



Patent dodatkowy  
do patentu \_\_\_\_\_

Zgłoszono: 18. X. 1965 (P 112 252)

Pierwszeństwo: \_\_\_\_\_

Opublikowano: 25. I. 1968

Kl. 42 g, 1/01

MKP G 01 h

UKD

3/04

Twórca wynalazku: prof. dr inż. Zenon Jagodziński

Właściciel patentu: Politechnika Gdańska (Katedra Radionawigacji),  
Gdańsk (Polska)

**Sposób pomiaru rozkładu pola ultradźwiękowego lub  
akustycznego metodą modulacji częstotliwości i urządzenie  
do stosowania tego sposobu**

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób pomiaru rozkładu pola ultradźwiękowego lub akustycznego metodą modulacji częstotliwości oraz urządzenie do stosowania tego sposobu.

Sposób ten pozwala na pomiar charakterystyk kierunkowych przetworników ultradźwiękowych w zwykłym zbiorniku o ściankach niepochłaniających, a także na pomiar względnego natężenia fali odbitej w zbiorniku sztucznym lub naturalnym (morze, jezioro, itp.), pomiar współczynnika odbicia i inne pomiary, w których istotnym wymaganiem jest wyodrębnienie fali, dochodzącej do przetwornika odbiorczego po określonej drodze. Umożliwia to rozwiązanie znanych trudności, jakie nastręcza konstrukcja ścian zbiornika, gdy wykładziny tłumiące muszą zapewnić dostatecznie silne tłumienie odbić. Umożliwia także pomiary propagacji fal w zbiornikach naturalnych, takich jak morza, jeziora i rzeki, oraz pomiary na fali ciągłej akustycznej właściwości wnętrza.

Pomiary rozkładu pola ultradźwiękowego dotychczas dokonywano w zbiornikach o bezodbiciowych ściankach przy pomocy urządzeń składających się z przetwornika nadawczego zasilanego z generatora o niemodulowanej częstotliwości i przetwornika odbiorczego, do którego dołączono wzmacniacz odbiorczy z wskaźnikiem poziomu odbieranego sygnału. Główną wadą stosowanych sposobów pomiaru i urządzeń do pomiaru rozkładu pola ultradźwiękowego jest konieczność stosowania

2

zbiornika o bezodbiciowych ściankach. Wykonanie takiego zbiornika jest sprawą trudną i kosztowną.

Poza tym dotychczasowe urządzenia nie umożliwiają pomiaru rozkładu pola w zbiornikach o niepochłaniających ściankach (zbiornikach naturalnych) ze względu na istnienie odbić. Celem wynalazku jest opracowanie sposobu pomiaru rozkładu pola ultradźwiękowego lub akustycznego metodą modulacji częstotliwości, umożliwiającego dokonywanie pomiarów w zbiornikach o niepochłaniających ściankach, oraz urządzenia do stosowania tego sposobu.

Cel ten został osiągnięty przez porównanie w mieszczeniu sygnału promieniowanego, z sygnałem odebranym przez przetwornik odbiorczy i wzmocnionym we wzmacniaczu. Sygnał o częstotliwości dudnień odpowiadającej żądanej drodze fali bezpośredniej lub odbitej zostaje podany na wskaźnik poziomu.

Wynalazek zostanie bliżej objaśniony na przykładzie wykonania przedstawionym na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia zasadę pomiaru, fig. 2 ilustruje powstawanie stałej częstotliwości dudnień  $f_d$ , fig. 3 przedstawia wzajemne usytuowanie w zbiorniku przetwornika nadawczego N, przesłony P i przetwornika odbiorczego R, fig. 4 ilustruje powstawanie odbić w zbiorniku, fig. 5 przedstawia schemat blokowy uproszczonego urządzenia do pomiaru rozkładu pola ultradźwiękowego, fig. 6 przedstawia schemat jednego stopnia dwukrotnego po-

wielacza, fig. 7 przedstawia przykładowo charakterystykę kierunkową przetwornika pomierzoną przy pomocy układu przedstawionego na fig. 5, fig. 8 przedstawia schemat blokowy urządzenia według wynalazku.

