



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 11.10.1973 (P. 165778)

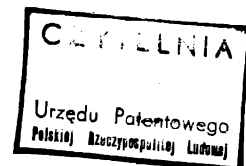
Pierwszeństwo _____

Zgłoszenie ogłoszono: 02.05.1975

Opis patentowy opublikowano: 15.09.1977

MKP G01b 17/02

Int. Cl.² G01B 17/02



Twórcy wynalazku: Adam Kunicki, Jerzy Nagłowski

Uprawniony z patentu: Polska Akademia Nauk Zakład Doświadczalny
Budowy Aparatury Naukowej „Unipan”,
Warszawa (Polska)

**Ultradźwiękowe urządzenie cyfrowe
do pomiaru metodą echoimpulsową
grubości obiektów jednostronnie dostępnych**

1

Przedmiotem wynalazku jest ultradźwiękowe urządzenie cyfrowe przeznaczone do pomiaru metodą echo-impulsową grubości obiektów jednostronnie dostępnych, wykonanych z różnych materiałów.

Pomiary grubości elementów jednostronnie dostępnych przeprowadza się w znany sposób za pomocą takich urządzeń ultradźwiękowych, jak defektoskopy oraz specjalistyczne aparaty ultradźwiękowe przystosowane konstrukcyjnie tylko do tego typu badań.

Grubościomierze pierwszego z wymienionych typów, opisane szczegółowo na przykład w patencie polskim nr 60351, pracują zwykle na zasadzie odczytu na ekranie lampy oscyloskopowej położenia impulsu echa dna, a tym samym w oparciu o odczyt czasu przejścia i powrotu fali ultradźwiękowej, który to czas jest proporcjonalny do grubości badanego przedmiotu. Specjalistyczne aparaty do pomiaru grubości pracują na tej samej zasadzie, lecz odczyt wyniku pomiaru jest dokonywany na wskaźniku wychyłowym, zwykle cyfrowym, zamiast na ekranie lampy oscyloskopowej. Wykorzystanie defektoskopu ultradźwiękowego do pomiaru grubości ograniczają takie jego wady, jak konieczność zatrudnienia wykwalifikowanej obsługi aparatu, duże wymiary i waga aparatu, często uniemożliwiające przeprowadzanie kontroli instalacji kotłowych i rurowych, zwłaszcza w energetyce i przemyśle chemicznym, mała szybkość pomiaru i ograniczona

2

dokładność.

Jakkolwiek urządzenia ultradźwiękowe do pomiaru grubości ze wskaźnikiem wychyłowym nie posiadają wad defektoskopów, to jednak ograniczają ich zastosowanie wady typowe dla wszelkich mierników analogowych ze wskaźnikiem wychyłowym, takie jak niska, zmienna w czasie pracy dokładność pomiaru, na ogół gorsza od 1%, mała odporność na wstrząsy i uderzenia oraz konieczność dokonywania okresowej kalibracji aparatu.

Aparaty ze wskaźnikiem cyfrowym takie, jak na przykład urządzenie opisane w patencie PRL nr 57315, są znacznie lepsze od wymienionych uprzednio grup grubościomierzy. Specjalistyczne aparaty do pomiaru grubości, zarówno ze wskaźnikami cyfrowymi jak i analogowymi są obciążone błędami odczytu, wynikającymi z istnienia odbić fali ultradźwiękowej nie tylko od strony niedostępnej ściany badanego obiektu, ale również od wad i nieciągłości wewnątrzmaterialowych, które to wady mogą mieć różne wymiary.

Do najlepszej klasy tych urządzeń zaliczyć należy aparaty ultradźwiękowe z automatyczną regulacją wzmocnienia, w których stosuje się podwójną nadawczo-odbiorczą głowicę ultradźwiękową wyposażoną w dwa odizolowane akustycznie i elektrycznie przetworniki. Wykorzystanie takiej głowicy zapewnia dobre sprzężenie głowicy z materiałem badanym, umożliwia przeprowadzenie dokładnego pomiaru małych grubości rzędu 1 mm, bez koniecz-

ności badania ech wielokrotnych odbieranych przez głowicę pojedynczą.

