



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

MKP E21b 47/02

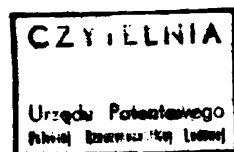
Zgłoszono: 11.09.1973 (P. 165163)

Pierwszeństwo: _____

Int. Cl.² E21B 47/02

Zgłoszenie ogłoszono: 01.11.1974

Opis patentowy opublikowano: 20.09.1976



Twórcy wynalazku: Władysław Kozik, Eugeniusz Mnich, Roman Śledziwski

Uprawniony z patentu: Instytut Naftowy, Kraków (Polska)

Sposób i urządzenie do pomiaru krzywych sterowanego profilowania oporności w głębokich otworach wiertniczych

1

Dziedzina techniki. Przedmiotem wynalazku jest sposób i urządzenie do pomiaru krzywych sterowanego profilowania oporności w głębokich otworach wiertniczych.

Stan techniki. Krzywe sterowanego profilowania oporności można uzyskać dwoma znanymi sposobami. W pierwszym przypadku otrzymuje się je za pomocą aparatur autokompensacyjnych. Aparatury tego typu składają się z części naziemnej zawierającej układ zasilania sondy oraz panel kontrolno-pomiarowy i sondy odwiertowej trój-elektrodowej z elektrodami cylindrycznymi lub siedmioelektrodowej z elektrodami punktowymi, w skład których oprócz układu elektrodowego wchodzi również: generator, autokompensator i układ wzmacniaczy pomiarowych (Ilinskij V. M. Bokovoj karotaż, Izdatelstvo „Nedra”, Moskwa 1971 oraz Spravočnik geofizyka t. II, Gostoptechizdat, Moskwa 1961).

Znany sposób pomiaru krzywych sterowanego profilowania oporności z użyciem aparatury z sondą trójelektrodową z elektrodami cylindrycznymi jest opisany niżej.

Centralna elektroda sondy zasilana jest przez generator stabilizowany prądem zmiennym o niskiej częstotliwości. Elektrody ekranujące zasilane są z autokompensatora prądem regulowanym w taki sposób, aby potencjał na wszystkich trzech elektrodach cylindrycznych był taki sam. Mierzac następnie potencjał na elektrodzie centralnej oraz

2

znając prąd jaki był przez nią przepuszczany określa się oporność skały (Desbrandes R. — Théorie et interprétation des diagraphies, Paris 1968; Pirson S. J. — Handbook of Well Log Analysis, Prentice-Hall Inc., 1963).

W przypadku sondy siedmioelektrodowej z elektrodami punktowymi elektroda centralna sondy jest zasilana również stabilizowanym prądem zmiennym niskiej częstotliwości. Zwarte ze sobą elektrody ekranujące zasilane są prądem zmiennym regulowanym przez kompensator w taki sposób, aby różnica potencjałów na elektrodach pomiarowych była równa zeru. Rejestrując następnie potencjał którejkolwiek elektrody pomiarowej oraz znając prąd jaki był przepuszczany przez elektrodę centralną określa się oporność skały (Desbrandes R. — Théorie et interprétation des diagraphies, Paris 1968; Pirson S. J. — Handbook of Well Log Analysis, Prentice-Hall Inc. 1963).

Rejestracja krzywych sterowanego profilowania oporności przy pomocy znanych aparatur autokompensacyjnych posiada niezaprzeczalne zalety. W zasadzie można dzięki nim uzyskać wysoką dokładność pomiarową, krzywe rejestruje się bezpośrednio na odwiercie i w związku z tym mogą być natychmiast użyte do interpretacji. Jednak przy użyciu aparatury autokompensacyjnej określonego typu można rejestrować tylko jeden rodzaj krzywych. Rejestracja innego wariantu krzywej jest związana z konstrukcją osobnej aparatury

pomiarowej. Sonda odwiertowa zawiera skomplikowaną część elektroniczną jak generator, autokompensator, układ wzmacniaczy pomiarowych, która w istotny sposób determinuje głębokość na jakiej można wykonywać pomiary geofizyczne. Dzięki swej budowie, zwłaszcza w odniesieniu do sondy odwiertowej, aparatura do pomiarów metodą pola sterowanego typu autokompensacyjnego jest mniej niezawodna w działaniu zaś jej obsługa i konserwacja jest bardziej uciążliwa, a cena stosunkowo wysoka.