Urządzenie przedstawione na fig. 1 składa się z dwóch przetworników ultradźwiękowych — nadawczego **N** i odbiorczego **R** umieszczonych w odległości  $d_0$  w zbiorniku **Z** posiadającym nie wytłumiające ścianki. Przetwornik nadawczy **N** jest zasilany z generatora **G** sygnałem, którego częstotliwość jest zmodulowana przebiegiem liniowym, na przykład piłokształtnym lub trójkątnym. Zmiany częstotliwości ilustruje fig. 2, na której  $f_0$  oznacza częstotliwość nośną generatora,  $f_N$  — chwilową częstotliwość nadawaną,  $f_R$  — chwilową częstotliwość odbieraną. Przy takiej modulacji chwilowa wartość częstotliwości odbieranej przez przetwornik odbiorczy **R** jest opóźniona w stosunku do częstotliwości promieniowanej  $f_N$  o czas  $t_d$  odpowiadający przebytej przez falę drodze  $d$ , co wyraża się wzorem

$$t_d = \frac{d}{c}; \text{ gdzie } c — \text{prędkość fali.}$$

Po wzmocnieniu we wzmacniaczu **W** sygnał o częstotliwości  $f_R$  zostaje zmieszany w mieszaczu **M** z sygnałem o częstotliwości promieniowanej  $f_N$ . W wyniku mieszania powstaje sygnał o częstotliwości dudnień  $f_d$  wyrażającej się wzorem

$$f_d = k \frac{M}{c \cdot t_m} d$$

gdzie  $M$  — odchyłka częstotliwości generatora, spowodowana modulacją,

$t_m$  — okres modulacji częstotliwości,

$k$  — współczynnik zależny od kształtu przebiegu modulującego,

$c$  — prędkość fali,

$d$  — droga przebyta przez falę.

Przy stałych parametrach modulacji  $k$ ,  $M$ , i  $t_m$  częstotliwość dudnień  $f_d$  jest liniową funkcją odległości  $d$ . Częstotliwość ta jest wyodrębniona dla żądanej drogi za pomocą filtru (najlepiej wąskopasmowego) **Fd**. Wtedy sygnał na wyjściu filtru odpowiada wyłącznie fali dochodzącej po wybranej drodze, a wpływ innych fal, którym odpowiadają inne drogi, zostaje wyeliminowany. Z powyższej zasady wynika szereg możliwości pomiarowych.

Jeżeli wybraną drogą  $d$  jest droga najkrótsza — bezpośrednia  $d_0$ , to układ umożliwia pomiar charakterystyki kierunkowej. Gdy jeden z przetworników jest obracany, wielkość sygnału na wyjściu filtru jest proporcjonalna do wartości charakterystyki kierunkowej w funkcji kąta obrotu. Jeżeli w tych warunkach między przetworniki zostanie włożona przesłona **P** (fig. 3), stosunek sygnału z przesłoną do sygnału bezpośredniego jest miarą tłumienia wprowadzonego przez przesłonę. W ten sposób można mierzyć wpływ, na przykład, obudowy przetwornika na wielkość i charakterystykę kierunkową sygnału.

Przez odpowiednie dobranie parametrów modulacji **M** i  $t_m$  lub przez dostrojenie filtru można mierzyć względne natężenie sygnału po dowolnej innej drodze.

Na przykład, w przypadku pomiaru fali odbitej przedstawionego na fig. 4 parametry układu muszą być dopasowane do częstotliwości  $f_d$  odpowiadającej drodze

$$d = d' + d''$$

Przedstawiona na fig. 4 zasada umożliwia pomiary fal odbitych w zbiornikach sztucznych lub naturalnych (morze, jeziora itp.), a także może być wykorzystana w akustyce dla pomiaru akustycznych właściwości pomieszczeń. Opisana metoda pomiaru posiada pewne ograniczenia. Częstotliwość modulacji musi być znacznie niższa od częstotliwości dudnień

$$f_m = \frac{1}{t_m} f_d$$

Zmiana częstotliwości **M** musi być dostatecznie mała ze względu na pasmo przenoszenia przetwornika, a ponadto zmiana ta nie może wprowadzać wyraźnej zmiany długości fali, gdyż spowoduje to błędy przy pomiarze charakterystyki kierunkowej.

