

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

90 076

Patent dodatkowy
do patentu _____

MKP G01v 5/00

Zgłoszono: 18.06.73 (P. 163426)

Pierwszeństwo: 19.06.72 Stany
Zjednoczone
Ameryki

Int. Cl². G01V 5/00

Zgłoszenie ogłoszono: 01.07.74

Opis patentowy opublikowano: 30.07.1977

CZYTELNICIA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórca wynalazku: _____

Uprawniony z patentu: Texaco Development Corporation, Nowy Jork
(Stany Zjednoczone Ameryki)

Sposób badania formacji ziemi w sąsiedztwie szybu wiertniczego za pomocą pomiaru niesprężystego promieniowania gamma oraz urządzenie do badania formacji ziemi w sąsiedztwie szybu wiertniczego za pomocą pomiaru niesprężystego promieniowania gamma

Przedmiotem wynalazku jest sposób badania formacji ziemi w sąsiedztwie szybu wiertniczego za pomocą pomiaru niesprężystego promieniowania gamma oraz urządzenie do badania formacji ziemi w sąsiedztwie szybu wiertniczego za pomocą pomiaru niesprężystego promieniowania gamma.

Znany jest sposób badania formacji ziemi za pomocą pomiarów niesprężystego promieniowania gamma obejmujący przemieszczanie źródła neutronów wzdłuż szybu wiertniczego i mierzenie w funkcji głębokości szybu natężenia wtórnego promieniowania gamma wywołanego napromieniowaniem formacji ziemi neutronami. Ponieważ jądro chloru ma bardzo duży, w porównaniu z jądrami innych powszechnie spotykanych pierwiastków, przekrój czynny na pochłanianie neutronów termicznych więc chlor stanowi dobry wskaźnik umiejscowienia słonej wody. Warstwy wapienia i piaskowca zawierające słoną wodę pochłaniają neutrony w znacznie większym stopniu niż warstwy nasycone naftą. Przez wykorzystanie również informacji o porowatości, naftę można wykryć za pomocą określenia zawartości chloru w formacji. Opisany sposób przestaje być skuteczny w przypadku zasolenia wody solami chloru w stopniu mniejszym niż 3%.

W innym znanym sposobie mierzy się część energetycznego promieniowania gamma spowodowanego niesprężystym rozproszeniem neutronów w wyniku napromieniowania neutronami formacji ziemi otaczających szyb wiertniczy. Jądra węgla i tlenu mają znaczny przekrój czynny na rozproszenie niesprężyste przy jednoczesnym stosunkowo niewielkim przekroju czynnym na pochłanianie, a więc pomiar promieniowania gamma wytworzonego przez rozpraszanie niesprężyste neutronów umożliwia określenie względnej ilości tych pierwiastków w formacjach ziemi otaczających szyb wiertniczy. Ze względu na obecność znacznych ilości węgla w skorupie ziemskiej wyniki pomiarowe uzyskane tym sposobem są jednak niepewne. Formacje wapieni zawierające wodę mogą bowiem wytwarzać więcej promieni gamma dzięki niesprężystemu rozproszeniu przez jądra węgla niż piasek krzemowy zawierający naftę albo nasycony naftą łupek osadowy. Ponadto stosunek ilości węgla do ilości tlenu w formacjach ziemi jest funkcją ich porowatości. Nasycenie formacji ziemi wodą można określić przez pomiar stosunku zawartości węgla do tlenu.

Dodatkową trudnością występującą przy tego rodzaju pomiarach jest konieczność ograniczenia ilości neutronów emitowanych przez źródło w ciągu jednego impulsu w tym celu, aby grupowanie się impulsów

w układzie elektronicznym nie powodowało nakładania się sygnałów pomiarowych. Grupowanie impulsów wynika z faktu, że układy elektroniczne oraz kabel szybowy umożliwiają poprawne zliczanie impulsów ze skończoną chwilową szybkością zliczania. Również odległość źródła neutronów od detektora promieniowania gamma jest wielkością krytyczną ze względu na ograniczenie szybkości zliczania. Zatem, żeby zwiększyć dokładność statystyczną pomiarów rozproszonych niesprężystych, która ogólnie biorąc jest funkcją końcowej liczby zliczeń, można zmieniać odległość między źródłem a detektorem oraz częstotliwość powtarzania impulsów ze źródła neutronów otrzymując optymalne rezultaty. Skrócenie czasu trwania każdego impulsu neutronów korzystnie do $5 \mu s$ zmniejsza ilość zliczeń spowodowanych wychwytem neutronów termicznych. Tło neutronów termicznych dalszym ciągu ogranicza jednak częstotliwość powtarzania impulsów.

Znane urządzenia do badania formacji ziemi w sąsiedztwie szybu wiertniczego za pomocą pomiaru promieniowania gamma obejmuje sondę szybową, zespoły naziemne dla przetwarzania wyników pomiarowych oraz kabel łączący sondę z częścią naziemną urządzenia. W sondzie szybowej umieszczone jest źródło neutronowe emitujące neutrony o energii 14 MeV, wykorzystujące reakcję deuterowo-trytową, oraz oddzielony od niego odpowiednimi przesłonami zespół detektora promieniowania gamma obejmujący scyntylator, fotopowielacz oraz dodatkowe zespoły do przetwarzania sygnału z fotopowielacza. Kabel łączący sondę z częścią naziemną urządzenia jest trójosiowym lub współosiowym opancerzonym kablem znanym z opisu patentowego nr 192883 Stanów Zjednoczonych, którego częstotliwościowe pasmo przenoszenia jest szerokie na tyle, że umożliwia przenoszenie sygnału pomiarowego zasadniczo bez zmiany kształtu. Z opisu patentowego nr 182035 Stanów Zjednoczonych znane są zespoły określania porowatości, zespoły określania zawartości frakcji wapiennych w badanej formacji oraz zespoły określania zawartości wody. Część naziemna urządzenia obejmuje ponadto elementy czasowe oraz analizator amplitudowy. Źródło neutronowe uruchamiane jest impulsowo, z częstotliwością wystarczająco małą dla zminimalizowania promieniowania tła przed jego zmierzeniem.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu badania formacji ziemi w sąsiedztwie szybu wiertniczego za pomocą pomiaru niesprężystego promieniowania gamma, zapewniającego uzyskanie danych dotyczących zawartości ropy w słabo zasolonych formacjach ziemi otaczających szyb wiertniczy, które to dane charakteryzują się dużą dokładnością statystyczną niezależnie od obecności promieniowania gamma tła wywołanego obecnością neutronów termicznych w tych formacjach.

