



Patent dodatkowy
do patentu _____

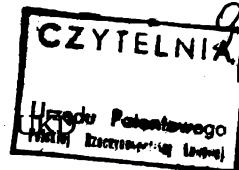
Zgłoszono: 07.X.1965 (P 111 128)

Pierwszeństwo: _____

Opublikowano: 20.III.1968

Kl. 21 a⁴, 48/61

MKP G 01 s 1



Twórca wynalazku: dr inż. Andrzej Lizoń

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

Sposób symulacji sygnału odbieranego w radarach doplerowskich oraz urządzenie do stosowania tego sposobu

1

Wynalazek dotyczy sposobu symulacji niefluktującego sygnału odbieranego w radarach doplerowskich, odbitego od punkowego obiektu poruszającego się względem radaru oraz urządzenia przeznaczonego do symulacji tego sygnału.

Sygnał odbierany posiada częstotliwość nieznacznie różniącą się od częstotliwości sygnału nadajnika (na przykład o wartość równą $10^{-6} \div 10^{-8}$ częstotliwości nadajnika). Różnica częstotliwości tych sygnałów zwana częstotliwością doplerowską jest miarą prędkości odbijającego obiektu względem radaru. Przy badaniach radarów doplerowskich istotne jest wytworzenie takiego sygnału w warunkach laboratoryjnych przy czym wymagana jest dokładna znajomość jego częstotliwości doplerowskiej oraz amplitudy (lub mocy).

Sygnał taki można by wytworzyć w wyniku idealnej modulacji jednowstęgowej sygnału nadajnika badanego radaru przyjmując częstotliwość sygnału modulującego równą pożądanej częstotliwości doplerowskiej. W praktycznym układzie modulacji jednowstęgowej uzyskany sygnał „symulujący” oprócz pożądanej składowej posiada także częściowo stłumioną falę nośną oraz drugą wstęgę boczną. Tłumienia tych składowych nie można powiększyć w wyniku filtracji. Poziom ich zależy jedynie od stopnia zrównoważenia układu modulującego. Znaczne ich stłumienie sprawia w praktyce wiele trudności i wymaga stosowania złożonych układów modulacji.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu symu-

2

lacji sygnału odbieranego, który umożliwia wytworzenie w bardzo prostym układzie sygnału innego niż sygnał odbierany, lecz dającego w radarze identyczny wynik końcowy. Zasada takiej symulacji sygnału odbieranego zostanie wyjaśniona na przykładzie najprostszego radaru o fali ciągłej, w którym częstotliwość doplerowska wyodrębniona jest na wyjściu pierwszego mieszacza.

Istotą sposobu według wynalazku jest wytwarzanie sygnału symulującego w wyniku sinusoidalnej modulacji fazy sygnału nadajnika badanego radaru z częstotliwością równą pożądanej częstotliwości doplerowskiej i ze znaną dewiacją fazy znacznie mniejszą od jedności oraz w wyniku przesunięcia w fazie tak uzyskanego sygnału średnio o około $\frac{\pi}{2}$ względem sygnału nadajnika podawanego jednocześnie do mieszacza radaru przy czym to przesunięcie fazy ustawione jest na maksimum sygnału powstającego na wyjściu tego mieszacza.

Przedmiot wynalazku wyjaśnia rysunek, na którym fig. 1 przedstawia sposób powstawania sygnału wypadkowego na wejściu mieszacza przy odbiorze sygnału, fig. 2 — sposób powstawania sygnału wypadkowego na wejściu mieszacza przy podaniu sygnału symulującego, fig. 3 — budowę urządzenia do wytwarzania sygnału symulującego wykonanego na falowodach, fig. 4 — budowę głowicy modulującej w fazie.

Sposób wydzielania sygnału o częstotliwości do-

plerowskiej w najprostszym radarze o fali ciągłej można wyjaśnić następująco: Na mieszacz podawane jest jednocześnie napięcie sygnału pochodzącego wprost z nadajnika radaru U_n oraz napięcie sygnału odbieranego U_o , przy czym $U_o \ll U_n$. Obwiednia napięcia wypadkowego U_{wy} zmienia się wówczas sinusoidalnie z częstotliwością różnicową sygnałów składowych. Amplituda zmian tej obwiedni równa jest amplitudzie sygnału odbieranego, częstotliwość natomiast równa jest częstotliwości doplerowskiej odbieranego sygnału. Zmiany obwiedni sygnału wypadkowego przekształcane są na wyjściu mieszacza w napięcie sinusoidalne o amplitudzie proporcjonalnej do amplitudy zmian obwiedni i o częstotliwości równej częstotliwości tych zmian.

