

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY 70847

Patent dodatkowy
do patentu _____

MKP E21b 47/00

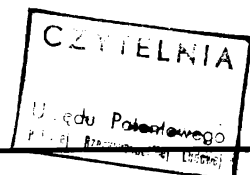
Zgłoszone: 02.12.70 (P. 144760)

Pierwszeństwo: 03.12.69 Stany Zjednoczone
Ameryki

Int. Cl². E21B 47/00

Zgłoszenie ogłoszono: 20.04.73

Opis patentowy opublikowano: 15.09.1976



Twórca wynalazku: _____

Uprawniony z patentu: Société de Prospection Electrique Schlumberger,
Paryż (Francja)

Sposób badania potencjału własnego formacji geologicznych i urządzenie do badania tego potencjału

Przedmiotem wynalazku jest sposób pomiaru potencjału własnego formacji geologicznych, przez które przechodzi odwiert oraz urządzenie do badania tego potencjału.

Potencjał własny, czyli potencjał spontaniczny, oznaczony w dalszej części opisu przez SP jest potencjałem wytwarzanym w wyniku naturalnych procesów elektrochemicznych zachodzących w tych warstwach. Na skutek tych procesów elektrochemicznych przy zetknięciu mułu wiertniczego lub jego filtratu z wodą, znajdującą się w porach warstw przepuszczalnych i w przyległych łupkach, powstaje siła elektromotoryczna. Znany jest sposób profilowania SP, w którym dokonuje się pomiaru potencjału pomiędzy powierzchniową elektrodą odniesienia a elektrodą, znajdującą się w stupie przewodzącego mułu, podczas gdy ta elektroda przemieszcza się przez różne warstwy geologiczne. Wadą tego znanego sposobu jest to, że wynik pomiaru SP zależy w znacznym stopniu od własności mułu i występujących formacji. Sposób ten jest stosowany do wykrywania warstw przepuszczalnych i pomiaru wartości oporności właściwej wody, znajdującej się w tych warstwach.

Sposób pomiaru SP był dawniej na ogół uważany za zadowalający. Przy stosowaniu znanego sposobu pomiaru SP występuje niestety wiele czynników, które mogą powodować błędy. Na przykład w przewodzie układu pomiarowego SP, połączonym z elektrodą odniesienia na powierzchni ziemi, indukowany jest bardzo często szum magnetyczny, spowodowany przez pole magnetyczne namagnetyzowanych ruchomych części mechanizmu nawijającego, z którego na powierzchni ziemi odwija się, lub na który nawija się kabel. Ponadto na potencjał SP powierzchniowej elektrody odniesienia oddziałują prądy błądzące, pochodzące z różnych źródeł. Ponieważ mierzy się różnicę potencjału powierzchniowej elektrody odniesienia i SP elektrody, znajdującej się w otworze, ten potencjał szumu na SP elektrody powierzchniowej występuje jako szum w profilowaniu SP. Jedną z przyczyn szumu elektrody powierzchniowej jest zmieniający się potencjał ziemi, wynikający z prądu, który wytwarza ogniwo galwaniczne, utworzone przez wzajemne oddziaływanie opancerzenia kabla, mułu i obudowy otworu wiertniczego. Prąd pochodzący z tego ogniwa galwanicznego powoduje błędy, ponieważ połączenie pomiędzy obudową kabla a obudową otworu nie jest ciągłe. Inną przyczyną takiego szumu elektrody

powierzchniowej wynika z pola magnetycznego, wytwarzanego w pobliżu otworu wiertniczego przez generatory i silniki. Dalszym źródłem szumu, który oddziałuje na potencjał SP elektrody powierzchniowej są tak zwane prądy teluryczne, będące naturalnymi prądami prądnymi, płynącymi zasadniczo w płaszczyznach poziomych, w pobliżu powierzchni ziemi. Te prądy teluryczne indukowane są w ziemi przez prądy cyrkulujące w górnej warstwie atmosfery, które pod wpływem jonizacji zachodzącej pod działaniem promieniowania słonecznego stają się w wysokim stopniu przewodzące. Te czynniki, oddziałujące na stabilność SP elektrody powierzchniowej mają szczególnie duży wpływ w przypadku profilowania otworów wiertniczych poza lądem. Wynika to przede wszystkim z trudności izolowania powierzchni SP w stosunku do elektrody wynikających z przewodności wody morskiej. Ponadto sąsiedztwo różnych metali w dobrym elektrolicie, jakim jest woda morska, prowadzi do powstania wszelkiego rodzaju ogniw galwanicznych, zmieniających się pod działaniem fal.

Poza szumem, oddziałującym na SP elektrod powierzchniowych istnieje również wiele źródeł szumu, które działają na SP elektrody w otworze wiertniczym. Jedną z przyczyn tego szumu jest szum wynikający z bimetalizmu, spowodowany prądami w warstwie geologicznej i stopie mułu, wytwarzanymi przez ogniwo galwaniczne powstałe pomiędzy różniącymi się od siebie metalami znajdującymi się w otworze wiertniczym urządzenia do profilowania. Ponadto szum pochodzący z polaryzacji elektrody SP w otworze powoduje, że potencjał tej elektrody zmienia się w niepożądany sposób. Wielkość tego szumu polaryzacyjnego jest jednak zwykle tak mała, że jest mało istotna. Szum polaryzacyjny ma głównie charakter prądu stałego lub o zmiennej wartości podstawy, a inne wspomniane wyżej rodzaje szumu mają głównie charakter prądów przemiennych o wysokiej częstotliwości.

Znany jest również sposób bezszumowego profilowania SP, polegający na pomiarze różnicy SP czyli gradientu SP, to jest różnicy potencjałów pomiędzy dwiema elektrodami, umieszczonymi stosunkowo blisko siebie w otworze wiertniczym, oraz porównaniu tej różnicy potencjałów dla uzyskania rzeczywistej wartości SP. Wadą tego znanego sposobu jest jednak to, że najmniejszy nawet szum o charakterze prądu stałego, spowodowany przez polaryzację lub błąd zerowy wzmacniacza, przetwarzany jest w tym układzie przez przyrząd sumujący w bardzo duży błąd.

Inny znany sposób polega na pomiarze SP elektrody w odniesieniu do obudowy kabla, na którym utrzymuje się narzędzie wiertnicze w otworze wiertniczym, w punkcie znajdującym się blisko końca tej obudowy. Pomiar SP wykonywany tym sposobem jest stosunkowo wolny od szumu o charakterze prądu przemiennego, ponieważ przewody łączące układ elektroniczny, znajdujący się na powierzchni ziemi z elektrodą SP i obudową kabla prowadzone są razem, wewnątrz kabla, a obudowa kabla jest znacznie oddalona od powierzchni ziemi, gdzie powstaje duża ilość szumu o charakterze prądu przemiennego. Wadą tego sposobu jest to, że układ pomiaru SP elektrody w stosunku do obudowy nie jest zupełnie wolny od błędów. Jeśli którakolwiek część obudowy, mająca ograniczoną oporność właściwą, przylega do warstwy geologicznej, mającej znaczny SP, potencjał obudowy staje się zależny w pewnym stopniu od tego SP, co powoduje powstanie błędów w pomiarze SP. Dlatego właśnie ten układ pomiarowy nie był nigdy stosowany w szerokim zakresie.

Celem wynalazku jest usunięcie wad zranych sposobów i urządzeń.

Zadaniem wynalazku jest opracowanie sposobu i urządzenia do pomiaru potencjału własnego warstw geologicznych ziemi, przez które przechodzi otwór wiertniczy, umożliwiających uzyskanie wskazań rzeczywistego potencjału spontanicznego, wolnego w znacznym stopniu od błędów spowodowanego przez szum.

