



Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 27.X.1969 (P 136 522)

Pierwszeństwo: _____

Opublikowano: 15.IX.1972

Kl. 42I,1/01

MKP G01n 9/24

UKD

Współtwórcy wynalazku: Jan A. Czubek, Julian Studnicki, Jan Woźniak

Właściciel patentu: Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica, Kraków (Polska)

Dwudetektorowa sonda do pomiaru gęstości gruntów i skał

1

Przedmiotem wynalazku jest dwudetektorowa sonda do bezwzględnego pomiaru gęstości gruntów, złóż i innych ośrodków w warunkach ich naturalnego zalegania, „in situ”, zarówno powierzchniowo jak i wewnątrz w otworach wiertniczych. W szczególności sonda znajduje zastosowanie do celów geofizyki poszukiwawczej przy profilowaniu odwiertów, gdzie jednym z warunków prawidłowej interpretacji złóż jest dokładna znajomość ich bezwzględnej gęstości. Ponadto sonda jest stosowana dla celów budownictwa, przy prowadzeniu ziemnych prac inżynierskich.

Dotychczas pomiaru gęstości gruntu lub złoża dokonuje się najprostszą metodą przez pobranie próbek ośrodka, co rzadko daje zadowalające rezultaty z tego względu, że w trakcie pobierania próbek zostaje zwykle naruszona struktura ośrodka. Pobieranie próbek można zatem jedynie stosować w przypadku skał i ośrodków spoistych. Dlatego też do pomiaru gęstości stosuje się powszechnie sondy radioizotopowe, pozwalające na szybki pomiar gęstości ośrodków w warunkach ich naturalnego zalegania, bez konieczności pobierania próbek. Sonda gęstościomierza zawiera źródło promieniowania gamma i detektor, oddzielone od siebie ołowianym ekranem.

Kwanty promieniowania przenikają ze źródła do badanego ośrodka, gdzie na elektronach atomów, budujących środowisko rozpraszające ulegają rozproszonim komptonowskim oraz częściowej ab-

2

sorpcji w wyniku efektu fotoelektrycznego. Ponieważ ze wzrostem gęstości ośrodka zwiększa się również ilość elektronów w jednostce objętości, wzrasta zatem ilość komptonowskich rozproszeń kwantów gamma, wychodzących ze źródła. W rezultacie im większa jest gęstość, tym mniej kwantów dochodzi poprzez środowisko rozpraszające ze źródła do detektora. Na podstawie ilości zliczeń impulsów, wychodzących z detektora, zarejestrowanych przez przelicznik z krzywej cechowania, która podaje zależność ilości zliczeń od gęstości, określa się gęstość badanego ośrodka.

Pomiar gęstości przy użyciu opisanej sondy gęstościomierza jest obarczony znacznym błędem o ile ośrodki, których gęstość się mierzy, nie mają jednakowego składu chemicznego, ściślej, jeśli różnią się liczbą atomową Z , a w przypadku ośrodków zbudowanych z różnych pierwiastków, ekwiwalentną liczbą atomową Z_{eq} . Zarejestrowana liczba zliczeń jest zależna w tym przypadku nie tylko od gęstości ośrodka ale również od jego ekwiwalentnej liczby atomowej Z_{eq} .

Należałoby w tym przypadku znać krzywe cechowania dla każdego ośrodka oddzielnie, co jest uciążliwe i trudne do zrealizowania w praktyce, ze względu na konieczność zbudowania dużej ilości modeli do cechowania, o różnych gęstościach i ściśle określonych ekwiwalentnych liczbach atomowych. Innym czynnikiem, powodującym duży błąd pomiaru gęstości przy użyciu sondy jedno-

licznikowej gamma-gamma, jest wpływ tak zwanej bliskiej strefy, to znaczy strefy bezpośrednio przylegającej do sondy i różniącej się właściwościami fizycznymi od badanego ośrodka. Strefę tę mogą tworzyć, np. rury osłaniające otwór wiertniczy, płuczka, nieregularności otworu i kawerny, warstwa ośrodka, zaburzona na skutek filtracji płuczki, zagęszczenie ośrodka, powstałe w procesie wykonywania otworu itp., a w przypadku pomiarów powierzchniowych nierówności powierzchni i zwiertrzała przypowierzchniowa warstwa ośrodka.

