

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

49005

601s 9/04

Patent dodatkowy
do patentu

Zgłoszono: 09.III.1963 (P 100 966)

Pierwszeństwo:

Opublikowano: 15.II.1965

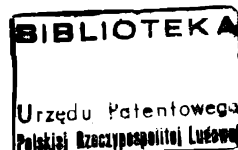
Kl. 21a⁴, 48/62

MKP H 04 p

UKD

Współtwórcy wynalazku: Stanisław Sławiński, Mieczysław Demczuk

Właściciel patentu: Politechnika Warszawska (Katedra Radiolokacji),
Warszawa (Polska)



Sposób pomiaru przesunięcia fazy metodą zerową oraz układ dalmierza mikrofalowego do stosowania tego sposobu

1

Przedmiotem wynalazku jest zerowa metoda pomiaru przesunięcia fazy sygnału wzorcowego o częstotliwości f , rozchodzącego się w przestrzeni oraz służący do realizacji tego sposobu układ dalmierza mikrofalowego do bezpośredniego pomiaru odległości geodezyjnych z dokładnością 10^{-5} .

Inne metody radiowe tego typu opierają się na pomiarze przesunięcia fazy określonej częstotliwości wzorcowej w urządzeniu zwanym fazomierzem, natomiast sposób według wynalazku polega na tym, że jest to metoda zerowa, tzn., że całkowite przesunięcie fazowe fali wzorcowej jest wielokrotnością kąta π .

Pomiar przesunięcia fazowego według tego sposobu sprowadza się do dobrania takiej częstotliwości wzorcowej f , że na mierzonej odległości l układu się całkowita wielokrotność zmian kąta π . Określenie takiej częstotliwości zwane równoważeniem układu oznacza, że na mierzonej odległości układu się całkowita ilość odcinków o długości $\frac{1}{4}$ fali wzorcowej rozchodzącej się wzdłuż mierzonego odcinka. Ilość tych odcinków określa się z dwu kolejnych częstotliwości, przy których następuje zrównoważenie się układu.

Sposób pomiaru odległości według wynalazku ma tę zaletę, że zmniejsza o dwa rzędy wielkości błąd pomiaru fazy w porównaniu z innymi metodami radiowymi tego typu, dającymi dokładność rzędu 2° oraz eliminuje wpływ przesunięć fazowych układów elektronicznych urządzenia na dokładność

2

5 pomiaru. Metoda według wynalazku wymaga stosowania identycznej częstotliwości wzorcowej f w dwu częściach urządzenia, ustawionych nad punktami pomiarowymi. Dokładność pomiaru odległości określona jest tu dokładnością określenia częstotliwości zrównoważenia układu f .

Sposób pomiaru według wynalazku i układ dalmierza mikrofalowego do realizacji tego sposobu zostaną objaśnione na podstawie rysunku.

10 Na fig. 1 jest przedstawiony schemat blokowy urządzenia pomiarowego, na fig. 2 — rozkład widmowy sygnałów mikrofalowych F_A i F_B , zmodulowanych w częstotliwości sygnałem wzorcowym f , na fig. 3 jest przedstawiony w postaci zredukowanej wykres amplitudy sygnału o częstotliwości pośredniej $U(x)$ w zależności od opóźnienia fazowego X jakiego doznaje fala przy przejściu mierzonej odległości l , a na fig. 4. jest pokazany w postaci zredukowanej przebieg sygnału pośredniej częstotliwości po detektorach D_A i D_B , powstały w wyniku kluczowania fazy początkowej φ_2 wzorcowego sygnału modulującego f w Stacji B.

25 Układ pomiarowy według fig. 1 składa się z dwu części A i B, zwanych stacjami, ustawionych odpowiednio na końcach mierzonego odcinka. Każda z części układu pomiarowego posiada nadajniki mikrofalowe N_A i N_B w paśmie X . Mikrofalowe sygnały nośne F_A i F_B modulowane są w częstotliwości sygnałem wzorcowym f przy czym stacja A posiada przestrajany generator G_A , a stacja B zawiera

synfazowany z G_A generator G_B , którego częstotliwość i faza, korygowane są automatycznie.