Według wynalazku sposób badania potencjału własnego formacji geologicznych, przez które przechodzi odwiert polegający na tym, że dwie lub więcej elektrod, z których przynajmniej jedna jest elektrodą potencjałową, przemieszcza się poprzez odwiert w celu uzyskania różnych sygnałów zmieniających się w funkcji potencjału spontanicznego z głębokością na jaką opuszczane są elektrody, charakteryzuje się tym, że uzyskane sygnały filtruje się w celu usunięcia składowych wysokiej częstotliwości z jednego z tych sygnałów, posiadającego stosunkowo małą zawartość informacji o potencjale spontanicznym w zakresie wysokiej częstotliwości i składowych niskiej częstotliwości z drugiego sygnału, posiadającego stosunkowo niską zawartość informacji o potencjale spontanicznym w zakresie niskiej częstotliwości i łączy się przefiltrowany pierwszy i drugi sygnał aby otrzymać ulepszony pomiar spontanicznego potencjału formacji geologicznej.

Urządzenie służące według wynalazku do badania potencjału własnego formacji geologicznych przez które przechodzi odwiert, zawierające pierwszą i drugą elektrodę, przy czym pierwsza elektroda jest elektrodą potencjałową, ruchome razem w odwiercie, oraz układ sprzężony z tymi elektrodami, przeznaczony do wytwarzania różnych sygnałów, reprezentujących funkcje potencjału spontanicznego, zmieniających się wraz z głębokością elektrod, charakteryzuje się tym, że ponadto zawiera człony filtrujące sprzężone z wymienionym obwodem w celu usuwania składowych wysokiej częstotliwości, z jednego z sygnałów, posiadającego stosunkowo małą zawartość informacji o potencjale spontanicznym w zakresie wysokich częstotliwości i składowych

niskiej częstotliwości z drugiego sygnału, posiadającego stosunkowo małą zawartość informacji o potencjale spontanicznym w zakresie niskich częstotliwości, oraz sprzężony z wyjściem tych członów filtrujących układ dołączenia przefiltrowanego pierwszego i drugiego sygnału, aby uzyskać polepszony pomiar wyjściowy spontanicznego potencjału informacji geologicznej.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schematycznie urządzenie do otrzymywania wskazań potencjału własnego warstw geologicznych, przez które przechodzi otwór wiertniczy, fig. 2 – wykres zależności mocy od częstotliwości dla różnych składowych sygnałów, wytwarzanych przez elektrody z fig. 1, fig. 3 – inny przykład wykonania fragmentu urządzenia według wynalazku, przedstawiony schematycznie, fig. 4 – wykres zależności amplitudy od częstotliwości dla pewnych obwodów z fig. 3, fig. 5 – urządzenie według fig. 3, stanowiące bardziej szczegółowy schemat obwodu przetwarzającego sygnał fig. 6A i 6B – wykres falowy, wyjaśniający działanie części urządzenia z fig. 5 fig. 7 – inny przykład wykonania wynalazku, fig. 8 – inny przykład wykonania wynalazku, a fig. 9 – reakcję częstotliwościową pewnych obwodów z fig. 8.

Na fig. 1 przedstawiono otwór wiertniczy 10 z odpowiednim przewodzącym mułem wiertniczym 11, przechodzący przez warstwę geologiczną 12. Dla profilowania potencjału własnego warstw geologicznych 12, na końcu nie przedstawionego na rysunku wieloprzewodowego kabla zawieszony jest przyrząd 13, mający elektrody 14 i 15 oddalone od siebie w linii pionowej o odległość a . Umieszczone w otworze elektrody 14 i 15 wyprowadzone są za pomocą pary przewodów 16 i 17 na powierzchnię ziemi, gdzie potencjały odebrane przez elektrody 14 i 15 są przetworzone na wskazanie potencjałów własnych sąsiadujących z elektrodami warstw geologicznych 12. Na powierzchni ziemi przewody 16 i 17 są doprowadzone do zacisków wejściowych różnicowego wzmacniacza 18, który odejmuje potencjał dolnej elektrody 15 od potencjału górnej elektrody 14 w celu wytworzenia sygnału wyjściowego ΔSP , proporcjonalnego do różnicy potencjałów czyli gradientu pomiędzy elektrodą 14 a 15. Przewód 17 i przewód 19 połączony z elektrodą 19a osadzoną w ziemi, przy jej powierzchni, są połączone z zaciskami wejściowymi różnicowego wzmacniacza 20, dla wytworzenia sygnału wyjściowego odpowiadającego różnicy potencjałów elektrod 15 i 19a. Ten sygnał wyjściowy ze wzmacniacza 20 odpowiada spontanicznemu potencjałowi mierzonemu według dotychczas znanego sposobu i jest oznaczony przez SP. Te sygnały wyjściowe ze wzmacniacza 18 i 20 są następnie doprowadzane do obwodu 21, który te sygnały wejściowe przetwarza zgodnie z wynalazkiem w celu osiągnięcia poprawionego pomiaru SP. Ten poprawiony pomiar SP jest doprowadzony do galwanometrycznego rejestratora 34.

Przed wyjaśnieniem działania obwodu 21 przetwarzającego sygnał w celu otrzymania poprawionego sygnału wyjściowego SP, należy przeprowadzić pewne rozważania teoretyczne. Zwykły pomiar SP reprezentowany przez sygnał wyjściowy ze wzmacniacza 20 obciążony jest, jak wyjaśniono uprzednio, kilku rodzajami szumu. Ten szum można podzielić na dwie kategorie – szum o wysokiej częstotliwości i szum o niskiej częstotliwości. Szum o wysokiej częstotliwości jest spowodowany takimi przyczynami jak prądy teluryczne, bimetalizm, szum urządzeń wiertniczych i tym podobne, mające okres rzędu kilku sekund lub mniej. Szum o charakterze prądu stałego lub szum o niskiej częstotliwości wynika głównie z polaryzacji elektrodowej i jeśli chodzi o zwykły pomiar SP nie jest na ogół kłopotliwy ze względu na to, że wielkość tego szumu polaryzacyjnego w stosunku do mierzzonego SP jest mała. Szum o wysokiej częstotliwości jest zazwyczaj kłopotliwy w odniesieniu do zwykłego pomiaru SP, stanowiącego wyjście ze wzmacniacza 20. Tak więc sygnał wyjściowy SP ze wzmacniacza 20 można oznaczyć przez $V + N$, gdzie V jest rzeczywistą wartością sygnału SP, to jest równą potencjałowi, mierzonemu pomiędzy elektrodami 15 i 19a gdyby szum nie występował, a N jest składnikiem reprezentującym szum o wysokiej częstotliwości.

Sygnał ΔSP ze wzmacniacza 18 jest w znacznej mierze wolny od tych składników szumu o wysokiej częstotliwości, czyli o charakterze prądu przemiennego. Wynika to stąd, że źródło szumu o charakterze prądu przemiennego nie jest na ogół miejscowe, czyli jest oddalone od elektrod 14 i 15, a więc wpływa w różnym stopniu na potencjał obu tych elektrod. Ponieważ więc różnicowy wzmacniacz 18 odejmuje potencjał jednej elektrody od potencjału drugiej elektrody, ten szum o charakterze prądu przemiennego jest zwykle wyeliminowany. Nie odnosi się to jednak do błędów spowodowanych przez polaryzację elektrod 14 i 15, ponieważ polaryzacja jest zjawiskiem miejscowym, to jest oddziałuje na każdą elektrodę w sposób indywidualny. Jak wyjaśniono uprzednio, szum polaryzacyjny jest mały w stosunku do całkowitego mierzzonego SP, tak, że dla celów praktycznych może być pominięty. Jakkolwiek ΔSP czyli gradient stanowi różnicę potencjałów pomiędzy dwoma punktami, znajdującymi się blisko siebie w otworze wiertniczym, ten sygnał ΔSP , czyli gradientu, jest stosunkowo mały co do wielkości, sprawia, że szum polaryzacyjny jest ważnym składnikiem, w szczególności po połączeniu. Sygnał wyjściowy we wzmacniacza 18 zawiera więc zarówno rzeczywisty, bezszumowy sygnał gradientu, oznaczony przez G , jak i szum polaryzacyjny oznaczony przez P . Ten sygnał

wyjściowy ΔSP jest więc równy $G-P$. Jak widać sygnał ΔSP ze wzmacniacza 18 zawiera silny składnik o wysokiej częstotliwości, lecz słaby składnik o niskiej częstotliwości, co wynika z błędu polaryzacyjnego.