W drugim przypadku krzywe sterowanego profilowania oporności uzyskuje się drogą obliczeniową z czterech krzywych elementarnych a mianowicie dwie potencjałowe i dwie gradientowe, zarejestrowanych w otworze wiertniczym za pomocą standardowego oprzyrządowania geofizycznego. Zarejestrowane w otworze wiertniczym elementarne krzywe składowe przelicza się wykorzystując odpowiednie formuły obliczeniowe na krzywe sterowanego profilowania oporności. Krzywe te sporządza się najczęściej w ośrodku obliczeniowym przy użyciu komputera (Maruśiak I. — Princip kontrolirovannoj reguljacii toka mnogo-elektroodnych karotażnych zondov. Sb. Geol. Ved, rada UG, sv. 7, 1968 oraz Maruśiak I. — Těžký A. Jonášová V. — Princip kontrolirovannoj reguljacii toka mnogo-elektroodnych karotażnych zondov. Sb. Geol. Ved, rada UG, sv. 8, 1969).

Otrzymywanie krzywych sterowanego profilowania oporności drogą obliczeniową wykazuje kilka ważnych dodatknych cech w porównaniu z rejestracją krzywych sterowanego profilowania oporności przy pomocy aparatury autokompensacyjnych. W zasadzie poszczególne krzywe składowe, które przelicza się na krzywe sterowanego profilowania oporności mogą służyć jako samodzielne źródło informacji geofizycznej. Z czterech krzywych składowych sposobem obliczeniowym uzyskać można różne warianty metod z ogniskowaniem pola bez specjalnego oprzyrządowania pomiarowego. Jednak proces otrzymywania krzywych sterowanego profilowania oporności jest żmudny i długotrwały. Krzywe wyjściowe rejestruje się bowiem w formie analogowej, a następnie przetwarza na postać cyfrową, przelicza, przetwarza z formy cyfrowej na analogową i wykreśla krzywe wynikowe. Podczas tej długotrwałej obróbki krzywych występuje zacieranie się drobniejszych szczegółów i wygładzanie uzyskanych wynikowych krzywych sterowanego profilowania oporności. Informatywność tak uzyskanych krzywych i ich późniejsza przydatność jest więc mniejsza niż krzywych zarejestrowanych bezpośrednio w otworze. Ponadto, proces otrzymywania krzywych sterowanego profilowania oporności na podstawie krzywych wyjściowych wymaga dużego i kosztownego zestawu aparaturowego który stanowią przetworniki analogowo-cyfrowe i cyfrowo-analogowe, rejestratory oraz komputer.

Istota wynalazku. Istota sposobu pomiaru krzywych sterowanego profilowania oporności polega na tym, że całkowitej obróbki sygnałów pomiarowych otrzymywanych w czasie wykonywania pomiaru z sondy odwiertowej dokonuje się w apa-

raturze naziemnej. Realizuje się to w ten sposób, że otrzymane z sondy zapuszczonej do odwiertu, cztery sygnały przesyła się drogą przewodową do aparatury naziemnej, gdzie są wzmacniane w bloku wzmacniaczy wstępnych, przetwarzane w sposób ciągły na dwie krzywe sterowanego profilowania oporności w układzie funkcyjnym, a następnie logarytmowane w bloku wzmacniaczy logarytmicznych i jako krzywe wynikowe rejestruje się je za pomocą rejestratora aparatury karotażowej.

Istotą urządzenia do pomiaru krzywych sterowanego profilowania oporności składającego się z sondy i aparatury naziemnej jest to, że sondę stanowi układ elektrodowy zaś aparatura naziemna składa się z bloku czterech wzmacniaczy wstępnych połączonych z analogowym układem funkcyjnym oraz z bloku dwóch wzmacniaczy logarytmicznych również połączonych z analogowym układem funkcyjnym. Analogowy układ funkcyjny stanowi układy mnożące, sumujące oraz układy dzielące, które zawierają źródła prądu stałego do liniowego ładowania kondensatorów, układy porównujące, wzmacniacze separujące oraz filtry aktywne.