Jednym z tego typu aparatów ultradźwiękowych jest znany przyrząd z podwójną głowicą oraz z automatyczną regulacją wzmocnienia, wyposażony w generator impulsowy, synchronizujący impulsowy nadajnik ultradźwiękowy, który steruje częścią nadawczą głowicy. Fala ultradźwiękowa odbita od ściany niedostępnej obiektu, przetworzona na impuls elektryczny, steruje układem wzmacniającym, którego sygnał wyjściowy jest przetwarzany przez detektor poziomu na impuls o dostatecznie stromym narastaniu czoła. Układ automatycznej regulacji wzmocnienia, sterowany ze źródła napięcia odniesienia połączonego z detektorem poziomym, zabezpiecza uzyskanie znacznej dokładności pomiaru, odpowiadającej rozdzielczości pomiarowej licznika, niezależnie od zmian w szerokim zakresie amplitudy odebranych impulsów. Generator impulsowy steruje również przerzutnikiem monostabilny generujący impulsy o regulowanym czasie trwania. Opadające zbocze tych impulsów powoduje zmianę stanu przerzutnika bistabilnego na tak długi okres czasu, dopóki impuls wyjściowy z detektora poziomym nie odwróci tego stanu. Tor pomiarowy urządzenia stanowi układ połączeń bramki, której jedno wejście jest sterowane z wyjścia przerzutnika bistabilnego, a drugie wejście z generatora impulsów zegarowych. Sygnał koincydencji jest dostarczany z wyjścia bramki licznika do którego stan po zliczeniu impulsów jest odczytywany przez zespół zobrazowania wyniku pomiaru.

Aparat wyżej opisany, jakkolwiek umożliwia odróżnienie sygnału pomiarowego od echa sygnału odbitego od małych wad i nieciągłości obiektu badanego, to jednak posiada istotne wady wynikające z długiego ustalania się wartości sygnału pomiarowego ze względu na zastosowany układ elektroniczny automatycznej regulacji wzmocnienia.

Celem wynalazku jest ulepszenie omówionego aparatu przez wyeliminowanie wzmacniacza z automatyczną regulacją wzmocnienia.

Cel ten został osiągnięty zgodnie z wynalazkiem poprzez realizację zespołu analizatora sygnałów pomiarowych, odbierającego elektryczne sygnały echa z układu wzmacniającego i podającego je naprzemiennie, w odstępach czasowych określonych co drugim taktem pracy za pośrednictwem układu przełączania na wejście detektora szczytowego albo na wejście sygnałowe głównego detektora poziomym. Wejście odniesienia detektora poziomym jest połączone poprzez dzielnik napięciowy z wyjściem detektora szczytowego.

Zespół analizatora sygnału pomiarowego wyposażony jest w dwa przerzutniki bistabilne, tak połączone z opisanymi układami, że z jednego z wyjść pierwszego przerzutnika bistabilnego jest dostarczany sygnał sterujący układem przełączania i jedno z wejść bramki analizatora, której drugie wejście jest połączone z wyjściem znanego przerzutnika monostabilnego urządzenia. Przerzutnik monostabilny steruje pierwszym przerzutnikiem bistabilnym analizatora, a sygnał koincydencji sygnałów wejściowych bramki analizatora jest przekazywany do wejścia kasującego detektora szczytowego, redukując

napięcie na jego wyjściu do wartości bliskiej zeru. Wyjście głównego detektora poziomym jest połączone z jednym z wejść drugiego przerzutnika bistabilnego, którego drugie wejście jest dołączone do drugiego wyjścia pierwszego przerzutnika bistabilnego. Sygnał z tego wyjścia kasuje licznik toru pomiarowego. Sygnał wyjściowy z drugiego przerzutnika bistabilnego zespołu analizatora, zawierający informację o grubości obiektu badanego, jest przekazywany do drugiego wejścia bramki tego toru.

Zespół analizatora sygnałów pomiarowych może być dodatkowo wyposażony w człon kontroli amplitudy sygnału pomiarowego. Stanowi go układ połączeń pomocniczego detektora poziomym, którego wejście sygnałowe jest połączone z wyjściem detektora szczytowego, a wejście odniesienia ze źródłem napięcia progowego. Napięcie to ma tak dobrą wartość, że spadek amplitudy sygnału wyjściowego z detektora szczytowego poniżej tej wartości powoduje powstanie na wyjściu pomocniczego detektora poziomym sygnału blokującego zmianę stanu drugiego przerzutnika bistabilnego oraz uruchamiającego układ sygnalizacji urządzenia.

Zespół analizatora sygnału pomiarowego ma również przewidziane dodatkowe połączenia pomiędzy jednym z wyjść pierwszego przerzutnika bistabilnego a wejściami blokującymi głównego i pomocniczego detektorów poziomym. Blokada obydwu detektorów działa w odstępach czasowych podczas przeprowadzania pomiaru amplitudy sygnału echa przez detektor szczytowy.