Dalszym celem wynalazku jest opracowanie urządzenia do badania formacji ziemi w sąsiedztwie szybu wiertniczego za pomocą pomiaru niesprężystego promieniowania gamma, pozbawionego wad dotychczas znanych urządzeń.

Cel wynalazku osiągnięto przez to, że formacje ziemi otaczające szyb wiertniczy poddaje się działaniu impulsów neutronów wysokoenergetycznych z częstotliwością powtarzania co najmniej 4×10^3 impulsów na sekundę. Promieniowanie gamma tła wykrywa się w stosunkowo krótkich przedziałach czasowych między wysokoczęstotliwościowymi impulsami neutronów, zanim wygaśnie wychwytowe promieniowanie gamma, przy czym zliczenia promieniowania gamma tła zapisuje się w liczniku dekadowym i te zliczenia wykorzystuje się do korygowania liczby zliczeń całkowitego promieniowania gamma dla uzyskania skorygowanej liczby zliczeń. Skorygowane zliczenia wypadkowe zapisuje się korzystnie w rejestrze dekadowym.

Zliczenia promieniowania gamma tła można zapisywać w rewersyjnym liczniku dekadowym bezpośrednio przed pojawieniem się każdego impulsu neutronów przez to, że doprowadza się impulsy odpowiadające promieniowaniu gamma tła w ciągu określonego przedziału czasowego do wejścia zliczania w przód tego licznika gdzie sumuje się te impulsy tła i pozostawia się wynik tego sumowania w liczniku jako zliczenie promieniowania tła. Korygowanie zliczeń całkowitego promieniowania gamma realizuje się przez to, że doprowadza się impulsy określające całkowite promieniowanie gamma występujące w czasie trwania impulsów neutronów do wejścia zliczania wstecz rewersyjnego licznika dekadowego tak długo, aż osiągnięty zostanie zerowy stan licznika, po czym dalsze impulsy informacji całkowitego promieniowania gamma wytworzone w czasie trwania każdego impulsu neutronów doprowadza się do licznika dekadowego, w którym zapisuje się skorygowaną liczbę zliczeń. Promieniowanie tła i promieniowanie całkowite zlicza się korzystnie przez okresy czasu o zasadniczo jednakowych długościach.

Korzystnie wykonuje się pomiary niesprężystego promieniowania gamma o energiach zawierających się w co najmniej dwóch różnych obszarach widma energetycznego promieniowania gamma. W rejestrze dekadowym zapisuje się wartość stosunku skorygowanych zliczeń pochodzących z pierwszego i drugiego obszarów widma energetycznego, a sygnał wyjściowy odpowiadający temu stosunkowi jest wytwarzany wtedy, gdy zliczenia w rejestrze dekadowym odpowiadające drugiemu obszarowi energetycznemu osiągają z góry określoną wartość, która korzystnie jest wybierana jako wielokrotność dziesięciu.

Cel wynalazku osiągnięto również przez to, że urządzenie zawiera zespół powtarzalnego uruchamiania źródła neutronowego dla poddawania formacji ziemi otaczających szyb wiertniczy działaniu krótkich impulsów

neutronowych, pierwszy element kombinacyjny otwierany na krótki okres czasu bezpośrednio poprzedzający czbto impulsu neutronowego dla przepuszczania sygnału pomiarowego z detektora na wejście zliczania w przód rewersyjnego licznika dekadowego, drugi element kombinacyjny otwierany na krótki okres czasu podczas impulsu neutronowego dla przepuszczania sygnału pomiarowego z detektora na wejście zliczania wstecz rewersyjnego licznika dekadowego i na pierwsze wejście blokującego elementu kombinacyjnego, element I dla wykrywania zerowego stanu licznika dekadowego i dla wytwarzania sygnału otwierającego blokujący element kombinacyjny, podawanego na drugie wejście tego elementu, oraz rejestr dekadowy dla sumowania stanu zliczeń impulsów pomiarowych przepuszczanych przez blokujący element kombinacyjny, przy czym końcowy stan rejestru dekadowego stanowi skorygowaną ze względu na promieniowanie tła liczbę zliczeń.

Na drodze sygnału pomiarowego między detektorem a wejściami pierwszego i drugiego elementów kombinacyjnych umieszczony jest korzystnie zespół bramkowania energii dla wprowadzania na pierwsze wejścia tych elementów impulsów pomiarowych o określonym zakresie amplitudy.

Urządzenie według wynalazku może zawierać wiele zespołów bramkowania energii i wiele zespołów odejmowania tła oraz zespoły obliczania stosunków skorygowanych ilości zliczeń z wybranych par rejestrów dekadowych, przy czym określenie danego stosunku ilości zliczeń następuje po wystąpieniu z góry określonej liczby zliczeń w jednym z rejestrów wybranej pary rejestrów.

Wynalazek zapewnia skuteczne usunięcie ze statystyk zliczania tych wyników, które spowodowane są dużym tłem neutronów termicznych w węglowo-tlenowym sposobie profilowania dla określania lokalizacji ropy w formacjach ziemi wypełnionych stosunkowo niezasoloną wodą. Należy zdać sobie sprawę, że przeprowadzona dyskusja parametrów, których zmiana jest możliwa przy optymalizowaniu szybkości profilowania oraz statystyka zliczania niesprężystego rozproszenia neutronów są wzajemnie uzależnione nie tylko od siebie, lecz także od fizycznych parametrów badanego szybu wiertniczego. Na przykład średnica otworu wiertniczego, względna grubość obudowy i powłoki cementowej oraz rodzaj płynu wiertniczego mogą wpływać na szybkości zliczania niesprężystego promieniowania gamma. A więc duża częstotliwość powtarzania impulsów neutronowych przy odpowiedniej odległości źródła od detektora oraz przy rozróżnialnych impulsach promieniowania gamma nie pogorszonych wyraźnie przez zjawisko nakładania się impulsów powoduje znaczne zwiększenie statystycznej dokładności pomiarów.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy urządzenia według wynalazku, fig. 2 — przebiegi czasowe i związek między czasem włączania źródła neutronowego i detektora a promieniowaniem gamma spowodowanym neutronami rozproszenia niesprężystego oraz tłem neutronów termicznych w sąsiedztwie szybu, a fig. 3 — uproszczony schemat blokowy zespołu naziemnego z fig. 1, realizującego odejmowanie tła i obliczanie wybranych stosunków ilości zliczeń.