Znany sposób pomiaru SP, na skutek szumu N o wysokiej częstotliwości charakteryzuje się silnym składnikiem o niskiej częstotliwości lecz słabym składnikiem o wysokiej częstotliwości. Jest to dokładniej objaśnione na fig. 2, gdzie przedstawiony jest wykres zależności mocy od częstotliwości dla wyżej omawianych składników sygnału. Rzeczywista, bezszumowa wartość SP, przedstawiona kreskową krzywą V ma dużą moc przy małych częstotliwościach i gwałtownie zmniejsza się do bardzo małej wartości mocy przy wyższych częstotliwościach. Rzeczywisty, bezszumowy sygnał G gradientu, przedstawiony krzywą punktową, ma bardzo małą moc przy małej częstotliwości i oznacza moc przy średniej i wysokiej częstotliwości. Natomiast polaryzacyjny sum P ma znaczną moc przy niskiej częstotliwości a ze wzrostem częstotliwości jego moc gwałtownie zmniejsza się do zera. Składnik N szumu o wysokiej częstotliwości nie wykazuje żadnej mocy przy niskich częstotliwościach, ma jednak znaczną moc przy wysokich częstotliwościach.

Ponieważ mierzony sygnał SP wynosi $V \div N$, a mierzony sygnał gradientu ΔSP jest równy $G + P$, z fig. 2 wynika, że konwencjonalny pomiar SP ze wzmacniacza 20 może być wykorzystany przy niskiej częstotliwości, a różnicowy pomiar SP to jest ΔSP ze wzmacniacza 18 może być wykorzystany przy wysokiej częstotliwości. Można więc powiedzieć, że rozkład mocy w zależności od częstotliwości dla tych sygnałów jest taki, że składniki szumu N i P mogą być z łatwością oddzielone od składników pomiarowych V i G dla każdego z pochodnych sygnałów SP i ΔSP . Pomiarzy zarówno SP jak i ΔSP są zgodnie z wynalazkiem włączone do przetwarzającego sygnał obwodu 21, który spełnia zadanie wyodrębniania składnika o niskiej częstotliwości w pomiarze SP, oraz składnika o wysokiej częstotliwości w pomiarze ΔSP i łączenie tych dwóch wyodrębnionych składników dla osiągnięcia skompensowanego pomiaru SP. Sygnał gradientu ΔSP na wyjściu ze wzmacniacza 18 jest określony następującym wyrażeniem:

$$\Delta SP = G \div P = V(z \div a) - V(z) \div P \approx a \frac{dV}{dz} \div P \quad (1)$$

gdzie $V(z)$ jest rzeczywistą wartością SP na głębokości z w otworze wiertniczym, a $V(z \div a)$ jest rzeczywistą wartością SP na głębokości, $z \div a$ w otworze wiertniczym. Ponieważ obwody typu analogowego pracują z podstawą czasową, było by pożądane rozważyć równanie (1) napisane w funkcji czasu. W tym przypadku równanie (1) przybiera postać.

$$SP = a \frac{dV}{dt} \cdot \frac{dt}{dz} \div P = \frac{a dV}{u dt} \div P \quad (2)$$

gdzie u jest prędkością dz/dt układu elektrod. Równanie (2) może być wyrażane w postaci transformaty Laplace'a:

$$L(\Delta SP) = S \tau \tilde{V}(z) \div \tilde{P} \quad (3)$$

gdzie

$$\tau = \frac{a}{u} \quad (4)$$

Sygnał wyjściowy ze wzmacniacza 20 przedstawia wyrażenie:

$$SP = V(z) - V_0 \div N \quad (5)$$

gdzie V_0 jest napięciem na powierzchniowej elektrodzie 19a. Ponieważ V_0 wynosi zwykle zero woltów, pomijając wpływ składnika N szumu, równanie (5) może być napisane następująco:

$$SP = V(z) \div N \quad (6)$$

Transformata Laplace'a dla równania (6) jest następująca:

$$L(SP) = \tilde{V}(z) \div \tilde{N} \quad (7)$$

$V(z)$ w dalszej części opisu oznaczone jest po prostu V . Jak przedstawiono na fig. 2, pożądany element V ma maksymalną moc przy niskiej częstotliwości, a niepożądany element szumu N ma maksymalną moc przy wysokich częstotliwościach. Jasne jest więc, że te dwa elementy V i N powinny być przepuszczane tylko przy niskich częstotliwościach. Natomiast pożądany element gradientu G ma moc maksymalną przy średnich lub wysokich częstotliwościach, a niepożądany element szumu P ma moc maksymalną przy niskich częstotliwościach. Jest więc oczywiste, że te dwa elementy G i P powinny być przepuszczane tylko przy wysokich częstotliwościach.

Wyrażenie określające pożądany sygnał wyjściowy e_0 z obwodu 21 przetwarzającego sygnał powinno więc mieć następującą postać:

$$\tilde{e}_0 = L(\tilde{V} + \tilde{N}) + H(S_T \tilde{V} + \tilde{P}) \quad (8)$$

albo

$$\tilde{e}_0 = (L + S_T H) \tilde{V} + \tilde{L}N + \tilde{H}P \quad (9)$$

gdzie L i H oznaczają funkcje przenoszenia odpowiednio niskiej i wysokiej częstotliwości, zaś $\tau_1 = \frac{R}{U}$.

Jak przedstawiono na fig. 1, sygnał napięciowy ze wzmacniacza 20 wprowadza się do filtra dolnoprzepustowego 25, mającego charakterystykę przenoszenia L według równania (9). Wyjście z dolnoprzepustowego filtra 25 doprowadzone jest poprzez sumujący opornik 28 do sumującego wzmacniacza 26 zaopatrzonego w opornik 27 sprzężenia zwrotnego.

Sygnał gradientu ΔSP ze wzmacniacza 18 wprowadza się do obwodu 22, mającego funkcję przenoszenia H według równania (9). Zadaniem tego obwodu jest sumowanie i filtrowanie doprowadzonego sygnału wejściowego ΔSP . Dolnoprzepustowy filtr 29, o charakterystyce przenoszenia L_1 , wchodzący w skład obwodu 22, służy do przepuszczania do ujemnego zacisku wejściowego wzmacniacza 30 tylko części sygnału ΔSP , mającej niską częstotliwość. Do dodatniego zacisku wejściowego wzmacniacza 30 wprowadzony jest sygnał ΔSP bezpośrednio ze wzmacniacza 18. Równolegle ze wzmacniaczem 30 połączony jest kondensator 31, tak, że układ obejmujący wzmacniacz 30 i kondensator 31 działa jako element sumujący. Wyjście z tego układu doprowadzone jest do górnoprzepustowego filtra 32, mającego charakterystykę przenoszenia H_1 , a sygnał wyjściowy jest z niego doprowadzony do sumującego wzmacniacza 26, za pośrednictwem sumującego opornika 33. Sygnał wyjściowy z sumującego wzmacniacza 26, oznaczony przez e_0 jest następnie rejestrowany przez odpowiedni, galwanometryczny rejestrator 34.

Z porównania równań (8 i 9) z obwodem 21 przetwarzającym sygnał wynika, że obwód 21 może być wyrażony za pomocą równań (8 i 9). Określenie charakterystyk przenoszenia L i H wyjaśnione jest w następujących rozważaniach.