Próby usunięcia wpływu składu chemicznego przez zastosowanie różnego rodzaju filtrów metalowych, osłaniających detektor, które mają na celu obcięcie miękkiej składowej promieniowania rozproszonego, nie dają całkiem zadowalających wyników. Bardziej skuteczna jest dyskryminacja elektroniczna impulsów z detektora, lecz wymaga stosowania spektrometrycznych liczników scyntylacyjnych. Stosowanie tych liczników komplikuje całe urządzenie, zwiększa jego koszt i stwarza duże trudności w pomiarach terenowych, związane z koniecznością utrzymania bardzo stabilnych warunków pracy aparatury elektronicznej. Stosowanie licznika scyntylacyjnego w sondzie pociąga również za sobą zwiększenie średnicy sondy w porównaniu z sondą, zawierającą licznik Geigera-Müllera, co ogranicza jej zakres stosowania do otworów o dużym przekroju.

Inna znana sonda zawiera dwa detektory scyntylacyjne, umieszczone w różnych odległościach od źródła. Detektor bliższy źródła jest czuły głównie na gęstość materiału bliskiej strefy, natomiast wskazania detektora dalszego są w mniejszym stopniu przez nią zakłócone. W związku z tym przez wprowadzenie odpowiedniej poprawki, obliczanej automatycznie przy pomocy komputera ze wskazań obu detektorów uwzględnia się wpływ zarurowania oraz nieregularności otworu wiertniczego. Poprawkę tę dodaje się do gęstości, wyinterpretowanej ze wskazań detektora bardziej oddalonego od źródła i zarazem mniej czułego na strefę bliską.

Oprócz swoich zalet rozwiązanie to posiada niedogodności wynikające między innymi stąd, iż wymaga użycia skomplikowanej aparatury oraz zastosowania uciążliwych zabiegów kalibracyjnych.

Celem wynalazku jest zwiększenie dokładności pomiarów gęstości gruntów i skał poprzez równoczesną eliminację wpływu składu chemicznego i bliskiej strefy na wynik pomiaru gęstości, oraz uproszczenie konstrukcji znanych urządzeń pomiarowych.

Cel ten osiąga się za pomocą dwudetektorowej sondy według wynalazku, która składa się ze źródła promieniowania gamma, korzystniej izotopu kobaltu ^{60}Co , z dwóch takich samych liczników Geigera-Müllera lub ich zestawów, umieszczonych w różnych odległościach od źródła i oddzielonych od niego ekranami ołowianymi, oraz z układu elektronicznego, służącego do przesyłania impulsów elektrycznych do urządzenia rejestrującego.

Dwudetektorowa sonda do pomiaru gęstości gruntów i skał według wynalazku jest przedstawiona w przykładowym wykonaniu na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia sondę w przekroju wzdłuż

osi podłużnej, przystosowaną do pomiarów w otworach wiertniczych o małej średnicy, a fig. 2 — schemat układu elektronicznego.

Sonda zawiera metalową, najlepiej stalową lub duraluminiową osłonę 1, w postaci rury o średnicy około 20 mm (fig. 1). W górnej części osłony 1 sonda ma wodoszczelną głowicę 2, składającą się z duraluminiowego korpusu z współśrodkowym otworem na kabel 3 oraz z dwóch duraluminiowych pierścieni i gumowych uszczeltek. Przez dokręcenie pierścieni, kabel 3, łączący sondę z rejestratorem impulsów i stanowiący zarazem linkę nośną sondy, zostaje szczelnie i sztywno zamocowany w głowicy 2, przy równoczesnym zaklinowaniu jej w osłonie 1. Poniżej głowicy 2 w osłonie 1 jest umieszczony zespół elementów, tworzących elektroniczny układ 4 oraz dwa takie same chlorowcowe liczniki 5 i 6 Geigera-Müllera, na przykład typu STS-5. Od dołu osłona 1 jest zakończona gwintowanym gniazdem 7, do którego jest przykręcony duralowy zasobnik 8, zawierający źródło 9 promieniowania. Źródłem 9 jest najlepiej izotop kobaltu ^{60}Co , o aktywności około 5 mC.

