengde blir målt når borestrengen ligger på jordoverflaten uten påkjenninger av denne. Når imidlertid borestrengen befinner seg i borehullet 11, bevirker den strekkpåkjenning som utøves av vekten av borestrengen i borehullet sammenmed temperaturen i dette og andre faktorer at borestrengdybden ikke faller sammen med den virkelige dybde.

I noen tilfelle bør således en funksjon for korreksjon av denne borestrengfeil påtrykkes dybdekorreksjonsregnemaskinen 20. Denne korreksjon blir generert av en borestrengkorreksjonsanordning 26 som funksjon av borehulldybden. Glidekontakten 27 på et potensiometer 28 i borestrengkorreksjonsanordningen 26 leverer et signal L_{dp} til dybdekorreksjonsregnemaskinen 20 for å utføre denne korreksjon. Potensiometeret 28 i borestrengkorreksjonsanordningen 26 virker på tilsvarende måte som potensiometeret 34 i temperaturkorreksjonsanordningen 32. Utgangen av registreringsdrivinnretningen 49 blir gjennom tannhjulsutvekslingen 53 koblet til glidekontakten 27 for å drive denne. Motstandsdelen 29 av potensiometeret 28 har en fast motstandsverdi. Det er imidlertid anordnet variable motstander 30 i parallell over gitte seksjoner av motstandsdelen 29. Disse variable motstander 30 blir innstilt før en undersøkelse utføres, i overensstemmelse med et borestrengkorreksjonsdiagram fra boreformannen eller hvis slikt ikke er tilgjengelig, i henhold til en rimelig bestemmelse av borestrengkorreksjonen. Når undersøkelsesverktøyet 10 befinner seg på overflaten, vil glidekontakten 27 stå på jordsiden av motstandsdelen 29 av potensiometeret 28 og gir således null volt til dybdekorreksjonsregnemaskinen 20. Når dybden av

verktøyet 10 i hullet 11 øker, vil glidekontakten 27 dreie seg i retning mot urviserne og øker derved den negative spenning som påtrykkes dybdekorreksjonsregnemaskinen 20 fra borestrengkorreksjonsanordningen 26.

Ligningen for utgangen av dybdekorreksjonsregnemaskinen 20 til registreringsdrivinnretningen 49 for angivelse av den korrigerende dybdeindikasjon L_c kan nå skrives som:

$$L_c = L_0 - L_{dp} \quad (5)$$

hvor L_{dp} er borestrengkorreksjonen. Følgelig kan relasjonen for den korrigerende dybde L_c nå skrives etter kombinasjon av ligningene (1), (2) og (5) som følger:

$$L_c = L_m + \frac{1}{2}EL(\Delta T_u + \Delta T_d) - \int_0^L E \Delta T_u dL \gamma(f_L) + u(f_h) + L_t + L_{bal} - L_{dp} \quad (6)$$

Ligning (6) representerer den akkumulerte utgang av dybdekorreksjonsregnemaskinen 20. For løsning av ligning (6) bør regnemaskinen 20 ha form av en spesielt utført analog- eller sifferregnemaskin eller en hensiktsmessig programmert universal-sifferregnemaskin. Den differensierte versjon av ligning (6), dvs. ΔL_c , fra regnemaskinen 20 blir påtrykket på registreringsdrivinnretningen 49 som driver registreringsapparatet 14 som funksjon av bevegelsen av verktøyet 10, og hvis mekaniske rotasjon eller utgang føres gjennom koblingspunktet 56 til tannhjulsutvekslingen 53 og til registreringsapparatet 14 ved hjelp av en aksel 58. Utgangsakselen 59 fra tannhjulsutvekslingen 53 driver glidekontaktene på potensiometrene 28 og 34 og leverer likeledes kabellengdefunksjonen til analogregnemaskinen 48. Akselen 58 sørger for bevegelsen av registreringspapiret 50 og leverer videre den mekaniske inngang til dybdeindikatoren 52 som har en mekanisme for angivelse av dybden på registreringspapiret 50 med gitte intervaller. Undersøkelseresultatene fra verktøyet 10 som ved hjelp av lederne 15 og 16 påtrykkes et galvanometer 51, blir registrert på papiret 15. Det ses således at de undersøkelsesdata som meddeles registreringspapiret 50 av galvanometeret 51, refererer til den korrigerende dybde.