Z równania (9) wynika następujący warunek otrzymania elementu V rzeczywistej wartości SP :

$$L + S_T H = 1 \quad (10)$$

Przekształcając równania (10) otrzymujemy funkcję przenoszenia H filtra górnoprzepustowego:

$$H = \frac{1-L}{S_T} \quad (11)$$

Funkcja przenoszenia H dla obwodu 22 przedstawionego na fig. 1 stanowiącego część obwodu 31 przekształcającego sygnał, jest następująca:

$$H = \frac{(1-L_1) H_1}{S_T} \quad (12)$$

Z równania (12) wynika, że jeśli L_1 jest równe L , a H_1 jest równe 1, to równanie to jest identyczne z równaniem (11) a obwód 22 o funkcji H spełnia równania (10 i 11). Ponieważ H_1 równe jest 1, górnoprzepustowy filtr 32 nie jest konieczny. W praktyce jednak tego rodzaju obwód jest górnoprzepustowy obwód 22 mógłby podlegać wahanom na skutek niedoskonałości układu sumującego i małych niedokładności w obwodzie wejściowym, to jest wzmacniaczu 18, oraz dolnoprzepustowym filtrze 29. Ponieważ kanał niskiej częstotliwości daje niezawodny składnik sygnału o charakterze prądu stałego, można by uniknąć strat sygnału przez zastosowanie górnoprzepustowego filtra 32 w obwodzie 22 wysokiej częstotliwości, dzięki któremu byłaby kompensowana niestabilność prądu stałego w obwodzie 22 wysokiej częstotliwości. W szczególności układ sumujący, zawierający wzmacniacz 30 i kondensator 31 nie musiałby być dokładny, ponieważ ze względu na działanie górnoprzepustowego filtra 32, powyższe elementy układu nie wymagają wiernie odtworzonego składnika sygnału o charakterze prądu stałego. Tak więc, dla uzyskania potrzebnej stałej czasowej dla układu sumującego, kondensator może być zbocznikowany regulowanym opornikiem 36 z wyłącznikiem 37. Należy podkreślić, że jakkolwiek z równania (10) wynika, iż dla dokładnego odtworzenia czynnika V rzeczywistego SP powinna zachodzić równość $L + S_T H = 1$, może być pożądane, aby $L + S_T H = 1$; jest to w rozwiązaniu według wynalazku wzięte pod uwagę.

W powyższym opisie fig. 1, obwód 21 przetwarzający sygnał działał z podstawą czasową. Jest to możliwe, jeśli przyrząd badający porusza się w otworze wiertniczym ze stałą prędkością. Jeśli ta prędkość nie jest stała, do wyjściowego pomiaru wprowadzony zostaje pewien błąd wysokiej częstotliwości.

Dla jego skompensowania w obwodzie 21 przetwarzającym sygnał, układ sumujący, zawierający wzmacniacz 30 i kondensator 31, może być dostosowany do całkowania raczej w funkcji głębokości niż czasu. Ponadto filtry 25, 29 i 32 mogą być również zmodyfikowane w zależności od prędkości przemieszczania w otworze wiertniczym układu 13 elektrod, stanowiącego przyrząd badający.

Na fig. 3 przedstawiono inny przykład wykonania obwodu 21 z fig. 1, przetwarzającego sygnał. Obwód według fig. 3 spełnia, ogólnie biorąc, te same funkcje co obwód według fig. 1, lecz dodatkowo uwzględnia poprawkę na zmiany prędkości przyrządu badającego w otworze wiertniczym. Na fig. 3 sygnał SP wprowadzony jest na wejście wzmacniacza 40 o zmiennym wzmacnieniu, wynoszącym K przy czym K jest zmienne w funkcji prędkości kabla na powierzchni ziemi, kontrolowanej przy pomocy obrotowego koła 41, stykającego się z kablem 42, tak aby obracał się w funkcji ruchu kabla 42. Koło 41 napędza obrotowy wał 43, współpracujący ze wzmacniaczem 40 o zmiennym wzmacnieniu, w celu zmieniania tego wzmacnienia w funkcji prędkości kabla. We wzmacniaczu 40 o zmiennym wzmacnieniu, wejściowy sygnał ΔSP wprowadzony jest przez wejściowy opornik 42a do jednego z wejść roboczego wzmacniacza 41a, przy czym drugie jego wejście jest połączone z powierzchniową elektrodą 19a. Opornikiem sprzężenia zwrotnego dla wzmacniacza 41a jest potencjometr 43a, którego przesuwany styk napędzany jest wałkiem 44 wychodzącym z szybkościomierza 39, który, w zależności od prędkości obrotów wału 43 powoduje, że wałek 44 obraca się w funkcji prędkości obrotów wału 43. Ponieważ o wzmacnieniu uzyskiwanym we wzmacniaczu 40 decyduje stosunek oporności sprzężenia zwrotnego do oporności wejściowej, a oporność opornika 43a sprzężenia zwrotnego zmienia się w funkcji prędkości kabla, jasne jest, że wzmacnienie uzyskiwane we wzmacniaczu 40 zmienia się również w funkcji prędkości kabla.

Sygnał wyjściowy ze wzmacniacza 40 o zmiennym wzmacnieniu wprowadzony jest do sumującego złącza 45, do którego wprowadzony jest również regularny sygnał SP, natomiast sygnał ze złącza 45 wprowadzony jest do pierwszego dolnoprzepustowego filtru 46, którego transformata Laplace'a wynosi

$$\frac{1}{1 + ST_1}$$

gdzie T_1 jest stałą czasową filtru 46.

Odwrotność sygnału wyjściowego z filtru 46, oraz sygnał wejściowy SP, są dodawane w sumującym złączu 47 w celu wprowadzenia do drugiego dolnoprzepustowego filtru 48, którego transformator Laplace'a wynosi

$$\frac{1}{1 + ST_2}$$

gdzie T_2 jest stałą czasową obwodu stanowiącego filtr 48.

Sygnały wyjściowe z obu dolnoprzepustowych filtrów 46 i 48 dodawane są w sumującym złączu 49 w celu wprowadzenia do rejestratora 50, którego czynnik rejestrujący napędzany jest przez wał 43 w funkcji ruchu kabla. Skompensowany sygnał wyjściowy SP z obwodu 38 przetwarzającego sygnał jest więc rejestrowany przez rejestrator 50 w funkcji głębokości otworu wiertniczego.

Ponieważ funkcje przenoszenia L i H odnoszą się odpowiednio do sygnałów SP i ΔSP w obwodzie według fig. 3 wyrażenia dla L i H z fig. 3 są następujące:

$$L = \frac{1}{1 + ST_1} - \frac{1}{1 + ST_2} \div \frac{1}{1 + ST_2} \quad (13)$$

lub

$$L = \frac{1 + S}{(1 + ST_1)(1 + ST_2)} \quad (14)$$

oraz

$$H = \frac{K}{1 + ST_1} - \frac{K}{1 + ST_1} \frac{K}{1 + ST_2} \quad (15)$$

lub

$$H = \frac{KST_2}{(1 \div ST_1)(1 \div ST_2)} \quad (16)$$

Równanie (14) przyjmuje się jako wyrażenie Laplace'a dla filtru dolnoprzepustowego a równanie (16) przyjmuje się jako wyrażenie Laplace'a dla filtru pasmowo-przepustowego. Wyrażenie $L \div S \tau H$ z równania (9) może być na podstawie równań (14) i (16) przedstawione następująco:

$$L \div S \tau H = \frac{1 \div S (T_1 \div T_2) \div S^2 KT_2}{(1 \div ST_1)(1 \div ST_2)} \quad (17)$$

Na fig. 4 przedstawiono wykres zależności amplitudy od częstotliwości dla funkcji przenoszenia L , H oraz $L \div S \tau H$ odpowiednio z równań (14, 16 i 17). Z fig. 4 wynika, że funkcja przenoszenia niskiej częstotliwości L określa filtr dolnoprzepustowy funkcja przenoszenia H określa filtr pasmowo-przepustowy, a funkcja $L \div S \tau H$ określa filtr dolnoprzepustowy z odciętą częstotliwością, przekraczającą wartość wynikającą z funkcji przenoszenia L i H niskiej i wysokiej częstotliwości.