Szerokość pasma filtru **Fd**, odległość  $d_0$  oraz geometria zbiornika powinny być tak dobrane, aby uzyskać dogodną dla pomiaru częstotliwość dudnień, przy równoczesnej możliwości wyodrębnienia częstotliwości dudnień, odpowiadającej żądanej drodze  $d$ .

Spełnienie powyższych warunków nastręcza pewne trudności, zwłaszcza na częstotliwościach akustycznych i częstotliwościach ultradźwiękowych poniżej ok. 50 kHz. Trudności te usuwa układ przedstawiony na fig. 5.

Układ pokazany na fig. 5 różni się tym od układu pokazanego na fig. 1, że częstotliwości z generatora **G** i wzmacniacza **WK** są przed zmieszaniem w mieszaczu **Mx** powielone  $n$ -krotnie w powielaczu **Pn**. Wzór na częstotliwość dudnień przyjmuje postać

$$f_d = \frac{k M}{t_m c} n d; \text{ gdzie } n\text{-krotność powielenia.}$$

W tym układzie dobranie odpowiednich parametrów modulacji nie nastręcza trudności.

Ze względu na nieliniowość charakterystyk powielaczy **Pn**, dogodniejszy jest tutaj pomiar względnego natężenia pola za pomocą wzmacniacza kalibrowanego **WK** przy stałym poziomie sygnału na wyjściu filtru **Fd**. W powielaczach nie można oczywiście wprowadzać obcinania sygnału, gdyż powoduje to znaczne błędy. Odpowiednimi są kaskadowe układy powielaczy dwu-krotnych, oparte na prostowaniu dwupołwkowym. Pojedynczy stopień takiego powielacza został przedstawiony na fig. 6, na której przez  $f$  oznaczono obwód rezonansowy nastrojony na częstotliwość podstawową a przez  $2f$  obwód nastrojony na drugą harmoniczną.

Fig. 7 przedstawia przykładowo charakterystykę kierunkową przetwornika ultradźwiękowego o częstotliwości rezonansowej 63 kHz, zmierzoną przy pomocy układu przedstawionego na fig. 5, w zbior-

niku o gładkich betonowych ścianach  $H$  oznacza znormalizowane natężenie pola a  $v$  kąt między normalną do powierzchni przetwornika a linią łączącą przetwornik nadawczy z odbiorczym.

Układ przedstawiony na fig. 6 nadaje się do pomiarów na pojedynczej częstotliwości, do której są dostrojone powielacze  $Pn$ . Przestrzeganie powielaczy jest niedogodne ze względu na dość dużą ilość obwodów. Pracę w określonym zakresie częstotliwości umożliwia układ przedstawiony na fig. 8.

W układzie tym zastosowano przemianę częstotliwości. Sygnał z oscylatora  $0$  jest mieszany w mieszaczach  $Mx_2$  i  $Mx_3$  z sygnałem promieniowanym i odbieranym. W wyniku przemiany powstaje stała częstotliwość pomiarowa, która po powieleniu w powielaczach  $Pn$  zostaje doprowadzona do mieszacza  $Mx_1$  i filtru  $Fd$ , do którego jest dołączony wskaźnik poziomu  $I$ .

Jeżeli przełącznikiem  $W_1$  zewrzymy mieszacze  $Mx_2$  i  $Mx_3$  otrzymamy układ z fig. 5, jeżeli dodatkowo zewrzymy przełącznikiem  $W_2$  powielacze  $Pn$  otrzymany układ nie będzie się różnić od układu przedstawionego na fig. 1. Zastosowanie przemiany częstotliwości ułatwia wykorzystanie omawianej metody w zakresie częstotliwości akustycznych.

#### Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób pomiaru rozkładu pola ultradźwiękowego lub akustycznego metodą modulacji częstotliwości **znamienny tym**, że sygnał odebrany za pomocą przetwornika odbiorczego ( $R$ ) po

wzmocnieniu we wzmacniaczu ( $W$ ) porównuje się z sygnałem promieniowanym przez przetwornik nadawczy ( $N$ ) w mieszaczu ( $Mx_1$ ) a wytworzoną w mieszaczu częstotliwość dudnień, odpowiadającą żądanej drodze fali bezpośredniej lub odbitej, wyodrębnia się za pomocą filtru ( $Fd$ ) i doprowadza do wskaźnika poziomu ( $I$ ).

2. Sposób pomiaru według zastrz. 1, **znamienny tym**, że częstotliwość promieniowaną ( $f_N$ ) i częstotliwość odbieraną ( $f_R$ ) przed zdudnieniem w mieszaczu ( $Mx_1$ ) powiela się za pomocą powielaczy ( $Pn$ ).
3. Sposób pomiaru według zastrz. 1 i 2 **znamienny tym**, że przed powieleniem obie częstotliwości promieniowaną ( $f_N$ ) i odbieraną ( $f_R$ ), poddaje się przemianie, dającej stałą częstotliwość pomiarową, co umożliwia pomiary w zakresie częstotliwości określonym zakresem heterodyny.
4. Urządzenie do stosowania sposobu według zastrz. 1—3, w którym wyjście generatora o modulowanej częstotliwości oraz wzmacniacza kalibrowanego załączone są na układ pomiarowy **znamienny tym**, że zawiera obwód przemiany częstotliwości, składający się z oscylatora lokalnego ( $0$ ) oraz dwóch mieszaczy ( $Mx_2$ ) i ( $Mx_3$ ), których wyjścia poprzez powielacze częstotliwości ( $Pn$ ) są załączone na mieszacz ( $Mx_1$ ), który poprzez filtr ( $Fd$ ) steruje wskaźnik poziomu ( $I$ ), przy czym układ przemiany częstotliwości i powielacze mogą być wyłączane za pomocą wyłączników ( $W_1$  i  $W_2$ ).