Obie stacje urządzenia zaopatrzone są w anteny paraboliczne. Przy skierowaniu anten tak, aby kierunek promieniowania energii był równoległy do linii łączącej punkty pomiarowe A i B, każda ze stacji wysyła własny sygnał w kierunku drugiej stacji. Systemy nadawczo odbiorcze urządzenia są tak wykonane, że na każdy z mieszaczy mikrofalowych M_A i M_B , dzięki zastosowaniu cyrkulatorów ferrytowych C_A i C_B , dostaje się część mocy sygnału własnego oraz sygnał przychodzący od drugiej stacji, opóźniony o czas τ jaki zużywa fala elektromagnetyczna na przejście mierzonego odcinka AB.

Wzmacniacze W_A i W_B służą do wydzielenia i wzmożenia sygnału o częstotliwości przemiany; D_A i D_B są detektorami amplitudy a S_A i S_B wskaźnikami równowagi układu.

Na fig. 2 jest przedstawiony rozkład widmowy sygnałów mikrofalowych F_A i F_B zmodulowanych w częstotliwości sygnałem wzorcowym f . Wskaźniki modulacji częstotliwości dobiera się tak, że widmo FM każdej stacji praktycznie ogranicza się do częstotliwości nośnej oraz dwu prążków bocznych.

Różnicę częstotliwości nośnych tj. częstotliwość pośrednią f_p , wzorcowy sygnał modulujący oraz pasmo przenoszone przez wzmacniacze częstotliwości pośredniej W_A i W_B dobiera się w taki sposób, że w wyniku przemiany sygnałów zmodulowanych (fig. 2) wzmacniacze przenoszą jedynie trzy kombinacje prążków widma FM tj.: częstotliwość różnicową nośnych F_A i F_B , częstotliwość różnicową górnych wstęg $(F_A + f)$ i $(F_B + f)$ oraz częstotliwość różnicową dolnych wstęg $(F_A - f)$ i $(F_B - f)$.

W wyniku takiej przemiany sygnałów FM z każdej z wyżej wymienionych kombinacji prążków powstaje sygnał o częstotliwości pośredniej $F_B - F_A = f_p$.

Po zsumowaniu tych prążków uzyskuje się to, że wypadkowa amplituda sygnału o częstotliwości pośredniej jest cosinusoidalną funkcją przesunięcia fazy częstotliwości wzorcowej f na mierzonej odległości AB i jest określona wzorem:

$$U(x) = U_p (1 + m \cos x)$$

gdzie U_p — amplituda sygnału pośredniej częstotliwości przy braku modulacji FM sygnałów nośnych; m — współczynnik stały zależny od wielkości wskaźników modulacji sygnałów F_A i F_B ; $x = \omega\tau$ — opóźnienie fazowe fali wzorcowej f na mierzonej odległości, przy tym τ jest opóźnieniem czasowym fali elektromagnetycznej na mierzonej odległości AB = l a ω jest pulsacją sygnału modulującego.

Na fig. 3 są pokazane wartości amplitudy sygnału o częstotliwości pośredniej f_p na wyjściu wzmacniaczy W_A i W_B w zależności od opóźnienia fazowego x .

Sygnał o częstotliwości pośredniej f_p poddawany jest detekcji na detektorach D_A i D_B , w wyniku której uzyskuje się składową stałą $U_c(x)$ proporcjonalną do $U(x)$.

Na fig. 4 krzywa a przedstawia przebieg składowej stałej $U_c(x)$ w funkcji zmian kąta fazowego

x , natomiast krzywa b — przebieg składowej stałej dla wartości x zmienionej o π . Pokazana tu jest także postać składowej stałej na wyjściu detektorów D_A i D_B tj. $U_{wyj} \sim$ w przypadku kluczowania fazy początkowej φ_2 o wartości π , sygnału wzorcowego f modulującego nadajnik N_B w stacji B. Zmianom fazy φ_2 o kąt π odpowiada zmiana wartości składowej stałej (przejście z krzywej a na krzywą b, fig. 4).

Dla odpowiednich więc półokresów kluczowania fazy oraz dowolnej wartości $x = x_1$ także wartość składowej stałej $U_c(x)$ zmieniać się będzie z częstotliwością kluczowania fazy, realizowanego za pomocą klucza K_B (fig. 1). Amplituda zmian składowej stałej w obu stacjach ma wartość $mU_p \cdot \cos x$ i jest równa zero dla $\cos x = 0$ tzn. gdy

$$x = (2n + 1) \frac{\pi}{2}$$

gdzie $n = 1, 2, 3, \dots$ itd., jest liczbą naturalną różną dla każdej stacji, przy tym równocześnie równość zera amplitudy zmian składowej stałej $U_c(x)$ w obu częściach urządzenia, zwaną dalej równoważeniem układu, uzyskuje się przez dobranie w Stacji A wzorcowej częstotliwości modulującej f , generatora G_A oraz w Stacji B przez skorygowanie fazy początkowej φ_2 synfazowanego generatora G_B .