Z porównania równania (9) z wykresami z fig. 2 i 4 wynika, że dzięki odpowiedniemu doborowi stałych obwodu dla obwodu z fig. 3, obwód ten skutecznie likwiduje w zasadzie cały składnik N szumu wysokiej częstotliwości, ponieważ funkcję przenoszenia L z fig. 4 można tak dobrać, aby zbliżała się do zera, zanim nastąpi wzrost składnika szumu. Widać również, że składnik polaryzacyjny P jest w zasadzie wyeliminowany, ponieważ ten składnik P maleje prawie do zera przy częstotliwości poniżej zakresu częstotliwości w którym następuje wzrost funkcji przenoszenia H . Widać również, że składnik V rzeczywistej wartości SP jest przenoszony w pasmie częstotliwości, w których wartość V jest znaczna, ponieważ funkcja przenoszenia $L \div S \tau H$ może być tak dobrana, aby była równa jedności, dopóki częstotliwość nie przekroczy nieco punktu, w którym składnik V rzeczywistej wartości SP zaczyna się zmniejszać. Jakkolwiek z równania (10) wynika warunek aby

$$L \div S \tau H = 1$$

należy tu podkreślić, że dla dokładnego odtwarzania elementu V rzeczywistej wartości SP wystarcza spełnienie tego warunku tylko w zakresie częstotliwości, w którym wartość V jest znaczna. Tak więc obwód według fig. 3 rzeczywiście spełnia równania (10) w wymaganym zakresie.

Równanie (17) zawiera element τ który został uprzednio zdefiniowany jako równy $\frac{a}{u}$ gdzie a jest odstępem między elektrodami 14 i 15, a u jest prędkością przyrządu 13, poruszającego się w otworze wiertniczym. Gdyby przyrząd 13 poruszał się zawsze w otworze wiertniczym ze stałą prędkością, obwód według fig. 1 zapewniałby otrzymywanie dokładnych wyników. Nie zawsze jednak zachodzi ten przypadek, obwód według fig. 3 jest więc tak skonstruowany, aby kompensował różnice prędkości przyrządu. Kompensacji tej w odniesieniu do fig. 3, dokonuje się przez zmienianie oporności opornika 43 sprzężenia zwrotnego w funkcji prędkości przyrządu 13 tak, aby wyrażenie $K\tau$ z równania (17) pozostało zawsze stałe. Stwierdzono, że pożądane wyniki uzyskuje się wówczas, gdy ustalona wartość wyrażenia $K\tau$ jest równą stałej czasowej T_1 . Tak więc, ustalając $K\tau$ równe T_1 w równaniu (17) otrzymujemy:

$$L \div S H = \frac{1 \div S (T_1 \div T_2) \div S^2 T_1 T_2}{(1 \div ST_1)(1 \div ST_2)} \quad (18)$$

W rozpatrywanym zakresie częstotliwości licznik ułamka w równaniu (14) jest równy mianownikowi, a więc zgodnie z równaniem (10) $L \div S \tau H$ jest równe 1. Tak więc składnikiem V rzeczywistej wartości SP jest sygnał przekazywany z obwodu przetwarzającego sygnał, zgodnie z fig. 3, do rejestratora 50.

Dobierając odstęp elektrod a oraz stałe czasowe T_1 i T_2 obwodu, a zatem częstotliwość rozdzielczą, należy wziąć pod uwagę cały szereg czynników. Na przykład, odstęp elektrod powinien być jednocześnie mały, dla dobrego pomiaru gradientu i duży dla otrzymania dużych wartości sygnału. Korzystny kompromis uzyskuje się stosując odstęp 0,3 do 0,6 m. Przy doborze T_1 , T_2 z zachowaniem równości $T_1 = T_2$, należy uwzględnić warunek, że ta stała czasowa powinna być wystarczająco duża, aby umożliwić zmniejszenie wartości funkcji przenoszenia L , w zasadzie do zera zanim N powiększy się do istotnej wartości. Stała ta powinna być jednocześnie wystarczająco mała, aby wartość funkcji przenoszenia H w zasadzie wynosiła zero przy częstotli-

wościach, przy których polaryzacyjny element P jest znaczny. Czynnikiem wpływającym na ustalenie stałej czasowej T_1 i T_2 jest oczywiście prędkość, z jaką poruszają się elektrody w otworze wiertniczym. Przy typowych prędkościach profilowania rzędu 1100 metrów na godzinę, dobre wyniki otrzymuje się, jak stwierdzono, w zakresie stałych czasowych 5 do 40 sekund.

Na fig. 5 przedstawiono bardziej szczegółowo obwód przetwarzający sygnał, z fig. 3, w innym przykładzie wykonania układu zmieniającego wzmocnienie K w funkcji prędkości przyrządu 13. Na fig. 5 przewody 16 i 17, wyprowadzone z elektrod 14 i 15 według fig. 1 są połączone poprzez wejściowe oporniki 55 i 56, odpowiednio z dodatnim i ujemnym zaciskiem wejściowym roboczego wzmacniacza 57, tak, że sygnał wyjściowy z niego jest proporcjonalny do ΔSP . Dodatni zacisk wejściowy wzmacniacza 57 połączony jest poprzez opornik 58 z powierzchnią elektrody 19a odniesienia z fig. 1 a opornik 59 sprzężenia zwrotnego łączy wyjście wzmacniacza 57 z jego ujemnym zaciskiem wejściowym. Sygnał wyjściowy ze wzmacniacza 57, za pośrednictwem pary oporników 60 i 61 mających łączną oporność r , jest doprowadzony do ujemnego zacisku wejściowego wzmacniacza 62. Potencjał elektrody 15 o niższym SP, panujący w przewodzie 17 doprowadzony jest za pośrednictwem wejściowego opornika 63 do ujemnego zacisku wejściowego wzmacniacza 62. Obwód 64 sprzężenia zwrotnego, zawierający opornik 65 i kondensator 66, łączy wyjście wzmacniacza 62 z jego ujemnym zaciskiem wejściowym.

Kondensator 66 i opornik 65, mają stałą czasową T_1 . Sygnał wyjściowy ze wzmacniacza 62 i potencjał SP przewodu 17 są dodawane na ujemnym zacisku wejściowym 69 za pośrednictwem pary oporników 67 i 68. Dodatkowo zaciski wejściowe wzmacniaczy 62 i 69 połączone są z elektrodą 19a odniesienia, tak, że potencjał SP panujący w przewodzie 17 zostaje skutecznie odniesiony do potencjału odniesienia powierzchniowej elektrody 19a. Wzmacniacz 69 ma obwód 70 sprzężenia zwrotnego, zawierający opornik 71, oraz kondensator 72 i mający stałą czasową T_2 .

Sygnały wyjściowe ze wzmacniaczy 62 i 69 są poprzez parę oporników 73 i 74, z ujemnym zaciskiem wejściowym wzmacniacza 75. Sygnał wyjściowy z tego wzmacniacza 75 stanowi skompensowana wartość SP i jest doprowadzony do rejestratora, na przykład magnetycznego taśmowego rejestratora 76, rejestrującego sygnał w funkcji głębokości otworu wiertniczego. Aby filtry oporowo-pojemnościowe w obwodzie według fig. 5 mogły działać z podstawą czasu, na sygnałach wyjściowych z podstawą głębokości, stosuje się tranzystor połączeniowy 80, który łączy punkt znajdujący się pomiędzy opornikami 60 i 61 z uziemieniem, przy czym połączenie to następuje w periodycznych odstępach czasu, uzależnionych od prędkości kabla. Jako czujnik prędkości kabla zastosowany jest odpowiedni generator 81 impulsów głębokościowych, zawierający obrotowe koło 82 stykające się z kablem i wytwarzający impuls przy każdym określonym przesunięciu kabla. Impulsy te wykorzystywane są do pobudzania generatora 83 pojedynczych impulsów czasowych o ustalonych okresach, którego zadanie polega na okresowym włączaniu i wyłączeniu tranzystora 80 proporcjonalnie do prędkości kabla i przyrządu 13.