Szyb wiertniczy 2 wnikający w formacje ziemi 3, otoczony jest stalową obudową 4 i napełniony płynem szypowym 5. Obudowa 4 jest umocowana za pomocą cementowej warstwy 6, która jednocześnie zapobiega wymianie cieczy między sąsiednimi formacjami 3 ziemi.

Urządzenie według wynalazku obejmuje dwa zespoły: hermetyczną sondę 7, umieszczoną wewnątrz szybu 2, oraz część powierzchniową przetwarzającą i rejestrującą sygnały pomiarowe wytwarzane w sondzie 7. Kabel 8, który przechodzi przez krążek linowy 9, utrzymuje sondę 7 w szybie 2 i stanowi połączenie między sondą 7 a częścią powierzchniową urządzenia.

Sonda 7 zawiera źródło 11 wysokoenergetycznych neutronów, na przykład wykorzystujące reakcję deuterowo-trytową. W sondzie 7 umieszczony jest również odpowiedni detektor scyntylacyjny obejmujący fotopowielacz 10 i scyntylator 12 służące do wykrywania promieniowania gamma wytwarzanego przy niesprężystym rozproszeniu wysokoenergetycznych neutronów przez formacje ziemi 3 otaczające otwór wiertniczy 2. Między źródłem neutronowym 11 i scyntylatorem 12 jest wstawiona osłona 13 wykonana z żelaza, ołowiu lub innego odpowiedniego materiału. Scyntylator 12 jest dodatkowo chroniony przed wpływem neutronów termicznych za pomocą tulei osłonowej 15 umieszczonej na wewnętrznej lub zewnętrznej ścianie sondy. W celu zmniejszenia prawdopodobieństwa przedostania się neutronów termicznych do scyntylatora, między materiałem osłony 13 a scyntylatorem 12 umieszczona jest tarcza osłonowa 16. Elementy osłonowe wykonane są z baru lub innego materiału mającego duży przekrój czynny na wychwyt neutronów termicznych. Scyntylator 12 może być wykonany z jodku sodowego lub jodku cesowego z domieszką talu, albo innych podobnie aktywowanych substancji i jest optycznie sprzężony z fotopowielaczem 10.

Promieniowanie gamma wywołuje w wyniku działania jonizacyjnego błyski światła w scyntylatorze 12. Fotopowielacz 10 wytwarza impulsy napięciowe o wysokościach proporcjonalnych do natężenia każdej takiej scyntylacji pojawiającej się w scyntylatorze. Natężenia scyntylacji są zależne od energii kwantów gamma powodujących te scyntylacje, wobec czego impulsy napięciowe wytworzone w fotopowielaczu 10 mają

amplitudy uzależnione od energii odpowiednich kwantów promieniowania gamma. Te proporcjonalne impulsy stanowią sygnał wyjściowy detektora doprowadzany do wzmacniacza liniowego 17 poprzez, jeżeli to potrzebne, dyskryminator 18. Dyskryminator 18, może być na przykład, wykorzystany do zmniejszenia niskoenergetycznego promieniowania gamma tła wynikającego z termicznego wzbudzenia scyntylatora reakcją $^{128}\text{I}(\text{N},\gamma)^{128}\text{I}$. Poziom progowy dyskryminator 18 można wybrać w ten sposób, aby przepuszczać z fotopowielacza 10 impulsy, których wysokość przekracza amplitudę odpowiadającą promieniowaniu gamma o energii 1,78 MeV wytwarzanemu przez rozproszenie niesprężyste neutronów w krzemie. W ten sposób niskoenergetyczne promieniowanie tła, które w przeciwnym razie przyczyniłoby się do rozmycia impulsów, może zostać wyeliminowane. Umieszczenie dyskryminatora w sondzie 7 zmniejsza również częstotliwość sygnałów w kablu, a więc zmniejsza również rozmywanie impulsów.

Źródło neutronów 11 jest korzystnie uruchamiane przez impulsator 14 o znanej konstrukcji, który może być sterowany impulsami synchronizującymi z umieszczonego na powierzchni generatora 39 sygnału odniesienia doprowadzanymi kablem 8 do impulsatora odniesienia 20 umieszczonego w sondzie. Częstotliwość emitowania wiązek neutronów może być więc regulowana przez generator 39 sygnału odniesienia. Generator ten można również umieścić w sondzie 7 szybowej. W takim przypadku, w umieszczonej na powierzchni części urządzenia można umieścić detektor impulsów synchronizujących dla sterowania elementów czasowych, które zostaną omówione w dalszej części opisu. W przypadku pomiarów promieniowania z niesprężystego rozproszenia których dotyczy urządzenie według wynalazku, korzystne jest zastosowanie impulsów o czasie trwania około $5\mu\text{s}$ powtarzalnych z częstotliwością od około 5×10^3 do 2×10^4 lub więcej razy na sekundę.

Na fig. 2 przedstawione są wzajemne zależności czasowe między impulsami neutronowymi a cyklem pracy detektora promieniowania gamma oraz ilością neutronów termicznych i rozproszonych niesprężysto. Przebieg sygnału ze źródła 11 jest przedstawiony za pomocą linii ciągłej 33. Krzywa 31 przedstawia niesprężyste promieniowanie gamma w sąsiedztwie scyntylatora 12. Natomiast promieniowanie gamma w pobliżu detektora spowodowane wychwytem neutronów termicznych pokazuje krzywa 32. Ciągła krzywa 34 umieszczona poniżej krzywych 31, 32 i 33 obrazuje przebieg pracy detektora. Przed każdym trwającym $5\mu\text{s}$ impulsem neutronów ze źródła 11 element czasowy 44 włącza impulsem A' detektor w celu określenia ilości neutronów termicznych pozostałych w okolicy detektora. Następnie około $1\mu\text{s}$ przed początkiem impulsu ze źródła neutronów element czasowy 22 wytwarza impuls A w celu zliczania promieniowania gamma spowodowanego niesprężystym rozpraszaniem neutronów. Tę kolejność zapewnia doprowadzanie impulsów synchronizujących z generatora zegarowego 39 do elementów czasowych 22 i 44 jak również za pośrednictwem kabla 8 do impulsatora 14 sondy.