Efekty techniczno-ekonomiczne. Przedstawiony kompleksowy sposób oraz urządzenie pozwalają bezpośrednio w czasie pomiarów na otworze wiertniczym otrzymać komplet dwóch krzywych geofizycznych o różnym zasięgu w formie nadającej się do bezpośredniej interpretacji geofizyczno-geologicznej. Pozwalają również na zastosowanie sond o różnej geometrii realizując w ten sposób metodę sterowanego sondowania oporności. Wyeliminowanie z sond odwiertowych części elektronicznych pozwala prowadzić pomiary geofizyczne przedstawionym sposobem w głębokich otworach wiertniczych. Zastosowanie bloku wzmacniaczy logarytmicznych pozwala wykorzystać wynalazek do wykonywania pomiarów geofizycznych w różnych warunkach geologicznych.

Objaśnienie rysunku. Wynalazek przedstawiono bliżej na załączonym rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat logiczny analogowego układu funkcyjnego, fig. 2 — komplet krzywych geofizycznych otrzymywanych tym sposobem, a fig. 3 — schemat blokowy układu pomiarowego.

Szczegółowy opis wynalazku. Realizację opisanego sposobu pomiaru krzywych sterowanego profilowania oporności pokazano na fig. 3, przedstawiającej schemat blokowy kompletnej aparatury w skład której wchodzi: sonda odwiertowa **S** podłączona do wielożyłowego kabla pomiarowego stanowiącego drogę przesyłową dla sygnałów z sondy do aparatury naziemnej zawierającej układ przełączający **UP** połączony z blokiem wzmacniaczy wstępnych **WW**, na którego wyjściach podłączony jest analogowy układ funkcyjny **UF** oraz blok wzmacniaczy logarytmicznych **WL** podłączony na wyjścia układu funkcyjnego **UF**. Blok wzmacniaczy logarytmicznych **WL** podłączony jest na wejścia rejestratora **R**. Sonda **S** składa się z czterech elektrod prądowych: elektrody centralnej **A₀**, pary zwartych ze sobą elektrod **A₁A₂** oraz elektrody odwrotnej **B₀**. Na sondzie **S** znajdują się ponadto

dwie pary zwartych ze sobą elektrod kontrolno-pomiarowych M_1N_1 , M_2N_2 oraz elektroda odniesienia N_0 . W czasie pomiaru zasila się cyklicznie stabilizowanym pulsującym prądem najpierw elektrodę centralną A_0 sondy S i rejestruje się krzywą różnicy potencjałów między elektrodami pomiarowymi M_1N_1 lub M_2N_2 , którą oznaczono jako U_{MNO} oraz krzywą potencjału elektrody M_1 lub M_2 , którą oznaczono jako V_{MO} , a następnie zasila się elektrody A_1A_2 i rejestruje się analogiczne krzywe, które oznaczono U_{MNI} , V_{MI} . Ze względu na fakt, że wspomniane cztery krzywe U_{MNO} , V_{MO} , U_{MNI} , V_{MI} zwane krzywymi wyjściowymi wykorzystuje się również do bezpośredniej interpretacji geofizycznej, przedstawia się je więc najczęściej w formie krzywych oporności pozornych Q_{uo} , Q_{vo} , Q_{ui} , Q_{vi} , przeliczając je automatycznie znanym sposobem. Opisane operacje wykonuje w sposób automatyczny układ przełączający **UP**. Funkcje Q_{vo} , Q_{uo} , Q_{vi} , Q_{ui} otrzymane na wyjściu układu przełączającego **UP** są wzmacniane w bloku czterech wzmacniaczy wstępnych **WW**. Blok wzmacniaczy wstępnych **WW** zbudowany jest w oparciu o wzmacniacze operacyjne, których wzmocnienie zapewnia właściwą pracę układu Funkcyjnego **UF**.