Przedmiot wynalazku zostanie bliżej omówiony w oparciu o przykład wykonania urządzenia pokazany na rysunku w schemacie blokowym na fig. 1, natomiast fig. 2 przedstawia przebiegi impulsowe na wyjściach podstawowych bloków układu.

Działanie urządzenia stanowiącego przedmiot wynalazku jest następujące: Generator impulsów 1 synchronizuje impulsowy nadajnik ultradźwiękowy 2, sterujący częścią nadawczą 3 podwójnej głowicy ultradźwiękowej, wprowadzającej do przedmiotu badanego falę akustyczną od strony jego dostępnej ściany. Fala odbita od ściany niedostępnej lub od nieciągłości w materiale obiektu badanego 4 wraca do części odbiorczej 5 głowicy, ulegając w niej przetworzeniu na impuls elektryczny, wzmacniany w układzie wzmacniacza 6 o korzystnie stałym wzmocnieniu. Sygnał z wyjścia wzmacniacza 6 jest doprowadzany do zespołu I analizatora sygnału pomiarowego, to jest bezpośrednio do jego układu przełączania 7. Układ ten co drugi takt pracy przekazuje sygnał elektryczny echa do wejścia detektora szczytowego 8 albo do wejścia sygnałowego głównego detektora poziomym 9.

Detektor szczytowy 8 utrzymuje na swym wyjściu napięcie stałe równe maksymalnej amplitudzie odebranego sygnału echa co najmniej przez dwa kolejne takty nadawcze. W drugim takcie pracy układu przełączania 7 wyjście wzmacniacza 6 jest połączone z wejściem głównego detektora poziomym 9. Sygnał odniesienia tego detektora jest proporcjonalny do maksymalnej amplitudy sygnału echa, ponieważ napięcie wyjściowe detektora szczytowego 8 jest podzielone dzielnikiem napięciowym

10, 11, po czym jest dostarczone na wejście odniesienia głównego detektora poziomu 9. Detektor 9 generuje wówczas impuls oznaczający moment zakończenia pomiaru grubości. Efektywna częstotliwość powtarzania pomiaru jest zatem tylko dwukrotnie mniejsza od częstotliwości powtarzania impulsu nadawczego z generatora 1, bowiem informacje o maksymalnej amplitudzie sygnału są przekazywane do układu na przemian, zgodnie z taktom pracy układu przełączania 7. Oznacza to kilku lub kilkunastokrotne zwiększenie częstotliwości powtarzania pomiaru w stosunku do szybkości pracy znanego aparatu ultradźwiękowego z układem automatycznej regulacji wzmocnienia.

Generator impulsów 1 steruje również w znany sposób przerzutnik monostabilny 12 generujący impulsy o regulowanym czasie trwania, którego opadające zbocze powoduje zmianę stanu pierwszego przerzutnika bistabilnego 13 zespołu I analizatora sygnałów pomiarowych. Zerowanie urządzenia przeprowadza się regulując szerokość impulsu, generowanego przez przerzutnik monostabilny 12. Odbywa się to praktycznie poprzez przyłożenie głowicy do próbki wzorcowej wykonanej z materiału o znanej grubości oraz prędkości rozchodzenia się fali oraz ustawienie wskazań urządzenia dokładnie równych znanej grubości próbki. Pierwszy przerzutnik bistabilny 13 pełni w układzie funkcję podziału przez dwa częstotliwości powtarzania impulsu echa oraz sterowania układu przełączania 7, to jest wyboru naprzemian taktu pomiaru zmian amplitudy tego impulsu oraz taktu pomiaru grubości. Przerzutnik ten kasuje również detektor szczytowy 8 poprzez wprowadzanie sygnału koincydencji z bramki 24 zespołu analizatora. Tym samym sygnał wyjściowy z detektora 8 jest sprowadzany do wartości bliskiej zeru w odstępie czasu przed ponownym taktom pomiaru maksymalnej amplitudy sygnału echa, przez co detektor 8 mierzy i pamięta nie tylko przychodzące na jego wejście zwiększające się, lecz również malejące wartości amplitudy.

Poza tym pierwszy przerzutnik bistabilny 13 pełni takie funkcje, jak kasowanie licznika 17 toru pomiarowego urządzenia oraz zmienia stan drugiego przerzutnika bistabilnego 14, powodując przepuszczanie przez bramkę 15 toru pomiarowego impulsów z generatora zegarowego 16 do licznika 17, zapoczątkowując zliczanie tych impulsów w układzie.