Hvilken som helst av de ovenfor omtalte korreksjonsinn-ganger kan anvendes for å korrigere for feil i kabellengdeindikasjonen uten de andre korreksjonsinn-ganger. Således kan kalibre-

ringskorreksjonen eller borestrengkarakteristikken anvendes uten temperatur- eller strekkpåkjenningsskarakteristikken etc., men det er selvvinnlysende at jo flere karakteristikk eller funksjoner som brukes, desto mer nøyaktig blir kabellengdeindikasjonen, og den største nøyaktighet blir oppnådd når alle de beskrevne karakteristikk blir brukt.

P a t e n t k r a v:

1. Fremgangsmåte for bestemmelse av dybden av et verktøy som bæres av en kabel i et borehull, omfattende måling av kabelbevegelsen for å fremskaffe en angivelse av verktøyets dybde og måling av kabelens strekkpåkjenning ved jordoverflaten for å fremskaffe en korrigert angivelse av verktøyets dybde, k a r a k t e r i s e r t ved at kabelens strekkpåkjenning også måles i nærheten av verktøyet under jordoverflaten for å tilveiebringe en ytterligere korrigert angivelse av verktøyets dybde.
2. Anordning for bestemmelse av dybden av et verktøy (10) som bæres av en kabel i et borehull, for bruk ved utførelse av fremgangsmåten ifølge krav 1, omfattende en måleinnretning (19) for kabelens bevegelse til å fremskaffe en angivelse av verktøyets dybde, en strekkmåleinnretning (22) for å måle strekkpåkjenningen i kabelen ved jordoverflaten, og en dybderegnemaskin (20) som er påvirkbar av målingene av kabelbevegelse og strekkpåkjenning for å tilveiebringe en korrigert angivelse av verktøyets (10) dybde, k a r a k t e r i s e r t ved at en annen strekkmåleinnretning (38) er festet til kabelen (12) nær verktøyet (10) for bevegelse sammen med dette under jordoverflaten, hvilken strekkmåleinnretning (38) er beregnet til å levere et signal til dybderegnemaskinen (20) som svarer til strekkpåkjenningen i kabelen i nærheten av verktøyet, for å tilveiebringe en ytterligere korrigert angivelse av verktøyets dybde.
3. Anordning ifølge krav 2, k a r a k t e r i s e r t ved at dybderegnemaskinen omfatter et filter (54) koblet til strekkmåleinnretningen (38) for å overføre frekvenskomponenter med forholdsviss høy frekvens fra strekkmålingen ved kabelens endeparti.
4. Anordning ifølge krav 3, k a r a k t e r i s e r t ved

at dybderegnemaskinen (20) også omfatter et filter (55) koblet til den annen strekk-måleinnretning (22) for overføring av frekvenskomponenter med forholdsvis lav frekvens av kabelens strekk påkjenning ved overflaten.

5. Anordning ifølge et av de foregående krav, k a r a k t e r i s e r t ved at dybderegnemaskinen (20) er innrettet til å funksjonere i overensstemmelse med uttrykket

$$\Delta t = 0.4ML \ddot{u} + 0.4 BL \dot{u} + \frac{1}{EL} u$$

hvor Δt er endringen i strekkpåkjenning i forhold til en referansestrekkpåkjenning

M er massen av kabelen

L er den målte kabellengde

u er den dybdefeil som skyldes endringen i strekkpåkjenning i det nedre endeparti av kabelen

$\dot{u}$ og $\ddot{u}$ er henholdsvis første og annen deriverte av u, og

E er forlengelseskoeffisienten av kabelen.