W celu użycia źródła 9 promieniowania o mniejszej aktywności i/lub w celu skrócenia czasu pomiaru stosuje się zamiast dwóch pojedynczych liczników 5 i 6 Geigera-Müllera, dwa takie same zestawy tych liczników. Liczniki 5 i 6 są umieszczone w różnych, ale odpowiednio dobranych odległościach od źródła 9. Odległość ośrodka długości czynnej jednego licznika 5 od źródła geometrycznego źródła 9 wynosi najlepiej 490 mm, a analogiczna odległość dla drugiego licznika 6 wynosi najlepiej 270 mm. Pomiędzy licznikami 5 i 6 oraz powyżej gniazda 7 są osadzone ołowiane ekrany 10.

Liczniki 5 i 6, ekrany 10 oraz elementy elektronicznego układu 4 są połączone w jedną całość odcinkami rury i unieruchomione w osłonie 1 za pomocą dociskającej sprężyny 11. Sonda wraz z przykręconym zasobnikiem 8 źródła 9 promieniowania do gniazda 7 ma długość około 830 mm. Sonda jest połączona kablem 3 z rejestratorem impulsów, który stanowi jej aparaturę naziemną. Rejestratorem impulsów jest znany lampowy lub tranzystorowy przelicznik impulsów, sieciowy lub baterijny, wraz z zasilaczem wysokiego napięcia. Zasilacz jest wyposażony w przełącznik, umożliwiającą komutację polarności stałego napięcia zasilania, podawanego przewodem 3 do liczników 5 i 6. Przy ustalonej polarności stałego napięcia zasilającego sondę, przesyłanego przewodem 3, włączony jest tylko jeden z dwóch liczników 5 i 6 sondy.

Zmiana polarności na przeciwną powoduje włączenie drugiego z tych liczników 5 i 6. Przełączanie liczników 5 i 6, poprzez zmianę polarności napięcia zasilania sondy, dokonuje się dzięki połączeniu tych liczników 5 i 6 z elektronicznym układem 4. Układ 4 zawiera dwie krzemowe diody D_1 i D_2 , których anody są połączone we wspólnym punkcie A z katodami liczników 5 i 6 (fig. 2). Anoda jednego licznika 5 jest połączona poprzez oporność R_1 obciążenia z katodą jednej diody D_1 i żyłą kabla 3. Anoda drugiego licznika 6 jest po-

łączona poprzez oporność R_2 obciążenia z katodą drugiej diody D_2 i ekranującym opłotem kabla 3. Przy dodatnim napięciu żyły kabla 3 względem jego opłotu, włączony jest jeden licznik 5, natomiast drugi licznik 6 jest wyłączony, w wyniku zablokowania diodą D_2 . W przypadku ujemnego napięcia żyły względem opłotu zachodzi odwrotne zjawisko: mianowicie włączony jest drugi licznik 6, a pierwszy licznik 5 jest wyłączony wskutek zablokowania go diodą D_1 .

Anody liczników 5 i 6 są połączone poprzez dwa kondensatory C_1 i C_2 z jednym z wyprowadzeń pierwotnego uzwojenia, miniaturowego transformatora T , o przekładni obniżającej 1:40. Natomiast jedno z wyprowadzeń uzwojenia wtórnego, transformatora T jest połączone poprzez kondensator C_3 z żyłą kabla 3, a pozostałe dwa wyprowadzenia uzwojenia pierwotnego i wtórnego tego transformatora T są połączone z opłotem kabla 3. Zastosowanie kondensatorów C_1 , C_2 i C_3 ma na celu usunięcie stałej składowej sygnałów, a użycie miniaturowego transformatora T o przekładni obniżającej pozwala na optymalne przesyłanie sygnału, zbieranego równolegle z obu liczników 5 i 6 kablem 3 z sondy do rejestratora impulsów.

