

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

64684

Patent dodatkowy
do patentu _____

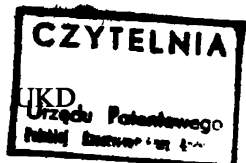
Zgłoszono: 01.IV.1970 (P 139 742)

Pierwszeństwo: _____

Opublikowano: 15.V.1972

Kl. 21 e, 27/26

MKP G 01 r, 27/26



Współtwórcy wynalazku: Ludwik Badian, Andrzej Milewski, Włodzimierz Makarewicz, Wiesław Mielus

Właściciel patentu: Politechnika Warszawska, Warszawa (Polska)

Mikrofalowy miernik dobroci

1

Przedmiotem wynalazku jest mikrofalowy miernik dobroci służący do wobuloskopowego pomiaru dobroci wnek mikrofalowych.

W dotychczas znanych rozwiązaniach mikrofalowych mierników dobroci — generator mikrofalowy, wobulowany przez modulator napięciem generatora podstawy czasu, jest połączony przez badaną wnękę mikrofalową, detektor mikrofalowy i wzmacniacz pionowy z lampą oscyloskopową. To samo wyjście generatora mikrofalowego połączone jest z mieszaczem mikrofalowym, do którego połączona jest także heterodyna mikrofalowa, wyjście tego mieszacza jest połączone dalej przez wzmacniacz pionowy z lampą oscyloskopową, natomiast drugie wyjście mieszacza mikrofalowego połączone jest z mieszaczem kalibracyjnym, z którym połączona jest także heterodyna kalibratora. Wyjście mieszacza kalibracyjnego połączone jest przez wzmacniacz selektywny kalibratora oraz układ kształtowania znaczników dobroci z lampą oscyloskopową, jednocześnie wyjście wzmacniacza selektywnego kalibratora połączone jest przez układ automatycznej regulacji wzmacniacza ze wzmacniaczem selektywnym kalibratora i mieszaczem kalibracyjnym.

Przebieg krzywej rezonansu otrzymywany na lampie oscyloskopowej, w takim układzie jest zniekształcony nieliniowością charakterystyki detektora mikrofalowego oraz nieliniowością stopni po nim następujących. Sytuacji nie poprawia zastosowanie układu różniczkującego po detektorze mikrofalowym czyli zamiana przebiegu krzywej rezonansu na moduł jej pochodnej ponieważ

2

operacja dokonywana jest na przebiegu już zniekształconym.

Przy stosowaniu znanych mikrofalowych mierników dobroci ograniczono się do pracy przy tak małych amplitudach żeby uważać charakterystykę detektora mikrofalowego jako kwadratową. Ponieważ w praktyce diody detekcyjne różnią się między sobą parametrami a poza tym zmieniają charakterystyki w funkcji czasu, nie ma pewności czy pracuje się na kwadratowej części charakterystyki diody. Niedotrzymywanie tego warunku, w granicznym przypadku może doprowadzić do 22% uchybu pomiaru. Dodatkową wadą stosowania znanych układów różniczkujących jest uwypuklanie szybkozmiennych zakłóceń.

Celem wynalazku jest skonstruowanie mikrofalowego miernika dobroci pozwalającego na szybki i dokładny pomiar dobroci wnek mikrofalowych. W szczególności chodzi tu o zwiększenie rozróżnialności układu, o wyeliminowanie uchybów wynikających z nieznamości charakterystyki detektora mikrofalowego oraz nieliniowości stopni po nim następujących.

Cel ten został osiągnięty przez to, że generator mikrofalowy połączony jest również przez modulator z generatorem modulującym i jednocześnie poprzez badaną wnękę mikrofalową, detektor mikrofalowy i wzmacniacz selektywny z drugim detektorem fazoczułym lub detektorem amplitudy, przy czym wyjście drugiego detektora jest dodatkowo połączone przez układ automatycznej regulacji wzmacniania z modulatorem i wzmacniaczem selektywnym, przy czym układ przełączający posiada jed-

no z wyjść połączone z modulatorem i wzmacniaczem selektywnym, zaś drugie z wyjść układu przełączającego połączone jest z mieszaczem i heterodyną, zaś trzecie wyjście tego układu połączone jest ze wzmacniaczem pionowym.

Określając układem znaczników kalibracyjnych odstęp na osi częstotliwości pomiędzy maksymami modułu pierwszej lub minimami drugiej pochodnej krzywej rezonansu, znamy szerokość krzywej rezonansu Δf_p odpowiadającą punktom jej maksymalnego nachylenia.