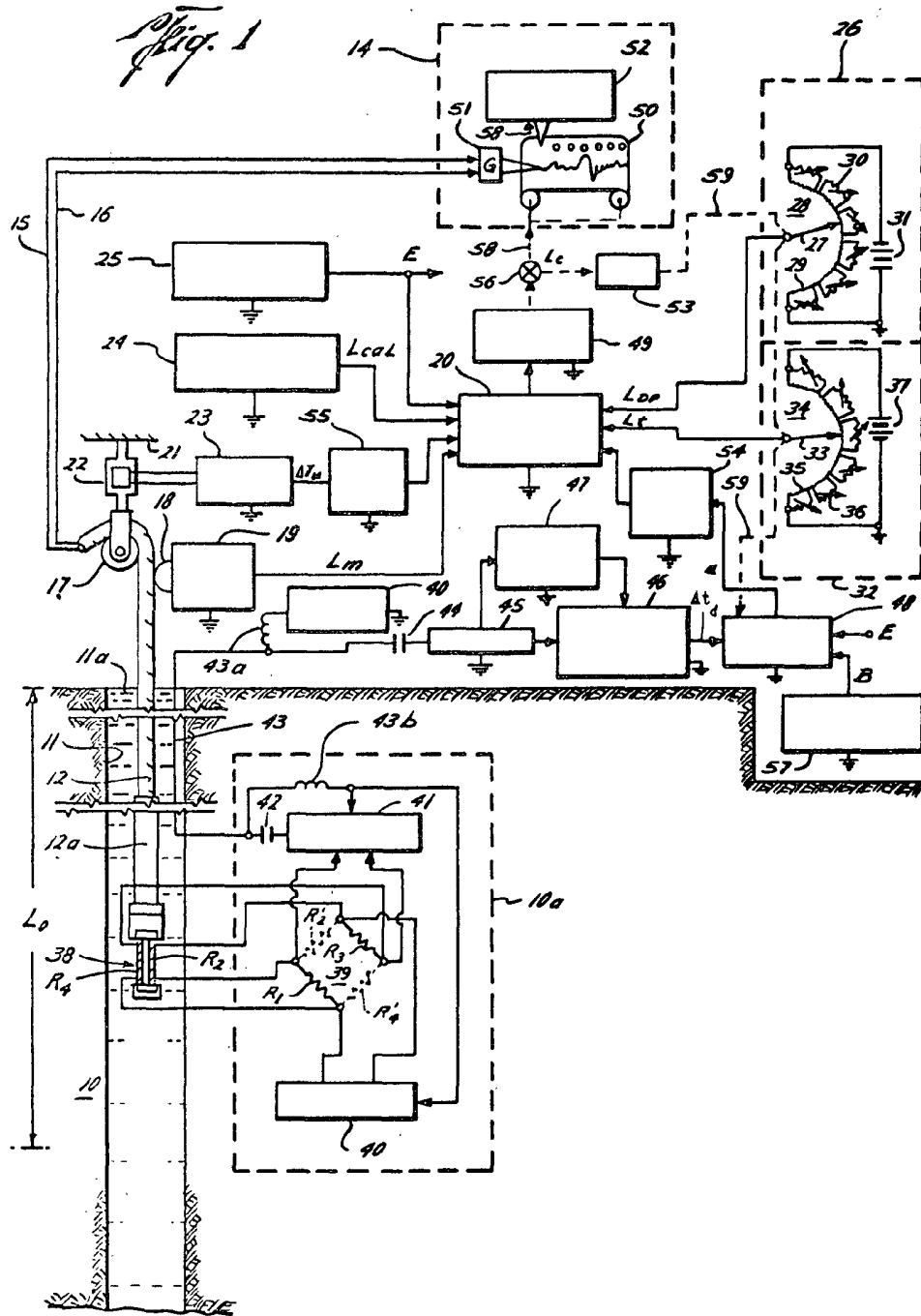
B er kabelens dempningskoeffisient.

6. Anordning ifølge krav 4, k a r a k t e r i s e r t ved at dybderegnemaskinen (20) har sine innganger koblet henholdsvis til den strekk-måleinnretning (38) som måler strekkpåkjenningen Δt_d ved kabelens endeparti, den annen strekkmåleinnretning (22) som måler strekkpåkjenningen Δt_u ved overflaten, og måleinnretningen (19) for kabelens bevegelse ΔL_m og er innrettet til å funksjonere i overensstemmelse med uttrykket

$$L_o = \int \Delta L_{mdl} + [1/2 EL (\Delta t_u + \Delta t_d) - E \int_0^L \Delta t_u dL] (f_L) + u(f_h)$$

hvor u er den dybdefeil som skyldes endringen i strekkpåkjenning i det nedre endeparti av kabelen, L_o er den virkelige dybde av verktøyet og f_L og f_h er henholdsvis en lavfrekvensoperator og en høyfrekvensoperator.

135152



135152

Fig. 2