Moment zakończenia zliczania impulsów zegarowych przez licznik 17 odpowiada ściśle momentowi odbioru echa od niedostępnej ściany obiektu badanego 4, lub echa od odpowiednio dużej wady lub nieciągłości w materiale tego obiektu.

W zespole I analizatora sygnału pomiarowego blokowanie głównego i dodatkowego detektorów poziomu 9 i 21 odbywa się poprzez doprowadzenie do ich wejść sygnału blokowania jednego z wyjść pierwszego przerzutnika bistabilnego 13 w odstępach czasowych odpowiadających taktowi pracy zespołu I podczas przeprowadzania pomiaru amplitudy sygnału echa przez detektor szczytowy 8.

Zespół analizatora sygnałów pomiarowych w jego członie II kontroli amplitudy tych sygnałów

realizuje blokadę zmiany stanu drugiego przerzutnika bistabilnego 14 i uruchamia układ sygnalizacji 23 urządzenia wówczas, gdy spadek amplitudy sygnału wyjściowego z detektora szczytowego 8 osiągnie wartość mniejszą od wartości progowej napięcia ze źródła 22 połączonego z wejściem odniesienia pomocniczego detektora poziomu 21. Detektor ten swoim wejściem sygnałowym jest połączony z wyjściem detektora szczytowego 8. Człon kontroli amplitudy umożliwia zatem obsłudze urządzenia odebranie informacji o niewłaściwym sprzężeniu głowicy ze ścianą obiektu badanego, albo o zbyt wielkim tłumieniu materiału tego obiektu.

W znanym torze pomiarowym licznik 17 połączony przykładowo ze wskaźnikiem cyfrowym 19 poprzez pamięć buforową 18 umożliwia dokonanie odczytu na tym wskaźniku 19 tylko w momentach strobowania pamięci krótkotrwałymi impulsami z dzielnika częstotliwości 20 synchronizowanego z generatorem impulsów 1.

Zastosowanie dzielnika częstotliwości 20 obniżającego częstotliwość impulsów z generatora 1 ma ten korzystny skutek, że umożliwia przeprowadzenie prawidłowego optycznego odczytu przez personel obsługujący, nieograniczonego zdolnością rozdzielczą oka. Urządzenia rejestrujące, sygnalizacyjne, bądź nadzorujące włączone na wyjściu licznika 17 nie posiadają tego ograniczenia.

Jak wynika z powyższego, aparat według wynalazku realizuje znacznie szybsze od dotychczas znanych tego typu urządzeń cyfrowych dokonywanie pomiaru grubości elementów wykonanych z materiałów o szerokim zakresie zmian współczynnika tłumienia, zwłaszcza takich, jak blachy i tworzywa sztuczne. Rozwiązanie według wynalazku umożliwia uzyskanie takich zalet, jak prostota obsługi, szeroki zakres wskazań przy dokładności odczytu określonej rozdzielczością licznika, realizacja sygnalizacji przekroczenia zakresu pomiarowego i natychmiastowa gotowość do pracy po włączeniu aparatu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Ultradźwiękowe urządzenie cyfrowe do pomiaru metodą echo-impulsową grubości obiektów jednostronnie dostępnych, wyposażone w generator impulsów sterujący poprzez nadajnik, ultradźwiękowy część nadawczą podwójnej głowicy ultradźwiękowej, której część odbiorcza przekazuje elektryczne sygnały echa poprzez układ wzmacniający do zespołu analizatora sygnału pomiarowego sterowanego dodatkowo z generatora impulsów poprzez przerzutnik jednostabilny, przy czym tor pomiarowy urządzenia stanowi układ połączeń bramki tego toru, której jedno wejście jest sterowane z zespołu analizatora sygnału pomiarowego, drugie wejście z generatora impulsów zegarowych, a sygnał koincydencji sygnałów z tych układów jest dostarczany do licznika kasowanego z zespołu analizatora przekazującego impulsy do zespołu zobrazowania i/lub do zespołu rejestracji bądź oceny wyniku pomiaru, **znamiennie tym**, że zespół analizatora sygnałów pomiarowych (I) jest połączony z układem wzmacniającym (6), z którego