Fig. 6A i 6B przedstawiają wykresy falowe impulsów wzrastającej głębokości z generatora 81, oraz impulsów czasowych wytwarzanych przez generator 83. Jak wynika z fig. 6A impulsy wzrastającej głębokości mogą mieć zmienną częstotliwość w zależności od prędkości kabla. Impulsy czasowe z generatora 83, które są wytwarzane w odpowiedzi na każdy impuls wzrastającej głębokości, mają ustalony czas trwania T_s . Te impulsy czasowe wyłączają tranzystor 80, aby w ten sposób odłączać potencjał ziemi od punktu połączenia pomiędzy opornikami 60 i 61. Dzięki temu średnia wartość prądu dostarczanego ze wzmacniacza 57 do wzmacniacza 62 zmienia się proporcjonalnie do prędkości kabla.

Jeśli generator 81 impulsów głębokości wytwarza impuls na każdy odcinek o długości b ruchu kabla, wówczas przedział czasu pomiędzy kolejnymi impulsami wzrastającej głębokości wynosi $\frac{b}{u}$ gdzie u jest prędkością kabla. Ponieważ łączna oporność oporników 60 i 61 wynosi r , prąd średni płynący do wzmacniacza 62 określa następujące wyrażenie:

$$I_{sr} = \frac{\Delta SP}{r} \cdot \frac{T_s}{\frac{b}{u}} \quad (19)$$

albo

$$I_{sr} = \frac{\Delta SP u T_s}{br} \quad (20)$$

Jeżeli oporność opornika 65 wynosi R , wówczas wzmocnienie prądu stałego wzmacniacza 62, z definicji równe K , wynosi:

$$K = \frac{R}{\frac{br}{u T_s}} = \frac{Ru T_s}{br} \quad (21)$$

R , T_3 , b i r są w równaniu (21) stałe, a więc wzmacnienie K zmienia się tylko w funkcji u .

Jest jeszcze inny problem, który należy tu rozważyć. Element szumu P z równania (9) jest pomnożony przez funkcję przenoszenia H , która, w odniesieniu do obwodu według fig. 5, określona jest równaniem (16). Ponieważ $K\tau = T_1$ oraz $\tau = a/u$ zamiast K podstawiamy $R_1 u/a$ i wówczas przefiltrowany element polaryzacyjny otrzymuje wartość:

$$HP = P \frac{\frac{u}{a} ST_1 T_2}{(1 \div ST_1)(1 \div ST_2)} \quad (22)$$

W równaniu (22) pojawia się czynnik Pu . Tak więc, jeśli zmienia się u , a zatem następuje pewne przyspieszenie, a P ma poziom prądu zmiennego różny od zera, powstaje tak zwany stopień przyspieszenia i pojawia się przebieg niestabilny e_0 , spowodowany górnoprzepustową funkcją przenoszenia $ST_1 T_2 / (1 \div ST_1)(1 \div ST_2)$. Taki przebieg niestabilny e_0 jest oczywiście niepożądany. Dla rozwiązania tego problemu, kanał wejściowy $SrV \div P$ obwodu przetwarzającego sygnał według fig. 5 lub fig. 3, jest zaopatrzony w filtr górnoprzepustowy, mający na celu sprowadzenie poziomu prądu stałego, elementu polaryzacyjnego P do zera. Tym filtrem jest górnoprzepustowy filtr 85, oznaczony na fig. 5 linią przerywaną. Ten filtr 85 mógłby być oczywiście zbędny, gdyby utrzymywana była zawsze stała prędkość przyrządu 13. Jeśli funkcja przenoszenia górnoprzepustowego filtra 85 wynosi $ST_3 / (1 \div ST_3)$, wówczas K staje się nowym czynnikiem, oznaczonym przez K' , jak następuje:

$$K' = \frac{ST_3}{1 \div ST_3} \left(\frac{u}{a} \cdot r_1 \right) \quad (23)$$

W przypadku zastosowania w obwodzie według fig. 5, górnoprzepustowego filtra 85, wydaje się niezbędne wprowadzenie poprawek do uprzednio dobranych funkcji przenoszenia L i H . Jeśli jednak $T_3 \gg T_1, T_2$, dobrane uprzednio L i H mogą być utrzymane, z tym, że powstanie pomijalnie małe odchylenie od określonej równaniem (10) zależności, z której wynika że $L \div SrH$ równe jest jedności.

Należy również tu wspomnieć, że prądowy pomiar SP może być wykorzystany do uzyskania sygnału gradientu, zamiast stosowania dwu elektrod z niewielkim ich odstępem. W tym przypadku prądowy pomiar SP daje:

$$I_{SP} = \frac{dV}{dz} \delta_m A \quad (24)$$

gdzie δ_m jest przewodnością płynu w otworze wiertniczym, oraz A jest powierzchnią płynu w otworze wiertniczym przechodzącego przez pierścień pomiaru prądowego. Ponieważ $\delta_m A$ można uznać za stałe, pomiar jest proporcjonalny do $\frac{dV}{dz}$, podobnie jak w przypadku użycia układu dwu elektrod.

Jak przedstawiono na fig. 7, zwykły pomiar SP mógłby być wykonywany przy użyciu elektrod 15a i 19a oraz wzmacniacza 20a. Jednak w przykładzie według fig. 7 przeprowadza się pomiar gradientu z zastosowaniem elementu przepustowego impulsów, którym jest tranzystor połączeniowy 80, zasilający wzmacniacz 18a. Powyższy element połączeniowy mógłby być typu przedstawionego w patencie USA nr 2.992.389 udzielonym 11 lipca 1961. M. Gondwin. Sygnały wyjściowe ze wzmacniaczy 18a i 20a są następnie przetwarzane dla otrzymania skompensowanego pomiaru SP, w sposób przedstawiony uprzednio.

Zamiast stosowania sygnału gradientu SP dla dostarczenia składnika o wysokiej częstotliwości sygnału SP, możliwe jest również użycie potencjału, mierzonego pomiędzy elektrodą 15 zwykłego SP a obudową kabla, stosując równocześnie zwykły pomiar SP, to jest potencjał, mierzony pomiędzy elektrodą 15 a 19A dla uzyskania składnika sygnału o niskiej częstotliwości.

Na fig. 8 przedstawiono przyrząd badawczy, mający elektrodę 89 dla SP, podtrzymywaną w otworze wiertniczym 87 przez obudowany kabel 88.

Korzystne jest, aby dolna część tego kabla miała osłonę 90 z odpowiedniego materiału izolacyjnego. Para przewodów 91 i 92 łączy elektrodę 89 i obudowę z aparaturą umieszczoną na powierzchni ziemi. Te dwa przewody tworzą w rzeczywistości część kabla 88, ale dla przejrzystości schematu elektrycznego są przedstawione osobno.

Różnicę potencjału pomiędzy potencjałem SP zmierzonym przez elektrodę 89 a potencjałem obudowy kabla 88 otrzymuje się we wzmacniaczu 93 na powierzchni ziemi. Różnicę pomiędzy potencjałem SP elektrody 89 a potencjałem powierzchniowej elektrody 19A otrzymuje się we wzmacniaczu 94. Składnik o wysokiej

częstotliwości potencjału SP, związany z obudową kabla jest selekcyonowany przez górnoprzepustowy filtr 95, a składnik o niskiej częstotliwości potencjału SP związany z powierzchnią elektrodą 19A jest selekcyonowany przez dolnoprzepustowy filtr 96. Te składniki o niskiej i wysokiej częstotliwości połączone są w zbiorczym obwodzie 97 i wprowadzone do rejestratora 98 celem zarejestrowania w funkcji głębokości otworu wiertniczego.