Sposób pomiaru według wynalazku polega na dobraniu mikrofalowych częstotliwości nośnych F_A i F_B , tak aby ich różnica równała się częstotliwości pośredniej f_p , następnie na włączeniu napięć modulujących f generatora G_A w Stacji A oraz generatora G_B w Stacji B, odpowiednio synfazowanego z generatorem G_A , oraz na dostrojeniu generatora G_A do takiej wzorcowej częstotliwości modulującej f_0 , przy której następuje równoważenie części A urządzenia, przy tym generator G_B synfazuje się automatycznie i tak koryguje fazę początkową φ_2 , że również równoważy się część B urządzenia.

Mierzoną odległość określa wówczas wzór

$$l = n_0 \frac{\lambda_0}{4}$$

gdzie λ_0 — długość wzorcowej fali modulującej przy zrównoważeniu obu części urządzenia, n_0 —

liczba naturalna, określająca ilość odcinków $\frac{\lambda_0}{4}$ układających się na mierzonej odległości l , którą można wyznaczyć przez określenie najbliższej częstotliwości f_0 przy której następuje ponowne zrównoważenie układu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób pomiaru przesunięcia fazy częstotliwości wzorcowej modulującej w częstotliwości sygnały nośne obu części urządzenia, ustawionych na krańcach mierzonego odcinka, **znamienny tym**, że w części (A) i (B) urządzenia, stosuje się identyczną wzorcową częstotliwość modulującą, oraz kluczowanie fazy początkowej sygnału wzorcowego w stacji (B) równoważące się automatycznie na zerową wartość zmian składowej stałej $[U_c(x)]$, przy czym określenie liczby odcinków (n_0) o długości ćwierci fali pomiarowej ($\lambda_0/4$)

uzyskuje się w wyniku wyznaczenia kolejnych częstotliwości równoważenia obu części urządzenia.

2. Układ dalmierza mikrofalowego do stosowania sposobu według zastrz. 1, składający się z dwu części, z których każda zawiera nadajnik mikro-

falowy w paśmie X, układ mikrofalowy wraz z cyrkulatorem i mieszacem oraz wzmacniacz, **znamienny tym**, że posiada przestrajany generator wzorcowy (G_A) oraz synfazowany generator (G_B), którego częstotliwość ma okresowo zmieniającą się fazę początkową (φ_2).