Identyczne zmiany obwiedni sygnału wypadkowego na wejściu mieszacza można uzyskać, jeśli w miejsce sygnału odbieranego o częstotliwości nieznacznie różniącej się od częstotliwości nadajnika podany zostanie sygnał symulujący o częstotliwości dokładnie równej częstotliwości nadajnika zmodulowany w fazie sinusoidalnie z dewiacją fazy $\Delta\varphi$ znacznie mniejszą od jedności. Sposób powstawania wówczas sygnału wypadkowego pokazany jest na fig.2. Jeśli amplituda sygnału symulującego U_s jest znacznie mniejsza od amplitudy napięcia podawanego z nadajnika U_n , wypadkowy sygnał posiada wówczas obwiednię zmieniającą się sinusoidalnie z częstotliwością modulacji sygnału symulującego. Amplituda zmian obwiedni zależy od amplitudy sygnału symulującego U_s , dewiacji fazy tego sygnału $\Delta\varphi$ oraz od średniej różnicy faz φ_0 sygnału symulującego i sygnału nadajnika. Maksymalna amplituda zmian obwiedni wystąpi dla φ_0 równego w przybliżeniu.

$$\varphi_0 \approx \frac{\pi}{2} \pm k\pi \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

i wynosi

$$U_s \Delta\varphi.$$

Jeśli częstotliwość modulacji równa będzie požądanej częstotliwości doplerowskiej, obwiednia wypadkowego sygnału zmieniać się będzie identycznie, jak w przypadku dostarczenia domieszacza sygnału odbieranego w realnych warunkach. Dokładną wartość częstotliwości modulującej łatwo wówczas zapewnić, amplitudę zmian obwiedni można natomiast kontrolować, jeśli znana jest amplituda sygnału symulującego oraz dewiacja fazy. Konieczne jest jednak dodatkowo zachowanie stałej różnicy fazy φ_0 między sygnałami podawanymi na mieszacz, najlepiej równej w przybliżeniu $\frac{\pi}{2}$, przy której występuje maksymalna zmiana obwiedni sygnału wypadkowego.

Urządzenie wykonane na elementach falowodowych umożliwiające wytworzenie sygnału symulującego o podanych wyżej właściwościach składa się z głowicy modulującej 1, sprzęgacza kierunkowego 2 o dużej kierunkowości, przesuwnika fazy 3 i tłumika skalowanego 4. Przesuwnik fazy, sprzęgacz i tłumik są typowymi elementami używanymi w technice. Budowa głowicy modulującej 1 jest następująca. Na końcu falowodu 8 umieszczoną jest membrana 9, pobudzana do drgań sinusoidalnych spolaryzowanym elektromagnesem 10 zasilanym na zaciśkach 7 sinusoidalnie zmiennym napięciem. Amplituda drgań membrany zależy od napięcia przyłożo-

nego do uzwojenia elektromagnesu, częstotliwość drgań natomiast równa jest częstotliwości tego napięcia.

Zasada pracy tego urządzenia jest następująca. Sygnał nadajnika badanego radaru podawany jest na wejście 6 urządzenia. Po przejściu przez tłumik 4, przesuwnik fazy 3, sprzęgacz kierunkowy 2, sygnał ten dochodzi do głowicy modulującej 1. Oznaczono to na fig. 3 strzałkami ciągłymi. (Duża kierunkowość sprzęgacza uniemożliwia przedostanie się sygnału nadajnika na wyjście 5.) W głowicy modulującej sygnał ten odbija się od membrany umieszczonej na końcu falowodu. W wyniku drgań tej membrany sygnał odbity modulowany jest w fazie z częstotliwością równą częstotliwości drgań membrany i z dewiacją fazy równą.