Ze względu na szybkie narastanie ilości kwantów niesprężystego promieniowania gamma (krzywa 31) występuje ono zasadniczo tylko podczas trwania impulsu neutronów. Ilość kwantów promieniowania gamma wynikających z wychwytu neutronów termicznych (krzywa 32) narasta znacznie wolniej i osiąga wartość szczytową po zakończeniu $5\mu\text{s}$ impulsu neutronowego. Pewna ilość neutronów termicznych występuje przez cały czas pracy urządzenia. Funkcją promieniowania tła wywołanego przez te neutrony jest pewien poziom zliczeń zależny od czasu otwarcia elementu czasowego 44. Impulsy neutronowe przedstawione na fig. 2 występują w odstępach czasowych wystarczających dla zaniknięcia większej części neutronów termicznych przed wystąpieniem następnego impulsu. Poza tym fałszywa detekcja promieniowania gamma wynikająca z obecności neutronów termicznych w okolicy detektora jest zmniejszana jeszcze przez tuleję osłonową 15 oraz tarczę osłonową 16.

W czasie gdy źródło neutronów 11 wysyła impuls $5\mu\text{s}$, sygnały wyjściowe z fotopowielacza 10 są doprowadzane poprzez dyskryminator 18 i wzmacniacz liniowy 17 do konwencjonalnego układu wymuszającego 19. Na wejście dyskryminatora 18 podaje się również sygnał odniesienia o stałej amplitudzie, dostarczany z impulsatora 20. Sygnał ten wykorzystuje się do regulacji wzmacnienia w układzie regulacji wzmacnienia 23 umieszczonym na powierzchni ziemi.

Dzięki temu, że zarówno układ impulsowy 14 umieszczony w sondzie jak i elementy czasowe 22 i 44 znajdujące się w powierzchniowej części urządzenia są wyzwalane za pomocą tego samego sygnału odniesienia z generatora 39, możliwe jest utrzymanie synchronizmu między działaniem urządzeń w sondzie 7 a powierzchniową częścią urządzenia. A zatem sygnał zawierający informację może być bramkowany w części naziemnej w celu wybrania z niego do dalszego przetwarzania części informacji z wymaganych przedziałów czasowych w sposób omówiony w odniesieniu do fig. 2.

Układy umieszczone w sondzie 7 mogą być zasilane z naziemnego zasilacza (nie pokazany na fig. 1) za pośrednictwem kabla 8. W opisywanym przykładzie wykonania zasilacze (nie pokazane) szybowej części urządzenia umieszczone są w sondzie 7.

Sygnały wyjściowe szybowej części urządzenia zawierają ciągi impulsów będących wynikiem detekcji promieniowania gamma w scyntylatorze 12 sondy zarówno podczas przedziału czasu odpowiadającego czasowi

otwarcia elementu 44 jak i elementu 22. Podczas otwarcia elementu 22 sygnały pomiarowe określają gamnę promieniowania gamma tła i promieniowania gamma rozproszenia niesprężystego, przy czym to pierwsze jest wywołane przede wszystkim neutronami termicznymi. Dokładne oszacowanie tego promieniowania gamma tła jest możliwe dzięki zliczaniu kwantów gamma przez przedział otwarcia elementu 44. Przedział ten jest taki sam jak w przypadku elementu 22 oraz umieszczony jest w czasie bezpośrednio przed przednim zboczem impulsu neutronowego. Impulsy wyjściowe z obu elementów czasowych 22 i 44 doprowadzane są do układu 43 oznaczonego na fig. 1 linią przerywaną, zawierającego analizator amplitudowy 24 zespół określania stosunku ilości węgla do tlenu 25, oraz zespół określania stosunku ilości krzemu do wapnia 26. Sygnały wyjściowe układów 24, 25 i 26 doprowadzane są do dalszych układów przetwarzania informacji obejmujących zespół określania porowatości 27, zespół określania frakcji wapiennych 28 oraz zespół określania nasycenia wodą 29. Ponadto, sygnały wyjściowe z układów 27, 28 i 29 razem z wartościami stosunków węgiel/tlen i krzem/wapń są doprowadzane do rejestratora 30, który zapisuje lub wykreśla je w funkcji głębokości wiercenia. Nośnik zapisu 41 rejestratora przesuwany jest elektrycznie lub mechanicznie za pomocą połączenia przegubowego 42 z krążkiem linowym 9.

Szczegółowy schemat blokowy układu 43 z fig. 1 przedstawia fig. 3. Impulsy promieniowania gamma dochodzą do sondy 7 przez kabel 8 i przewód 51 do analizatora amplitudowego pojawiając się tam jako impulsy o polaryzacji ujemnej. Okna energetyczne dla każdego zakresu są realizowane za pomocą przerzutników różnicowych 52, 53, 54 i 55. Przerzutnik różnicowy 52 odpowiada na przykład oknu energetycznemu wybranemu dla niesprężystego promieniowania gamma węgla, przerzutnik 53-oknu energetycznemu dla promieniowania gamma tlenu, przerzutnik 54-oknu energetycznemu dla promieniowania gamma krzemu, a przerzutnik 55-oknu energetycznemu dla niesprężystego promieniowania gamma wapnia. Przerzutniki różnicowe 52 do 55 dostarczają impulsów wyjściowych tylko wtedy, jeśli doprowadzone do nich napięciowe impulsy wejściowe wypadają między wcześniej wybranymi poziomami napięcia odpowiadającymi zakresowi energii, na który to okno jest nastawione. W ten sposób tylko te impulsy pomiarowe, które odpowiadają obszarom pasma energetycznego w widmie energetycznym promieniowania gamma interesującym dla każdego z czterech pierwiastków, będą mogły przejść przez odpowiednie okna energetyczne.

W dalszej części opisu przedstawione zostanie działanie zespołu przerzutników 52 i 53, gdyż działanie zespołu przerzutników 54 i 55 jest analogiczne.