Jak stwierdzono poprzednio, zwykły pomiar SP otrzymywany we wzmacniaczu 94 ma korzystny składnik sygnału o niskiej częstotliwości, lecz obciążony jest nadmiernym szumem o charakterze prądu przemiennego.

Pomiar SP, otrzymywany we wzmacniaczu 93 ma korzystny składnik sygnału o wysokiej częstotliwości, lecz słaby składnik sygnału o niskiej częstotliwości. Pomiar rzeczywistej wartości SP można osiągnąć, wybierając składnik o niskiej częstotliwości z pierwszego i powyższych pomiarów i składnik o wysokiej częstotliwości z drugiego z powyższych pomiarów. Zadanie to spełnia urządzenie według fig. 8. Na fig. 9 przedstawiono krzywe częstotliwości, odnoszące się do filtrów 95 i 96. Dla dokładnego odtworzenia rzeczywistej wartości SP, te dwie krzywe w wymaganym zakresie częstotliwości, w sumie powinny dawać jedność.

Jakkolwiek wszystkie obwody przetwarzające zostały przedstawione jako umieszczone na powierzchni ziemi, jest oczywiste, że mogą być one również umieszczone w otworze wiertniczym, a częściowo na powierzchni ziemi.

Jak wynika z powyższego opisu, sposób i urządzenie według wynalazku służące do wykonywania pomiaru SP dają większą dokładność pomiaru rzeczywistej wartości SP warstw geologicznych, niż znane sposoby i urządzenia. Zostało to uzyskane przez połączenie konwencjonalnego pomiaru SP z innym sposobem pomiaru SP i przez to wykorzystanie tych pomiarów, zgodnie z wynalazkiem do uzyskania pomiaru wolnego w zasadzie od szumu.

Zamiast łączenia tych dwóch pomiarów, jak przedstawiono wyżej, możliwe jest również rejestrowanie tych pomiarów i wizualne ich badanie dla uzyskania pewnych informacji, dotyczących rzeczywistej wartości SP. Dla otrzymania skompensowanego pomiaru SP te dwa pomiary mogą być ewentualnie przetworzone przez odpowiednio zaprogramowaną maszynę cyfrową ogólnego zastosowania.

Dokładnej analizy przedstawionych pomiarów można dokonać stosując ogólnie znane analityczne techniki cyfrowe.

Przedmiot wynalazku został tu przedstawiony jedynie tytułem przykadu i dla specjalisty jest oczywiste, że mogą być tu wprowadzone różne zmiany i modyfikacje, nie wykraczające poza zakres wynalazku.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób badania potencjału własnego formacji geologicznych, przez które przechodzi odwiert, według którego dwie lub więcej elektrod, z których przynajmniej jedna jest elektrodą potencjałową, przemieszcza się przez odwiert w celu uzyskania różnych sygnałów zmieniających się w funkcji potencjału spontanicznego z głębokością na jaką są opuszczane elektrody, z n a m i e n n y t y m, że uzyskane sygnały filtruje się w celu usunięcia składowych wysokiej częstotliwości z jednego z tych sygnałów, posiadającego stosunkowo małą zawartość informacji o potencjale spontanicznym w zakresie wysokich częstotliwości oraz składowych niskiej częstotliwości z drugiego sygnału, posiadającego stosunkowo małą zawartość informacji o potencjale spontanicznym w zakresie niskich częstotliwości i przefiltrowany pierwszy i drugi sygnał łączy się w celu wytworzenia polepszanego pomiaru spontanicznego potencjału formacji geologicznej.

2. Sposób według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że wymienione przefiltrowane sygnały pierwszy i drugi pochodzą z odpowiednich pasm niskiej i wysokiej częstotliwości, posiadających częstotliwość wspólną.

3. Sposób według zastrz. 1 albo 2, w przypadku gdy pierwszy sygnał jest uzyskiwany z pomiaru występującego naturalnie potencjału na jednej z elektrod względem stałego potencjału odniesienia, z n a m i e n n y t y m, że drugi sygnał uzyskuje się z pomiaru gradientu potencjału na drugiej elektrodzie.

4. Sposób według zastrz. 3, z n a m i e n n y t y m, że gradient potencjału całkuje się w celu wytworzenia drugiego sygnału przefiltrowanego.

5. Sposób według zastrz. 1 albo 4, z n a m i e n n y t y m, że drugi sygnał reguluje się aby filtrować ten drugi sygnał jako funkcję prędkości ruchu elektrod.

6. Sposób według zastrz. 1, według którego obie elektrody są elektrodami potencjałowymi oddalonymi od siebie o odcinek a w kierunku wzdłuż odwiertu, przy czym pierwszy sygnał zawiera przynajmniej składową V niskoczęstotliwościową potencjału spontanicznego i składową N szumu wysokiej częstotliwości, a drugi sygnał zawiera pomiar G gradientu spontanicznego potencjału i składową P szumu polaryzacji elektrody, z n a m i e n n y t y m, że pomiar SP jest skompensowanym pomiarem SP_c potencjału spontanicznego formacji geologicznej wytworzonym przez połączenie pierwszego i drugiego sygnału według zależności:

$$SP_c = L(V \div N) \div H(G \div P)$$

gdzie

$$L = \frac{1 \div S(T_1 \div T_2)}{(1 \div ST_1)(1 \div ST_2)}$$

a

$$H = \frac{K ST_2}{(1 \div ST_1)(1 \div ST_2)}$$

gdzie S oznacza operator Laplace'a, T_1 i T_2 oznaczają wybrane stałe czasu, a K jest proporcjonalne do u/a gdzie u oznacza prędkość elektrod.

7. Sposób według zastrz. 1 albo 2, według którego pierwszy sygnał uzyskuje się z pomiaru występującego naturalnie potencjału na jednej z elektrod względem stałego potencjału odniesienia, z n a m i e n n y t y m, że drugi sygnał uzyskuje się z pomiaru różnicy pomiędzy potencjałami na obu elektrodach.

8. Sposób według zastrz. 7, z n a m i e n n y t y m, że obie elektrody są oddalone od siebie w kierunku wzdłuż otworu wiertniczego.

9. Urządzenie do badania potencjału własnego formacji geologicznych, przez które przechodzi odwiert, zawierające pierwszą i drugą elektrodę, przy czym pierwsza elektroda jest elektrodą potencjałową, ruchome razem poprzez odwiert, oraz obwód sprzężony z tymi elektrodami w celu wytwarzania różnych sygnałów reprezentujących funkcje potencjału spontanicznego (SP) zmieniającego się z głębokością elektrod, z n a m i e n n e t y m, że zawiera człony filtrujące (25 i 32), sprzężone z wymienionym obwodem (16, 17, 18, 19 i 20) w celu usuwania składowych wysokiej częstotliwości z jednego z sygnałów, posiadającego stosunkowo małą zawartość informacji o potencjale spontanicznym w zakresie wysokich częstotliwości i składowych niskiej częstotliwości z drugiego sygnału, posiadającego stosunkowo małą zawartość informacji o potencjale spontanicznym w zakresie niskich częstotliwości oraz układ (26, 28 i 33) sprzężony z wyjściem członów filtrujących (25 i 32) w celu łączenia przefiltrowanego pierwszego i drugiego sygnału aby uzyskać polepszony pomiar wyjściowy spontanicznego potencjału formacji geologicznej.