W celu przeprowadzenia pomiarów ilościowych sonda pomiarowa musi być odpowiednio wycechowana. Cechowanie przeprowadza się na modelach gruntów, wykonanych z jednorodnych ośrodków, o różnych ale dokładnie znanych gęstościach. Do przygotowanego modelu wprowadza się sondę pomiarową i obserwuje się jej wskazania, podając ilość zliczeń impulsów w jednostce czasu, odpowiednio dla licznika umieszczonego bliżej i dalej od źródła promieniowania, a następnie tworzy się stosunek tych wskazań. Szereg tak przeprowadzonych pomiarów na modelach o różnej gęstości umożliwia ustalenie poszukiwanej zależności pomiędzy stosunkiem ilości zliczeń lub jego logarytmem a gęstością otaczającego ośrodka, w wyniku czego otrzymuje się tak zwaną krzywą cechowania sondy.

Taki sposób cechowania sondy pomiarowej eliminuje błędy pomiaru, spowodowane różnym składem chemicznym badanych ośrodków, niedokładnościami wykonania otworu i obecnością rur okładzinowych w otworze.

Przy właściwym pomiarze gęstości gruntów, dokonywanym sondą według wynalazku z uzyskanego podobnie jak przy jej cechowaniu stosunku ilości zliczeń impulsów, interpretuje się odpowiednią wartość gęstości przy użyciu uprzednio wyznaczonej krzywej cechowania. Ostatecznym wynikiem pomiaru jest średnia gęstość ośrodka, zalegającego wokół osłony sondy w strefie pomiarowej o grubości 15–20 cm i wysokości około 60 cm.

Dwudetektorowa sonda według wynalazku znajduje również zastosowanie do badań powierzchniowych. Wówczas nie stosuje się rurowej osłony zakończonej głowicą i gniazdem, do którego jest przykręcony zasobnik ze źródłem promieniowania, lecz zasobnik ten może być umieszczony bezpośrednio w osłonie.

Dwudetektorowa sonda do pomiaru gęstości gruntów i skał według wynalazku odznacza się dużą dokładnością pomiaru dzięki uniezależnieniu go od składu chemicznego ośrodka oraz zmniejszeniu wpływu takich czynników, jak zarurowanie otworu, niedokładności jego wykonania i innych. Ponadto konstrukcja i wyposażenie gęstościomierza, zawierającego sondę według wynalazku są prostsze w porównaniu z innymi gęstościomierzami dwudetektorowymi w wyniku zastosowania liczników Geigera-Müllera w miejsce liczników scyntylacyjnych, wymagających bardziej skomplikowanej aparatury. W związku z tym obniża się także koszt grubościomierza. Zaletą sondy jest jej mała średnica, pozwalająca na zastosowanie jej do pomiaru w otworach o małej średnicy, co ma szczególne znaczenie w pracach inżynierskich i budowlanych.

20 Zastrzeżenia patentowe

1. Dwudetektorowa sonda do pomiaru gęstości gruntów i skał, mająca metalową osłonę, zasobnik ze źródłem promieniowania gamma i ołowiane ekrany oraz układ elektroniczny, połączony wspólnym kablem z urządzeniem rejestrującym, **znamienna tym**, że w osłonie (1), w różnych odległościach od źródła (9) promieniowania są umieszczone dwa takie same liczniki (5) i (6) Geigera-Müllera lub dwa takie same zestawy tych liczników, które są oddzielone ołowianymi ekranami (10) od źródła (9) i połączone z elektronicznym układem (4).

2. Dwudetektorowa sonda według zastrz. 1, **znamienna tym**, że źródłem (9) promieniowania gamma jest izotop kobaltu ^{60}Co , o aktywności około 5 mC.

3. Dwudetektorowa sonda według zastrz. 1 i 2, **znamienna tym**, że odległość środka długości czynnej jednego licznika (5) od środka geometrycznego źródła (9) wynosi 490 mm, a analogiczna odległość dla drugiego licznika (6) wynosi najlepiej 270 mm.