Założmy, że na wejściu układu pojawiają się impulsy o amplitudzie mieszczącej się w oknie wyznaczonym przez przerzutnik 52. Do elementów kombinacyjnych 56 i 57 doprowadzone są oprócz impulsowego sygnału pomiarowego wywołanego promieniowaniem gamma mieszczącym się w oknie energetycznym przerzutnika 52, również napięciowe impulsy bramkujące A z elementu czasowego 22 i impulsy A' z elementu czasowego 44. Sygnał A jest doprowadzany do jednej z końcówek wejściowych elementu 56, a sygnał A' jest doprowadzany do jednej z końcówek wejściowych elementu 57. Sygnałem wyjściowym elementu 56, są ujemne impulsy określające ilość promieniowania gamma węgla, pojawiającego się w czasie gdy otwarty jest element czasowy 22. Podobnie sygnał wyjściowy elementu kombinacyjnego 57 odpowiada ilości promieniowania gamma tła, pojawiającego się w oknie energetycznym węgla w czasie, gdy otwarty jest element czasowy 44. Sygnał tła doprowadzany jest przewodem 58 do wejścia zliczania w przód rewersyjnego licznika dekadowego 59, który wykorzystywany jest jako element pamięciowy. Sygnały wyjściowe z elementu kombinacyjnego 56 są doprowadzane do jednego z wejść elementu kombinacyjnego 60 służącego do blokowania informacji. Drugie wejście tego elementu 60 jest połączone z wyjściem czterowejściowego elementu 61, który spełnia funkcję detektora zera na wyjściach czterobitowego licznika rewersyjnego 59. Sygnały wyjściowe elementu 56 są dodatkowo doprowadzane do jednej z końcówek wyjściowych elementu kombinacyjnego 62. Druga końcówka wejściowa tego elementu 62 jest dołączona do wyjścia elementu 61 za pośrednictwem przewodu 63. Element NIE 64 ustala właściwą polaryzację impulsu. Wyjście elementu kombinacyjnego 60 jest połączone przewodem 65 z końcówką wejściową zespołu kaskadowo połączonych liczników dekadowych 66, 67, 68, 69, 70 i 71. Sygnały wyjściowe liczników dekadowych 66 i 71 dochodzą poprzez czwórki przerzutników dwustabilnych 72, 73, 74, 75, 76 i 77 do odpowiednich siedmiosegmentowych dekoderów 78, 79, 80, 81, 82 i 83. Sygnały wyjściowe przerzutników dwustabilnych 72 do 77 doprowadzane są także, jeśli jest to potrzebne, do konwertera cyfrowo-analogowego 85 poprzez przełącznik 84. Następnie wzmacniacz operacyjny 86 wzmacnia wyjściowy sygnał analogowy konwertera 85 i doprowadza się do rejestratora wyjściowego 30 lub do dodatkowych układów przetwarzających. Wyjścia siedmiosegmentowych dekoderów 78, do 83 mogą być połączone ze wskaźnikami cyfrowymi 87, 88, 89, 90, 91 i 92, które są korzystnie diodami elektroluminescencyjnymi.

Podobnie sygnały napięciowe impulsów promieniowania gamma z sondy szybkiej 7 dochodzą za pośrednictwem przewodu 51 do przerzutnika 53 określającego okno energetyczne dla promieniowania tlenu skąd sygnały wyjściowe doprowadza się do pierwszych wejść elementów kombinacyjnych 106 i 107. Elementy 106

i 107 otrzymują z elementów czasowych 22 i 44 sygnały bramkujące A i A'. Zatem sygnały wyjściowe elementu 106 pojawiają się tylko wówczas, gdy energia promieniowania gamma określana sygnałem w przewodzie 51 zawiera się w oknie energetycznym tlenu i w czasie gdy otwarty jest element czasowy 22. Również zliczanie promieniowania gamma tła odbywa się za pośrednictwem elementu 107 tylko w okresie otwarcia elementu czasowego 44. Sygnał tła z wyjścia elementu 107 dochodzi przewodem 108 do wejścia zliczania w przód rewersyjnego licznika dekadowego 109. Sygnały z wyjścia elementu 106 są doprowadzane do jednego z wejść elementu kombinacyjnego 110 blokującego informację a jednocześnie do jednego z wejść elementu kombinacyjnego 112, dołączonego do wejścia zliczania wstecz licznika 109. Sygnał identyfikacji zera z wyjścia czterowejściowego elementu 111, którego wejścia połączone są z wyjściami czterobitowego licznika 109, doprowadzany jest do drugiego wejścia elementu 112 warunkując otwarcie tego elementu. Element 111 dostarcza sygnału wyjściowego dla drugiego wejścia elementu 110. Jednakże sygnał wyjściowy elementu 110 doprowadza się do szeregu kolejno włączanych za pomocą ręcznego przełącznika 118 dzielników dekadowych 113, 114, 115, 116 i 117. Sygnały wyjściowe dzielników 113 do 117 są wykorzystane do wyzwalania przerzutnika jednostabilnego 120. Jego sygnały wyjściowe po przejściu przez obwód różniczkujący 122 zawierający zwykle kondensator 123 i rezystor 125 oraz przez element NIE 124 docierają do wejść przełączających R liczników dekadowych 66 do 71. Przednie zbocze impulsu prostokątnego wytworzonego w przerzutniku jednostabilnym 120 powoduje przesunięcie liczby zapisanej w licznikach dekadowych 66 do 71 do czwórek przerzutników dwustabilnych 72 do 77 tuż przed początkiem następnego przedziału zliczania liczników 66 do 71. Obwód różniczkujący 122 różniczkuje prostokątne impulsy wyjściowe przerzutnika jednostabilnego 120 w celu otrzymania wspomnianych impulsów przesunięcia z poprzedniego zbocza, a także impulsów kasujących dla liczników 66 do 71 z tylnego zbocza impulsu.