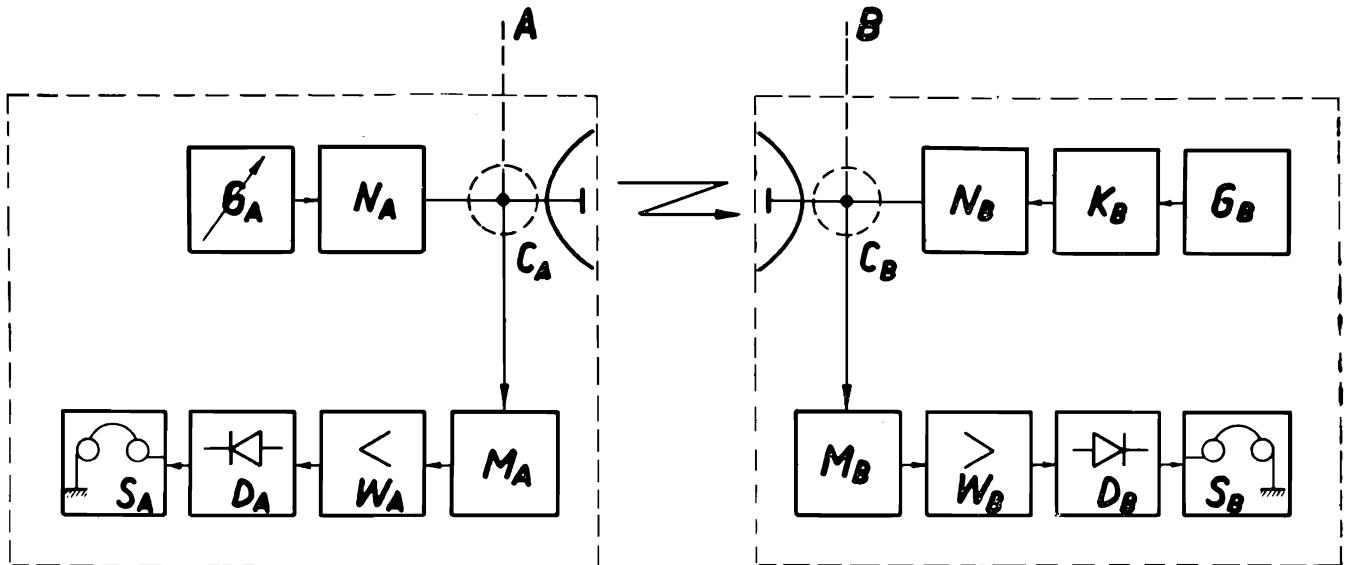


Fig. 1

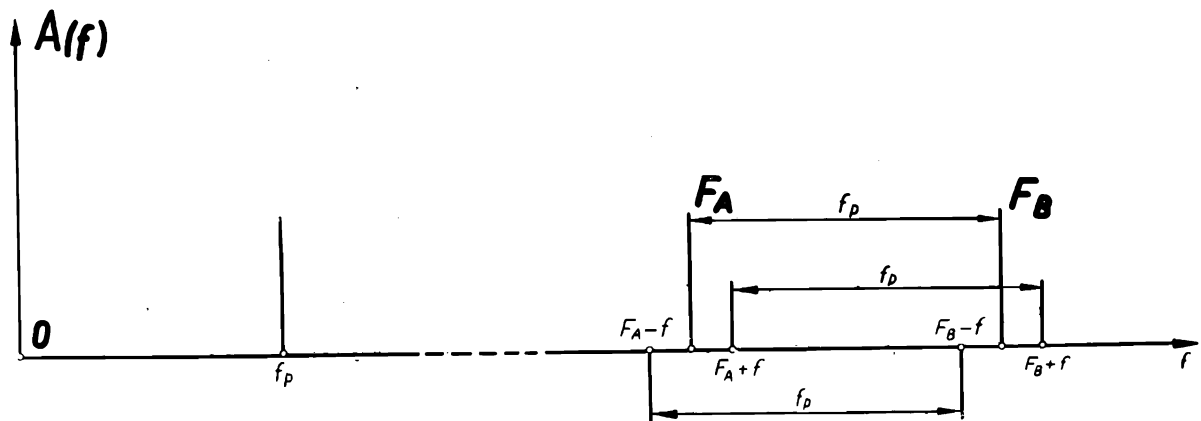


Fig. 2