Schemat blokowy układu funkcyjnego **UF** podany na fig. 1 pokazuje kolejne fazy analogowe przekształcenia funkcji wyjściowych Q_{vo} , Q_{uo} , Q_{vi} , Q_{ui} na dwie funkcje wynikowe Q_{st-7p} i Q_{st-7g} zgodnie z niżej podanymi zależnościami:

$$Q_{st-7p} = 0,406Q_{vo} + 0,594Q_{vi} \frac{Q_{uo}}{Q_{ui}}$$

$$Q_{st-7g} = 0,594Q_{uo} + 0,406Q_{ui} \frac{Q_{vo}}{Q_{vi}}$$

Operacje mnożenia sygnałów wejściowych przez współczynniki i przez siebie oraz ich sumowanie są wykonywane przez sześć układów mnożących $\times$ i dwa układy sumujące $+$ zbudowane w oparciu o scalone wzmacniacze operacyjne, natomiast ilorazy są wykonywane w dwóch układach dzielących pracujących na zasadzie całkowania napięcia piłokształtnego, którego dzielna określa szybkość ładowania kondensatora, zaś dzielnik moment rozładowania. Średnia wartość tego napięcia piłokształtnego jest wprost proporcjonalna do napięcia dzielnej wyznaczającego szybkość ładowania kondensatora i odwrotnie proporcjonalna do napięcia dzielnika określającego czas trwania napięcia piłokształtnego. Układy dzielące zawierają źródła stałego prądu do liniowego ładowania kondensatorów, układy porównujące, wzmacniacze separujące oraz filtry aktywne zrealizowane przy pomocy scalonych wzmacniaczy operacyjnych.

Sygnały z wyjść układu funkcyjnego **UF** są podawane na wejścia bloku wzmacniaczy logarytmicznych **WL**. Wzmacniacze te zbudowane w opar-

ciu o scalone wzmacniacze operacyjne, wykorzystując logarytmiczną zależność prądu kolektora w funkcji napięcia emiter-baza dostarczając na wyjściach funkcje wynikowe zgodne z zależnościami:

$$\varphi_1 = \log Q_{st-7p}$$

$$\varphi_2 = \log Q_{st-7g}$$

które podawane są następnie na rejestrator **R** aparatury karotażowej. Krzywe te rejestruje się w formie gotowej do interpretacji geofizycznej podanej przykładowo na fig. 2, gdzie Q_{vo} , Q_{uo} , Q_{vi} , Q_{ui} oznaczają krzywe wyjściowe otrzymane na wyjściach układu przełączającego **UP**, zaś $\log Q_{st-7p}$ i $\log Q_{st-7g}$ są to krzywe sterowanego profilowania oporności otrzymane na wyjściach bloku wzmacniaczy logarytmicznych **WL**, w oparciu o które przeprowadza się interpretację geofizyczno-geologiczną.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób pomiaru krzywych sterowanego profilowania oporności w głębokich otworach wiertniczych polegający na przepuszczeniu prądu przez elektrody prądowe sondy i odebraniu go przez elektrody kontrolno-pomiarowe po przejściu przez badany ośrodek skalny, wstępnej obróbce w sondzie a następnie przesłaniu odebranych sygnałów drogą przewodową do aparatury naziemnej, w której następuje ich wzmocnienie w bloku wzmacniaczy wstępnych a następnie rejestracja, **znamienny tym**, że otrzymane w czasie wykonywania pomiaru z sondy odwiertowej zapuszczanej do odwiertu cztery sygnały (Q_{vo} , Q_{uo} , Q_{vi} , Q_{ui}) przesyła się drogą przewodową do aparatury naziemnej, gdzie przetwarza się je w sposób ciągły na dwie krzywe sterowanego profilowania oporności w układzie funkcyjnym (**UF**), a następnie logarytmuje w bloku wzmacniaczy logarytmicznych (**WL**) i jako krzywe wynikowe rejestruje się za pomocą rejestratora (**R**) aparatury karotażowej.

2. Urządzenie do pomiaru krzywych sterowanego profilowania oporności w głębokich otworach wiertniczych zawierające sondę pomiarową, kabel stanowiący drogę przesyłową dla sygnałów z sondy do aparatury naziemnej oraz aparaturę naziemną przetwarzającą sygnały obrazujące przewiercony ośrodek skalny i rejestrującą wyniki, która zawiera układ przełączający, wzmacniacze wstępne i rejestrator, **znamiennie tym**, że aparatura naziemna wyposażona jest w analogowy układ funkcyjny (**UF**) oraz w dwa wzmacniacze logarytmiczne (**WL**) również połączone z analogowym układem funkcyjnym (**UF**), przy czym układ funkcyjny (**UF**) składa się z sześciu układów mnożących ($\times$), dwóch układów sumujących ($+$) oraz dwóch układów dzielących ($\div$).