Za początek cyklu pracy urządzenia można uważać początek otwarcia elementu czasowego 44. Gdy to nastąpi na pierwszych wejściach elementów kombinacyjnych 56 i 102 oraz analogicznych elementów kombinacyjnych w zespołach określania okien energetycznych dla krzemu 54 i wapnia 55 pojawia się sygnał A'. Jednocześnie, przewód 51 doprowadza sygnały impulsowe z sondy 7. Te z nich, które wypadają w oknach energetycznych wyznaczonych przez przerzutniki 52 i 53 przechodzą przez nie do pozostałych wejść elementów kombinacyjnych 57 do 107. Te sygnały zawierają impulsy odpowiadające promieniowaniu gamma wynikającemu z wychwytu neutronów termicznych, które to promieniowanie zostało zmniejszone przez rozproszenie i wypada w oknie energetycznym ustawionym w przerzutnikach różnicowych 52 i 53. W przypadku, gdy energia zarejestrowanego promieniowania gamma mieści się w oknie energetycznym przerzutnika różnicowego 52 jego sygnał wyjściowy jest doprowadzany przewodem 58 do wejścia zliczania w przód licznika 59. Podobnie zliczenia tła przechodzące przez okno energetyczne przerzutnika różnicowego 53 pojawiają się na wyjściu elementu kombinacyjnego 107 w linii 108 i na wejściu zliczania w przód licznika 109. Zatem w tym okresie czasu gdy sygnał bramkujący A' z elementu czasowego występuje na wejściach warunkujących otwarcie elementów 57 i 107 ma miejsce zliczanie tej części promieniowania tła spowodowanego neutronowym promieniowaniem gamma, która wystąpi w odpowiednich oknach energetycznych, przy czym zliczanie w przód następuje w licznikach 59 i 109, które mogą pomieścić do 10 takich zliczeń tła. Pojemność taka jest zupełnie wystarczająca dla stosunkowo krótkiego czasu trwania cyklu pracy elementów 22 i 44. Gdy sygnał A' przestaje występować na wejściach warunkujących otwarcie elementów 57 i 107, liczniki 59 i 109 zawierają liczbę zliczeń tła, która wystąpiła w przedziale bramkowania tła. Korzystne jest, aby przedział bramkowania tła był zasadniczo taki sam jak przedział pomiaru niesprężystego promieniowania gamma. Zatem liczba zliczeń w przedziale bramkowania tła odpowiada liczbie zliczeń promieniowania tła występującego także w przedziale zliczania niesprężystego promieniowania gamma, ponieważ impulsy bramkujące A i A' dzieli krótki okres czasu.

Po skończeniu się przedziału zliczania tła zaczyna się przedział zliczania niesprężystego promieniowania gamma. Sygnał A określający ten przedział dostarczany jest z elementu czasowego 22 do elementów 56 i 106. Źródło neutronowe 11 umieszczone w sondzie 7, zostaje włączone. Niesprężyste rozpraszane neutrony wywołują promieniowanie gamma, a potem sygnały impulsowe w przewodzie 51, które mogą przejść przez elementy kombinacyjne 56 i 106 jeśli wypadają w oknach energetycznych przerzutników różnicowych 52 i 53. Podczas trwania przedziału zliczania tła określonego impulsem A', elementy kombinacyjne 60 i 110 blokujące sygnał informacyjny nie są przygotowane do zmiany stanu. Zatem impulsy niesprężystego promieniowania gamma pojawiające się na wyjściach elementów 56 i 106, są kierowane do wejść zliczania wstecz liczników odpowiednio 59 i 109 za pośrednictwem elementów kombinacyjnych 62 i 112. W tym celu stan elementów 62 i 112 jest zmieniany sygnałami z wyjść elementów 161 i 111 doprowadzonymi przez elementy NIE 64 i 104. Tak więc kilka pierwszych impulsów promieniowania gamma powstałego w wyniku niesprężystego rozproszenia, wchodzących do okien energetycznych podczas przedziału zliczania niesprężystego promieniowania gamma określonego impulsem A, jest wykorzystanych do zliczania wstecz przez liczniki 59 i 109. Zliczanie wstecz trwa

aż do wykrycia stanu zerowego przez elementy 1 61 i 111. Wówczas te elementy 1 zmieniają stan a elementy kombinacyjne 62 i 112 zostają ustawione tak, aby nie przepuszczać dłużej impulsów sygnału pomiarowego. Stany zliczeń liczników 59 i 109 są teraz sprowadzone do zera, a sygnał pomiarowy kierowany jest z wyjścia elementów kombinacyjnych 56 i 106 przez elementy kombinacyjne 60 i 110 do liczników dekadowych 66 do 71 (w przypadku okna węglowego) i do dzielników dekadowych 113 do 117 (z okna tlenowego). Wyżej opisany proces przetwarzania sygnałów stanowi realizację odejmowania promieniowania tła od promieniowania pomierzonego w przedziale A, ponieważ w każdym oknie energetycznym zliczenia tła uzyskane podczas trwania przedziału A' muszą być odliczone od stanu liczników dekadowych 59 i 109 zanim jakkolwiek informacja będzie mogła wpłynąć do liczników dekadowych 66 do 71 i dzielników dekadowych 113 do 117.

Po skutecznym odjęciu w ten sposób wszystkich impulsów promieniowania gamma tła, liczniki 66 do 71 zaczynają zliczać niesprężyste promieniowanie gamma węgla. Niesprężyste promieniowanie gamma tlenu jest kierowane do szeregu dzielników 113 do 117, przy czym dzielniki 10 , 10^2 , 10^3 , 10^4 albo 10^5 wybierane są ręcznie za pomocą odpowiedniego ustawienia ramienia przełącznika 118. W ten sposób w licznikach dekadowych 66 do 71 dokonuje się zliczanie niesprężystego promieniowania gamma węgla do chwili, w której pojawi się ręcznie nastawiona liczba węgla do chwili w której pojawi się ręcznie nastawiona liczba zliczeń promieniowania niesprężystego tlenu odpowiadająca 10 , 10^2 , 10^3 itd. Wówczas odpowiednio wybrany dzielnik dekadowy dostarcza impulsu wyjściowego do przerzutnika jednostabilnego 120 za pośrednictwem przełącznika 118 i przewodu 121. Impuls ten powoduje powstanie w przerzutniku jednostabilnym 120 wyjściowego impulsu prostokątnego, który następnie po przejściu przez przewód 130 i obwód różniczkujący 122 służy do przeniesienia informacji z liczników dekadowych 66 do 71 oraz do takiego ustawienia czwórek przerzutników dwustabilnych 72 do 77, aby utrzymywać ich stan do zobrazowania wizualnego. Jak wcześniej wspomniano, liczba zliczeń występujących w oknie energetycznym węgla jest magazynowana w czwórkach przerzutników dwustabilnych 72 do 77 tuż przed przyjściem impulsu kasującego w celu zobrazowania wizualnego lub wykresnego. Odczyt cyfrowy zapewniają wskaźniki cyfrowe 87 do 92, realizowane korzystnie za pomocą diod elektroluminescencyjnych, współpracujące z dekoderni siedmiosegmentowymi 78 do 83, przy czym przecinek jest przesuwany za pomocą ręcznego przełącznika 118.