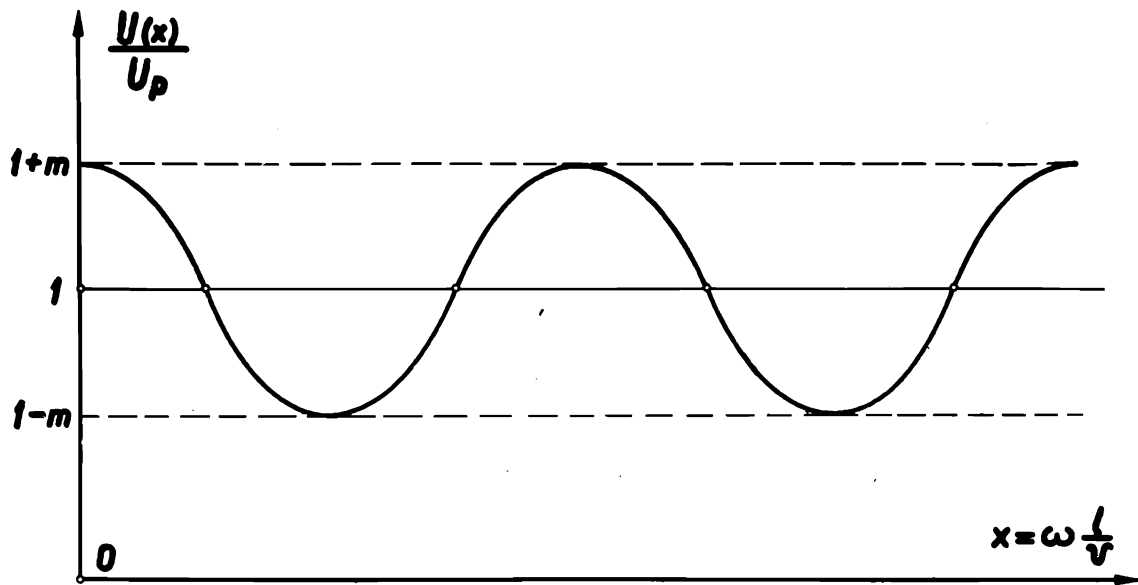


Fig. 3

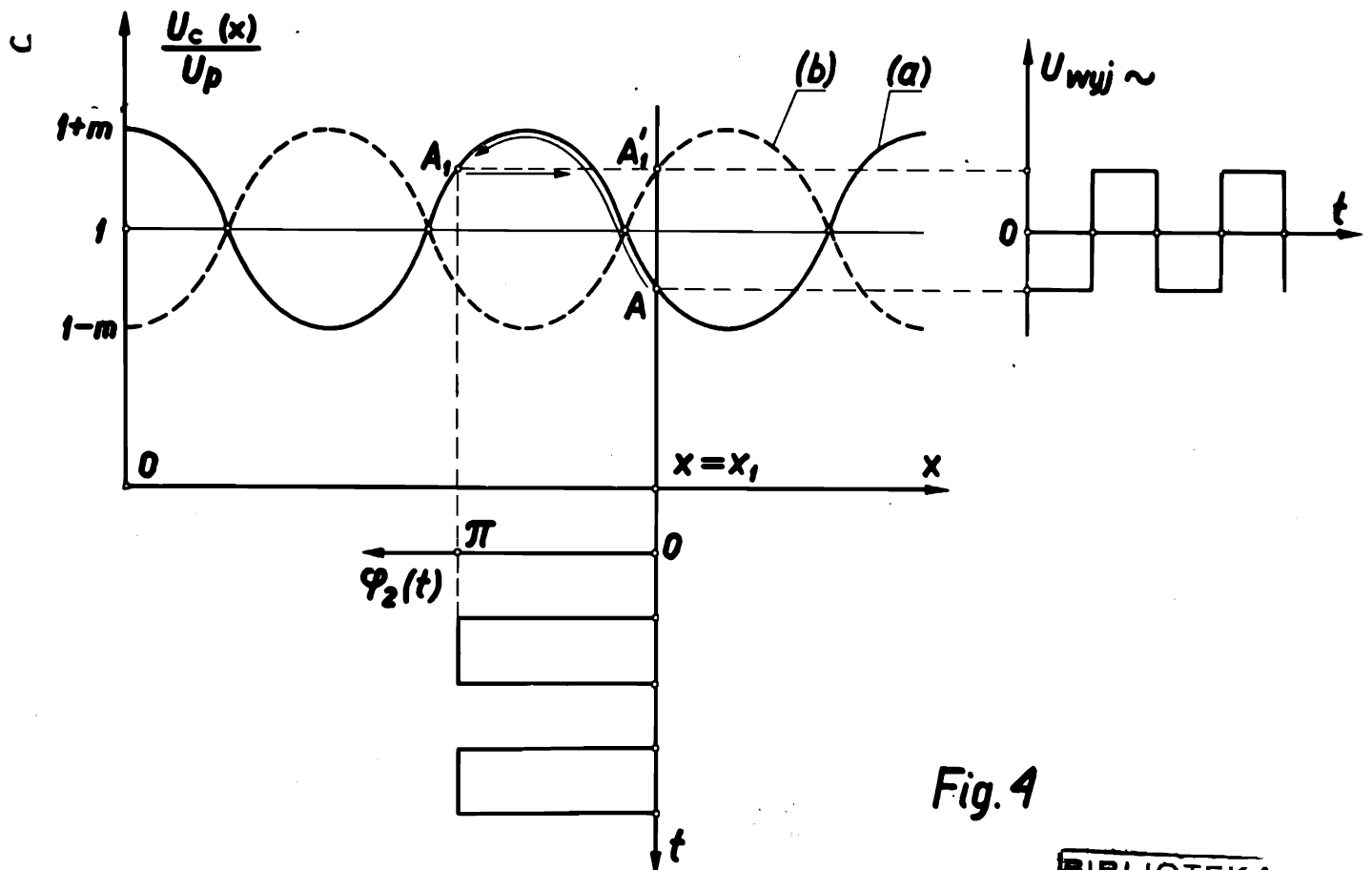


Fig. 4