$$\Delta\varphi = 4\pi \frac{\Delta l}{\lambda f}$$

gdzie Δl oznacza amplitudę drgań membrany,

λf — długość fali nadajnika mierzoną w falowodzie

Odbity sygnał wraca do sprzęgacza kierunkowego 2, gdzie rozdziela się dochodząc do wyjścia 5 oraz poprzez przesuwnik fazy 3 i tłumik 4 do wejścia 6. Oznaczono to na fig. 3 strzałkami przerywanymi. Sygnał z wyjścia 5 może być wykorzystany w przypadku, gdy badany radar posiada oddzielne anteny do nadawania i do odbioru, sygnał z wejścia 6 natomiast, gdy radar posiada jedną antenę. Oba sygnały wyjściowe mają tę samą częstotliwość co sygnał nadajnika i są zmodulowane z tą samą dewiacją fazy. Średnia faza tych sygnałów może być zmieniana w stosunku do fazy sygnału nadajnika za pomocą przesuwnika fazy aż do uzyskania maksymalnych zmian obwiedni sygnału wypadkowego na wejściu mieszacza. Amplitudy sygnałów wyjściowych można określić w odniesieniu do amplitudy sygnału nadajnika na podstawie wskazań tłumika skalowanego oraz znajomości tłumienia głowicy modulującej i wielkości sprzężenia sprzęgacza kierunkowego. Dewiację fazy tych sygnałów można wyznaczyć na podstawie znajomości amplitudy drgań membrany mierząc amplitudę napięcia przyłożonego do uzwojenia elektromagnesu (po uprzednim przecechowaniu głowicy modulującej) oraz znając długość fali nadajnika badanego radaru mierzoną w falowodzie. Częstotliwość modulacji można określić mierząc częstotliwość napięcia przykładanego do uzwojeń elektromagnesu.

Omówiony powyżej sposób symulacji sygnału odbieranego może być wykorzystany nie tylko w najprostszych radarach o fali ciągłej, w których częstotliwość doplerowska wyodrębniona jest na wyjściu mieszacza mikrofalowego. Można go wykorzystać także w innych rodzajach radarów doplerowskich na przykład w radarach o fali ciągłej, w których sygnał odbierany wzmacniany jest na dużej częstotliwości pośredniej lub w radarach pracujących impulsowo.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób symulacji sygnału odbieranego w radarach doplerowskich wykorzystujący modulację sygnału nadajnika badanego radaru **znamienny**

tym, że sygnał symulujący podawany na wejście mieszacza radaru otrzymuje się w wyniku sinusoidalnej modulacji fazy z częstotliwością równą pożądanej częstotliwości doplerowskiej i ze znaną dewiacją fazy znacznie mniejszą od jedności, oraz w wyniku przesunięcia w fazie względem sygnału nadajnika dochodzącego do tego mieszacza średnio o $\sim \frac{\pi}{2}$, przy czym to przesunięcie fazy ustawiane jest na maksimum sygnału powstającego na wyjściu mieszacza.

2. Urządzenie do stosowania sposobu według zastrz. 1 **znamiennie tym**, że składa się z połączonych łańcuchowo głowicy (1) modulującej w fazie sygnał nadajnika, przesuwnika fazy 3, umożliwiającego dobranie pożądanego przesunięcia fazy między

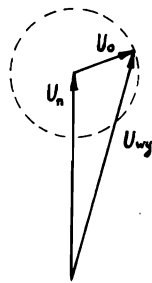


Fig. 1.

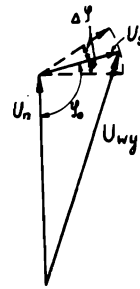


Fig. 2.

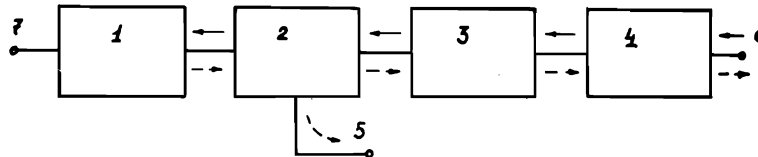


Fig. 3.

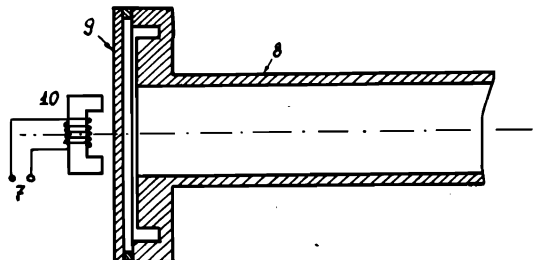


Fig. 4.

dzi sygnałem symulującym i sygnałem nadajnika sprzęgacza kierunkowego (2), służącego do rozdzielania sygnału symulującego w celu wykorzystania go w radarach o jednej lub dwóch antenach, tłumika skalowanego (4), do kontroli amplitudy sygnału symulującego w odniesieniu do sygnału nadajnika.

3. Urządzenie według zastrz. 2 **znamiennie tym**, że głowica modulująca (1) posiada spolaryzowany elektromagnes (10) służący do pobudzenia drgań sinusoidalnych membrany (9) umieszczonej na końcu falowodu (8), przy czym spolaryzowany elektromagnes (10) ma połączenie poprzez zaciski (7) ze źródłem napięcia sinusoidalnie zmiennego o częstotliwości równej częstotliwości drgań membrany (9).