Przełącznik 84 wybiera wyjścia czwórek przerzutników dwustabilnych 72 do 77 doprowadzając ich sygnały wyjściowe do konwertera cyfrowo-analogowego 85, gdzie przetwarzane są w napięciowy sygnał analogowy określający stosunek niesprężystego promieniowania gamma węgla pomniejszonego o promieniowanie gamma węgla pomniejszonego o promieniowanie gamma tła w oknie węgla do niesprężystego promieniowania gamma tlenu pomniejszonego o promieniowanie gamma tła w oknie tlenu, to znaczy $(C-C_B(O-O_B))$. Ten analogowy sygnał jest następnie wzmacniany we wzmacniaczu operacyjnym 86, który można wykorzystać jako układu sterujący rejestratora piszącego lub dowolnego innego wskaźnika analogowego. Sygnał wyjściowy z przełącznika 84 można doprowadzić również do innych urządzeń cyfrowych, na przykład do cyfrowego rejestratora taśmowego.

Impulsy o amplitudach mieszczących się w oknach energetycznych krzemu i wapnia są przetwarzane w sposób analogiczny do wyżej opisanego, przy czym określa się tutaj różnicę niesprężystego promieniowania gamma krzemu i promieniowania gamma tła w oknie krzemu ($Si-Si_B$) oraz różnicę niesprężystego promieniowania gamma wapnia i promieniowania gamma tła w oknie wapnia ($Ca-Ca_B$), a także ich stosunki obliczane są w taki sam sposób jak opisano w odniesieniu do okien energetycznych węgla i tlenu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób badania formacji ziemi w sąsiedztwie szybu wiertniczego za pomocą pomiaru sprężystego promieniowania gamma, przy czym pomiary zostają skorygowane ze względu na promieniowanie gamma tła, powodowane przez inne zjawiska niż niesprężyste rozpraszanie neutronów, obejmujący powtarzane poddawanie formacji ziemi otaczających szyb wiertniczy działaniu impulsów neutronów wysokoenergetycznych, wykrywanie, w ciągu każdego takiego impulsu szybkich neutronów, całkowitego promieniowania gamma wynikającego z niesprężystego rozpraszania neutronów w materiale obejmującym formację ziemi w sąsiedztwie szybu wiertniczego i promieniowania gamma tła, wykrywanie promieniowania gamma tła w szybie wiertniczym i odejmowanie tego promieniowania gamma tła od całkowitego promieniowania gamma, z n a m i e n n y m, że formacje ziemi otaczające szyb wiertniczy poddaje się działaniu impulsów neutronów wysokoenergetycznych z częstotliwością powtarzania co najmniej 4×10^3 impulsów na sekundę, oraz że promieniowanie gamma tła wykrywa się w stosunkowo krótkich przedziałach czasowych między wysokoczęstotliwościowymi impulsami neutronów, zanim wygaśnie wychwytowe promieniowania gamma, przy czym zliczenia promieniowania gamma tła zapisuje się w liczniku dekadowym i te zliczenia wykorzystuje się do korygowania liczby zliczeń całkowitego promieniowania gamma dla uzyskania skorygowanej liczby zliczeń.

2. Sposób według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że skorygowane zliczenia wypadkowe zapisuje się w rejestrze dekadowym.

3. Sposób według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że zliczenia promieniowania gamma tła zapisuje się w rewersyjnym liczniku dekadowym bezpośrednio przed pojawieniem się każdego impulsu neutronów przez to, że doprowadza się każdego impulsu neutronów przez to, że doprowadza się impulsy odpowiadające promieniowaniu gamma tła w ciągu określonego przedziału czasowego do wejścia zliczania w przód tego licznika dekadowego, gdzie sumuje się te impulsy tła i pozostawia się wynik tego sumowania w liczniku jako zliczenie promieniowania tła.

4. Sposób według zastrz. 3, z n a m i e n n y t y m, że korygowanie zliczeń całkowitego promieniowania gamma realizuje się przez to, że doprowadza się impulsy określające całkowite promieniowanie gamma występujące w czasie trwania impulsów neutronów do wejścia zliczania wstecz rewersyjnego licznika dekadowego tak długo, aż osiągnięty zostanie zerowy stan licznika, po czym dalsze impulsy informacji całkowitego promieniowania gamma wytworzone w czasie trwania każdego impulsu neutronów doprowadza się do licznika dekadowego, w którym zapisuje się skorygowaną liczbę zliczeń.

5. Sposób według zastrz. 1 albo 2 albo 3 albo 4, z n a m i e n n y t y m, że promieniowanie tła i promieniowanie całkowite zlicza się przez okresy czasu o zasadniczo jednakowej długości, przy czym przedział zliczania promieniowania tła bezpośrednio poprzedza czoło impulsu neutronowego, a przedział zliczania promieniowania całkowitego zawiera się w czasie trwania impulsu neutronowego.

6. Sposób według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że wykonuje się pomiary niesprężystego promieniowania gamma o energiach zawierających się w co najmniej dwóch różnych obszarach widma energetycznego promieniowania gamma.

7. Sposób według zastrz. 2 albo 6, z n a m i e n n y t y m, że w rejestrze dekadowym zapisuje się wartość stosunku skorygowanych zliczeń pochodzących z pierwszego i drugiego obszarów widma energetycznego, a sygnał wyjściowy odpowiadający temu stosunkowi wytwarza się wtedy, gdy zliczenia w rejestrze dekadowym odpowiadające drugiemu obszarowi energetycznemu osiągną z góry określoną wartość.

8. Sposób według zastrz. 7, z n a m i e n n y t y m, że z góry określoną wartość zliczeń wybiera się jako wielokrotność dziesięciu.