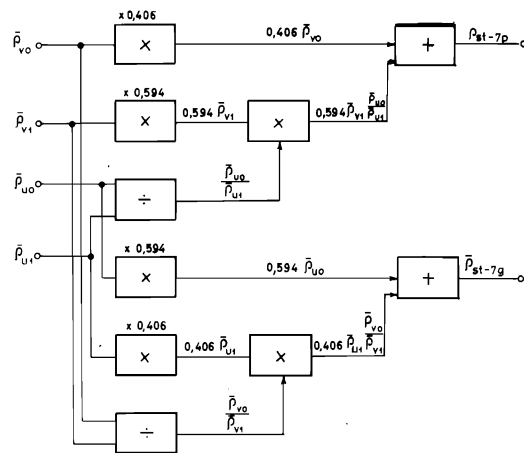


Fig 1

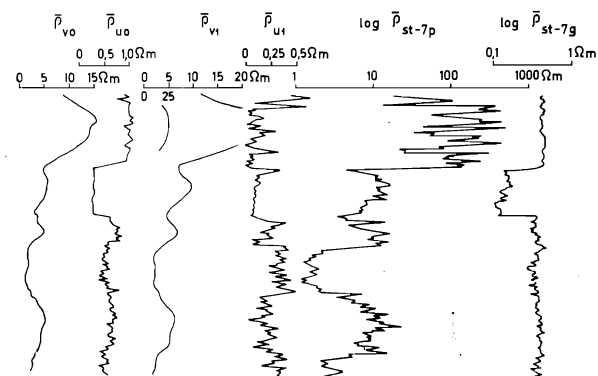


Fig. 2

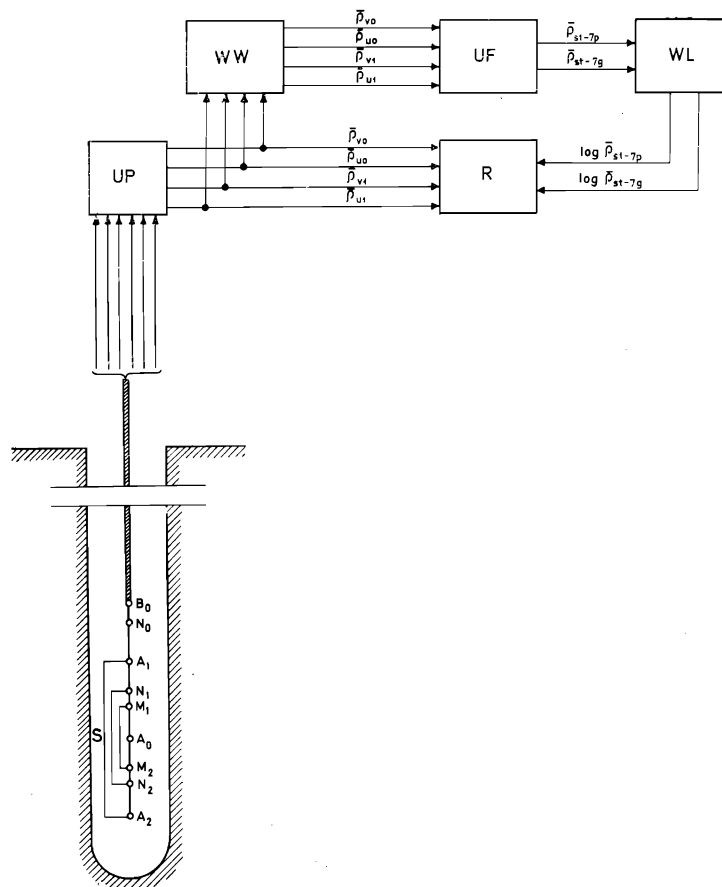


Fig. 3