4. Dwudetektorowa sonda według zastrz. 1–3, **znamienna tym**, że elektroniczny układ (4) zawiera dwie krzemowe diody (D_1) i (D_2), których anody są połączone we wspólnym punkcie (A) z katodami liczników (5) i (6), przy czym anoda jednego licznika (5) jest połączona poprzez oporność (R_1) obciążenia z katodą jednej diody (D_1) i żyłą kabla (3), a anoda drugiego licznika (6) jest połączona poprzez oporność (R_2) obciążenia z katodą drugiej diody (D_2) i opłotem kabla (3), ponadto anody liczników (5) i (6) są połączone poprzez dwa kondensatory (C_1) i (C_2) z jednym z wyprowadzeń pierwotnego uzwojenia miniaturowego transformatora (T) o przekładni obniżającej 1:40, natomiast jedno z wyprowadzeń uzwojenia wtórnego tego transformatora (T) jest połączone poprzez kondensator (C_3) z żyłą kabla (3), a pozostałe dwa wyprowadzenia uzwojenia pierwotnego i wtórnego tego transformatora (T) są połączone z opłotem kabla (3).

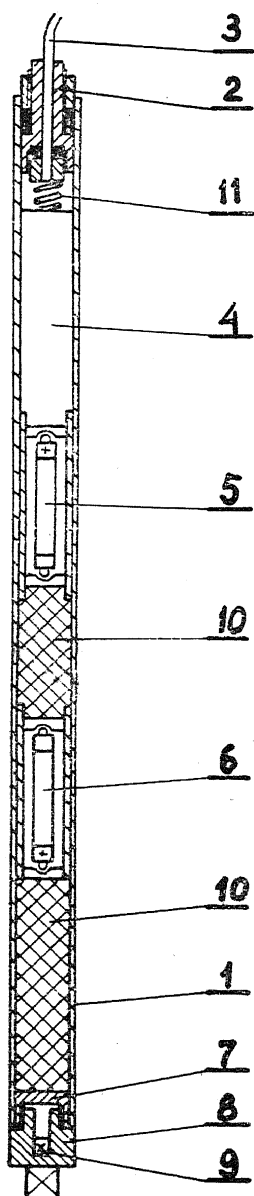


Fig. 1.

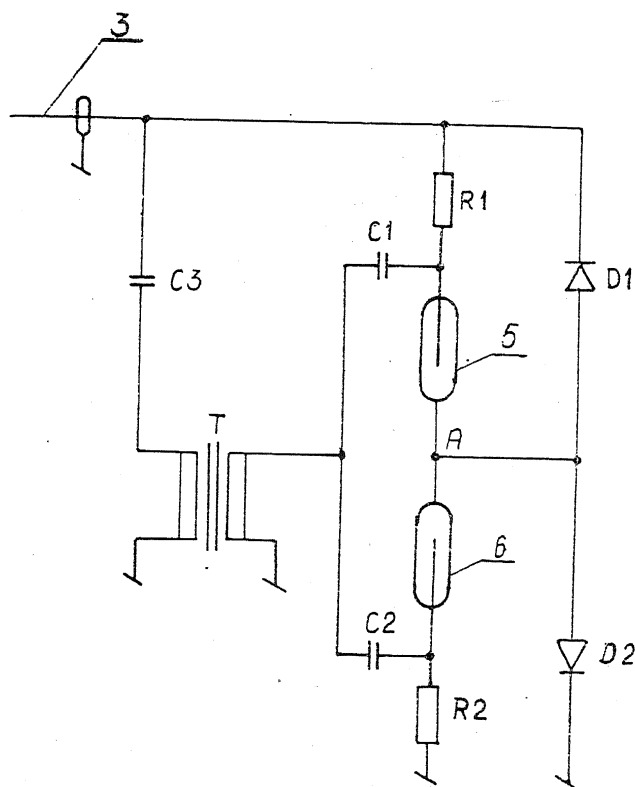


Fig. 2.