9. Urządzenie do badania formacji ziemi w sąsiedztwie szybu wiertniczego za pomocą pomiaru niesprężystego promieniowania gamma, obejmujące impulsowe źródło neutronów wysokoenergetycznych i detektor promieniowania gamma, umieszczone w sondzie szybowej połączonej z zespołami naziemnymi kablem szybowym, z n a m i e n n e t y m, że zawiera zespół (14, 20) uruchamiania z dużą częstotliwością powtarzania źródła neutronowego (11) dla poddawania formacji ziemi otaczających szyb wiertniczy działaniu krótkich impulsów neutronów wysokoenergetycznych, pierwszy element kombinacyjny (57) otwierany na krótki okres czasu bezpośrednio poprzedzający czoło impulsu neutronowego dla przepuszczania sygnału pomiarowego z detektora (12, 10, 18, 17, 19) na wejście zliczania w przód rewersyjnego licznika dekadowego (59) drugi element kombinacyjny (56) otwierany na krótki okres czasu podczas impulsu neutronowego dla przepuszczania sygnału pomiarowego z detektora (12, 10, 18, 17, 19) na wejście zliczania wstecz rewersyjnego licznika dekadowego (59) i na pierwsze wejście blokującego elementu kombinacyjnego (60), element kombinacyjny I (60) dla wykrywania zerowego stanu licznika dekadowego (59) i dla wytwarzania sygnału otwierającego blokujący element kombinacyjny (60), podawanego na drugie wejście tego elementu, oraz rejestr dekadowy (66, 67, 68, 69, 70, 71) dla sumowania stanu zliczeń impulsów pomiarowych przepuszczonych przez blokujący element kombinacyjny (60), przy czym końcowy stan rejestru dekadowego (66, 67, 68, 69, 70, 71) stanowi skorygowaną ze względu na promieniowanie tła liczbę zliczeń.

10. Urządzenie według zastrz. 9, z n a m i e n n e t y m, że zawiera zespoły bramkowania energii, umieszczone na drodze sygnału pomiarowego między detektorem (12, 10, 18, 17, 19) a wejściami pierwszego (57) i drugiego (56) elementów kombinacyjnych dla wprowadzania na pierwsze wejścia tych elementów impulsów pomiarowych o określonym zakresie amplitud.

11. Urządzenie według zastrz. 9 albo 10, z n a m i e n n e t y m, że zawiera wiele zespołów bramkowania energii i wiele zespołów odejmowania tła oraz zespoły obliczania stosunków skorygowanych ilości zliczeń z wybranych par rejestrów dekadowych, przy czym określenie danego stosunku ilości zliczeń następuje po wystąpieniu z góry określonej liczby zliczeń w jednym z rejestrów wybranej pary rejestrów.

FIG. 1

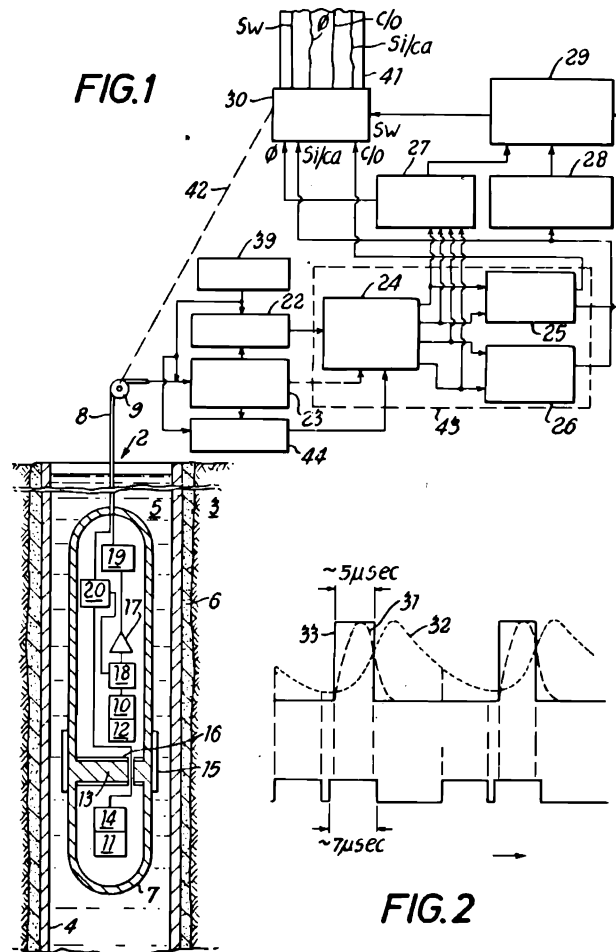


FIG. 2

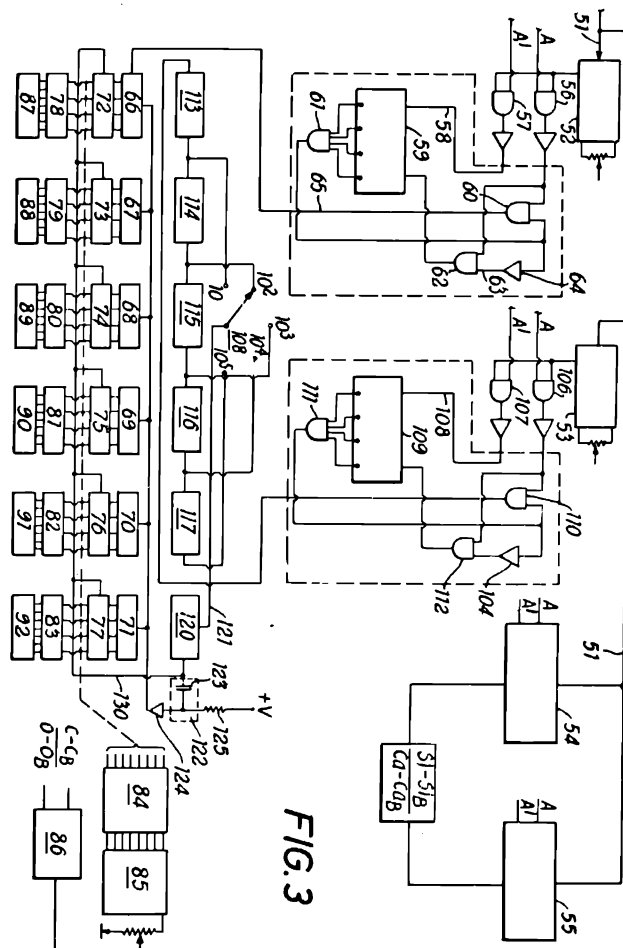


FIG. 3