10. Urządzenie według zastrz. 9, z n a m i e n n e t y m, że druga elektroda jest elektrodą potencjałową (14) oddaloną o niewielką odległość od pierwszej elektrody (15) w kierunku ruchu obu elektrod.

11. Urządzenie według zastrz. 9, z n a m i e n n e t y m, że druga elektroda zawiera urządzenie (85) do pomiaru przepływu prądu, a drugi sygnał jest zależny od pomiaru gradientu potencjału potencjału z tego urządzenia.

12. Urządzenie według zastrz. 9, z n a m i e n n e t y m, że druga elektroda jest również elektrodą potencjałową (14 lub 88) a drugi sygnał jest zależny od różnicy potencjałów w odniesieniu do drugiej elektrody.

13. Urządzenie według zastrz. 12, z n a m i e n n e t y m, że druga elektroda jest utworzona przez część (88) przewodu wystawionego na działanie płynu w odwiercie, przy czym przewód ten wspiera pierwszą elektrodę (89) w odwiercie.

14. Urządzenie według zastrz. 9 albo 10 albo 11, z n a m i e n n e t y m, że człony filtrujące są połączone z układem całkującym (30 i 31), czułym na pomiar gradientu potencjału na drugiej elektrodzie (14) w celu wytworzenia drugiego sygnału przefiltrowanego.

15. Urządzenie według zastrz. 9, z n a m i e n n e t y m, że człony filtrujące zawierają elementy (44) czułe na prędkość ruchu pierwszej elektrody w celu wytworzenia drugiego przefiltrowanego sygnału jako funkcji głębokości.

FIG. 1

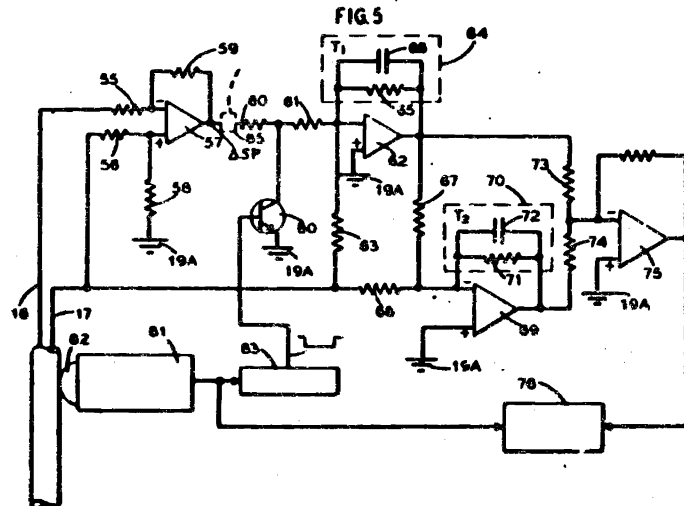
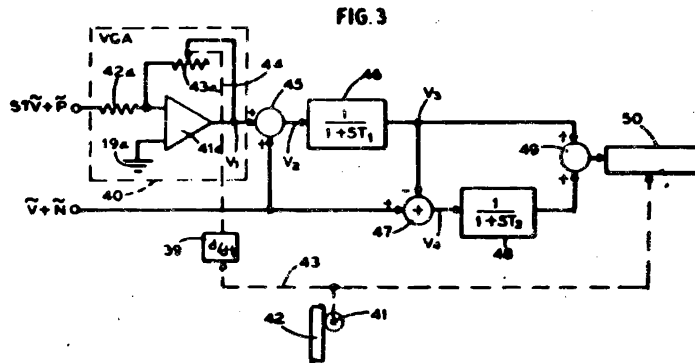
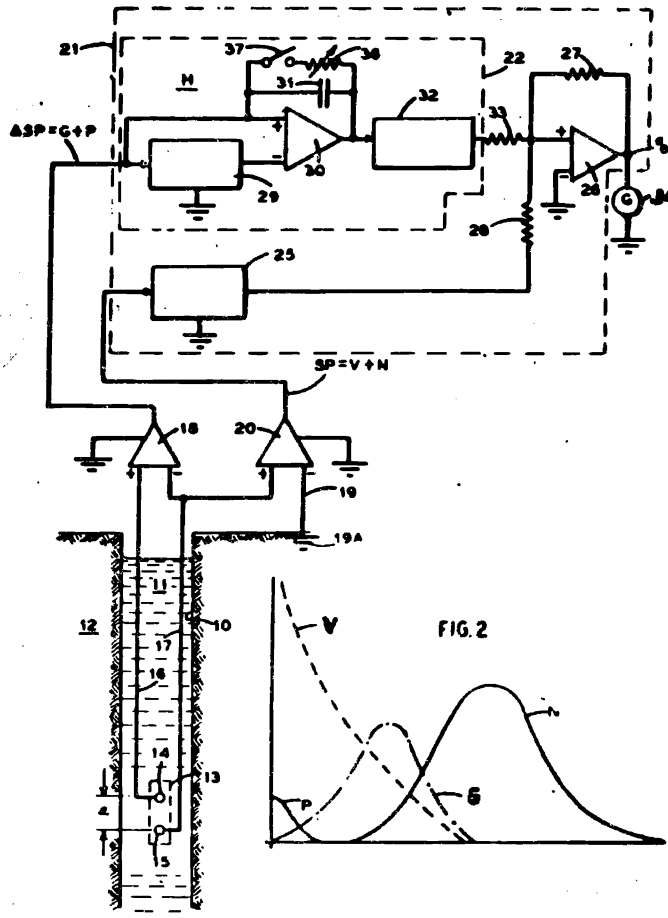


FIG. 4

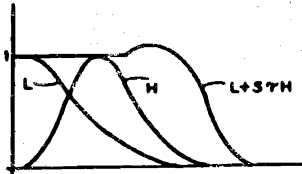


FIG. 6A

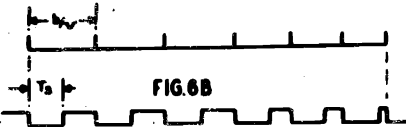


FIG. 7

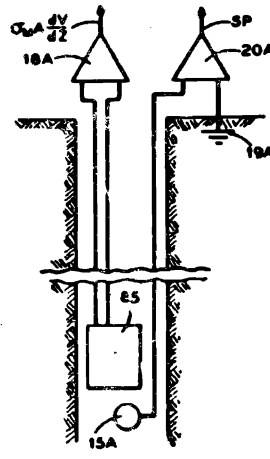


FIG. 8

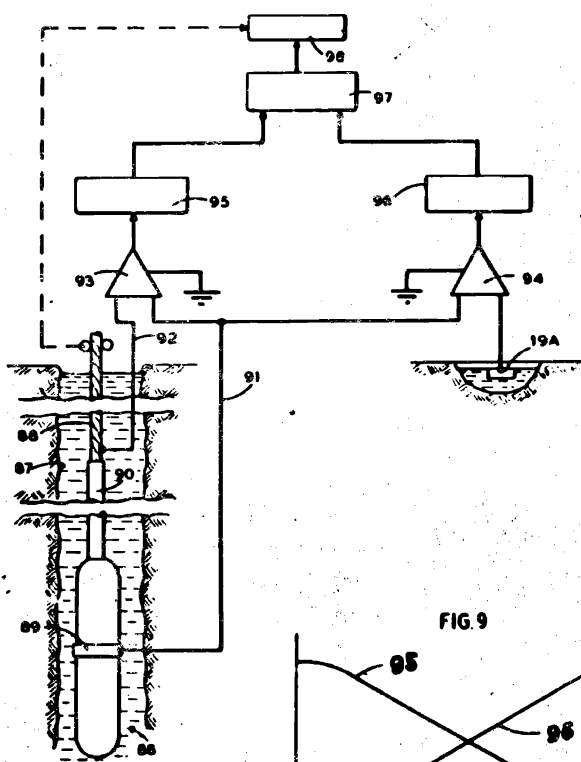


FIG. 9