odbiera elektryczne sygnały echa i podaje je naprzemian w odstępach czasowych określonych co drugim taktem pracy za pośrednictwem układu przełączania (7) na wejście detektora szczytowego (8) albo na wejście sygnałowe głównego detektora poziomu (9), którego wejście odniesienia jest połączone poprzez dzielnik napięciowy (10), (11) z wyjściem detektora szczytowego (8), a z jednego z wyjść (b) pierwszego przerzutnika bistabilnego (13) zespołu analizatora (I) jest dostarczany sygnał sterujący układem przełączania (7) i jedno z wejść bramki (24) analizatora (I), której drugie wejście jest połączone z wyjściem przerzutnika monostabilnego (12) urządzenia sterującego pierwszy przerzutnik bistabilny (13) analizatora tak, że sygnał koincydencji sygnałów wejściowych tej bramki jest przekazywany do wejścia kasującego detektora szczytowego (8), redukując napięcie na jego wyjściu do wartości bliskiej zeru, przy czym wyjście głównego detektora poziomu (9) jest połączone z jednym z wejść drugiego przerzutnika bistabilnego (14), którego drugie wejście jest dołączone do drugiego wyjścia (a) pierwszego przerzutnika bistabilnego (13), którego sygnał wyjściowy kasuje licznik (17) toru pomiarowego urządzenia, a sygnał wyjściowy z drugiego przerzutnika (14) analizato-

ra, zawierający informację o grubości obiektu badanego (4) jest dostarczany do drugiego wejścia bramki (15) toru pomiarowego.

2. Ultradźwiękowe urządzenie cyfrowe według zastrz. 1 **znamiennie tym**, że zespół (I) analizatora sygnałów pomiarowych jest dodatkowo wyposażony w człon (II) kontroli amplitudy sygnału pomiarowego, utworzony z układu połączeń pomocniczego detektora poziomu (21), którego wejście sygnałowe jest połączone z wyjściem detektora szczytowego (8), a wejście odniesienia ze źródłem (22) napięcia progowego o takiej wartości, że spadek amplitudy sygnału wyjściowego z detektora szczytowego (8) poniżej tej wartości powoduje powstanie na wyjściu pomocniczego detektora poziomu (21) sygnału blokującego zmianę stanu drugiego przerzutnika bistabilnego (14) oraz uruchamiającego układ sygnalizacji (23) urządzenia.

3. Ultradźwiękowe urządzenie cyfrowe według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że jedno z wyjść pierwszego przerzutnika bistabilnego (13) analizatora steruje wejścia blokady głównego i pomocniczego detektorów poziomu (9), (21) zespołu analizatora (I) sygnałów pomiarowych w odstępach czasowych przeprowadzania pomiaru amplitudy sygnału echa przez detektor szczytowy (8).

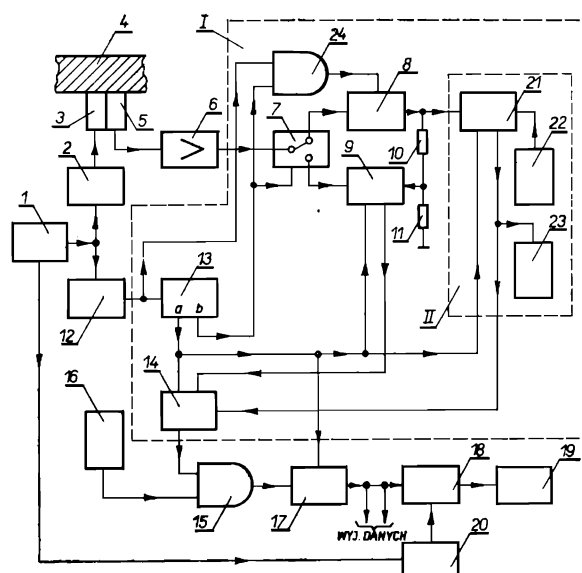


FIG. 1

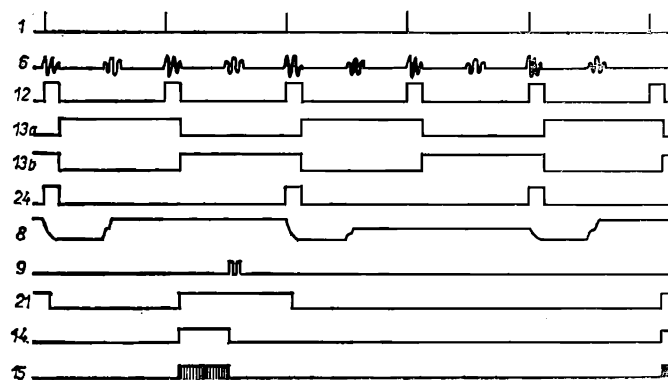


FIG. 2