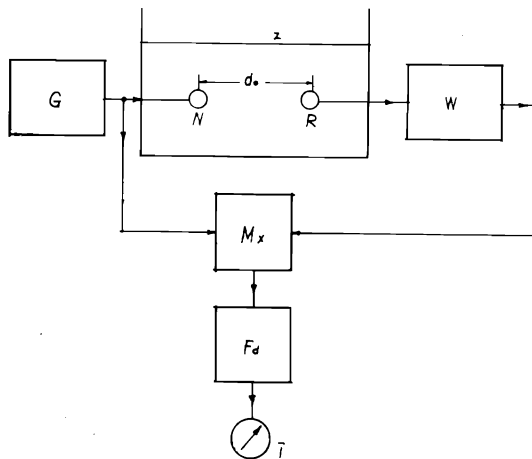


fig 1

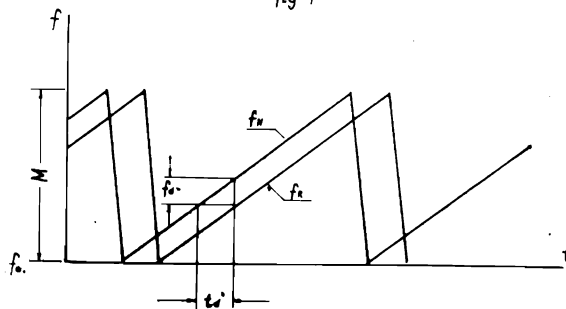


fig 2

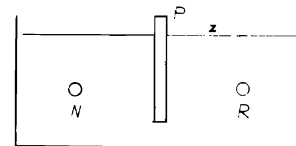


fig 3

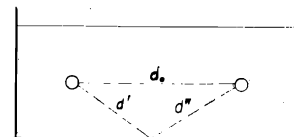


fig 4

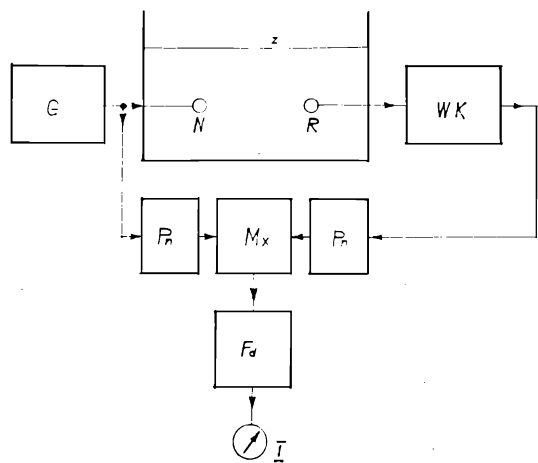


fig 5

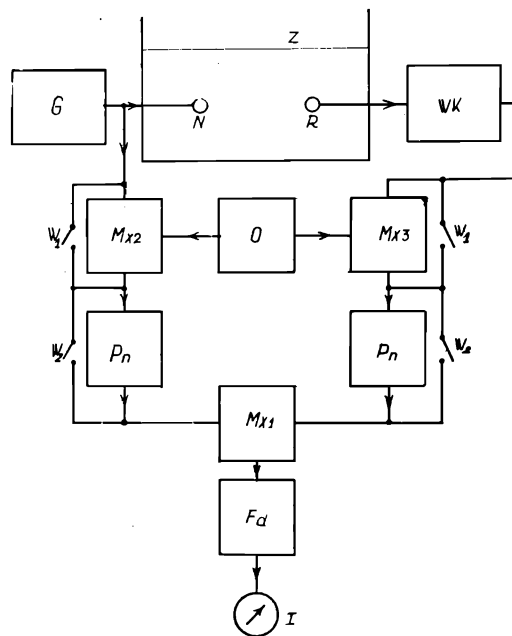


fig 8

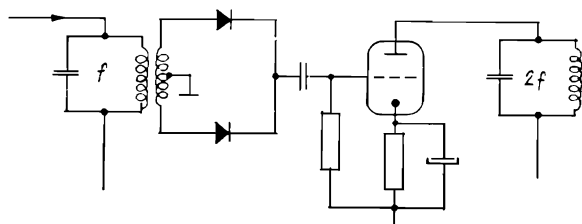


fig 6

CZYTELNIA  
Urzedu Patentowego

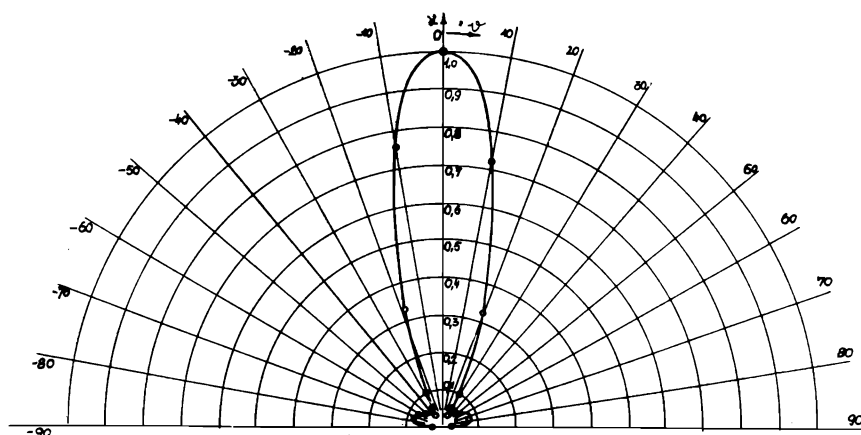


fig 7