Rozpatrując równanie krzywej rezonansu

$$y = \frac{1}{\sqrt{1 + Q^2 \left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)^2}}$$

gdzie Q — dobroć rezonatora

f_0 — częstotliwość rezonansowa

można znaleźć jednoznaczna zależność między szerokością krzywej rezonansu odpowiadającą punktom jej maksymalnego nachylenia Δf_p , a technicznie interesującą nas szerokością Δf odpowiadającą punktom połowy mocy. Ponieważ sygnał po dyskryminacji jest wprostproporcjonalny do napięcia na wyjściu wnęki to zależność między Δf i Δf_p jest następująca:

$$\Delta f = \sqrt{2} \Delta f_p$$

Pozwala to na bezpośrednie wyskalowanie miernika w wartościach Δf . Przez zastosowanie dyskryminacji na wnęcie pomiarowej obwódki sygnału na wyjściu wnęki, jest już proporcjonalna do modułu pochodnej krzywej rezonansowej wnęki, dlatego nieliniowość stopni następujących po wnęcie zmienia kształt przebiegu modułu pochodnej, ale nie zmienia odstępów jej maksymów na osi częstotliwości, a on jest właśnie wielkością mierzoną i w ten sposób całkowicie eliminuje błędy wynikające z charakterystyki detektora mikrofalowego oraz nieliniowości stopni po nim następujących.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, który przedstawia schemat blokowy miernika.

Generator mikrofalowy 1 połączony jest przez modulator 5 z generatorem modulującym 8 i generatorem podstawy czasu 17. Wyjście generatora mikrofalowego 1 połączone jest przez badaną wnękę mikrofalową 2 z detektorem mikrofalowym 19, którego wyjście raz połączone jest bezpośrednio ze wzmacniaczem pionowym 4 i następnie lampą oscyloskopową 18 oraz przez wzmacniacz selektywny 3 z detektorem fazoczułym 20. Wyjście tego detektora 20 połączone jest przez układ automatycznej regulacji wzmacniania 7 z modulatorem 5 i wzmacniaczem selektywnym 3. To samo wyjście generatora mikrofalowego 1 połączone jest z mieszaczem mikrofalowym 6, z którym połączona jest także heterodyna mikrofalowa 9.

Jedno z wyjść mieszacza mikrofalowego 6 połączone jest ze wzmacniaczem pionowym 4, drugie z mieszaczem kalibracyjnym 10, z którym połączona jest także heterodyna kalibracyjna 11. Wyjście mieszacza kalibracyjnego 10 połączone jest przez wzmacniacz selektywny kalibratora 12 i układ kształtowania znaczników dobroci 14 z lampą oscyloskopową 18. Wyjście wzmacniacza selektywnego kalibratora 12 połączone jest przez układ auto-

matycznej regulacji wzmacnienia 13 z mieszaczem kalibracyjnym 10 i powtórnie ze wzmacniaczem selektywnym kalibratora 12. Układ przełączający 16 sterowany z generatora podstawy czasu 17 połączony jest z modulatorem 5, heterodyną 11, mieszaczem kalibracyjnym 10, wzmacniaczem selektywnym 3 i wzmacniaczem pionowym 4.

Na rysunku pokazany jest mikrofalowy generator klitronowy 1 wobulowany częstotliwościowo napięciem generatora podstawy czasu 17 oscyloskopu. W celu umożliwienia pomiaru szerokości krzywej rezonansu klitron jest modulowany częstotliwościowo z generatora 8 przez modulator 5 sygnałem sinusoidalnym o częstotliwości f_2 przy zachowaniu warunku $f_1 \ll f_2 \ll \Delta f_{\min}$, przy czym f_1 oznacza częstotliwość generatora podstawy czasu, a Δf — szerokość krzywej rezonansu mierzonego rezonatora. Doborem amplitudy napięcia modulowanego o częstotliwości f_2 zapewnia się dewiację generatora klitronowego $\delta f_2 \ll \Delta f$.

Sygnał z generatora klitronowego zmodulowany przebiegiem f_2 jest dyskryminowany na badanej wnęcie mikrofalowej 2 i po detektorze mikrofalowym 19 podany na wzmacniacz selektywny 3 o środkowej częstotliwości równej f_2 i szerokości pasma przenoszenia rzędu $100 \cdot f_1$. Wzmocnienie tego układu i odstęp od szumów decyduje o czułości opisywanej metody pomiarowej.

Zastosowanie na wyjściu wzmacniacza, układu fazoczułego detektora synchronicznego 20 umożliwia uzyskanie przebiegu pochodnej krzywej rezonansu mierzonego rezonatora. Zastosowanie detektora amplitudy daje na wyjściu moduł pochodnej krzywej rezonansu mierzonego rezonatora. Sygnał z wyjścia drugiego detektora 20 podany jest na wzmacniacz pionowy 4, który pracując jako symetryczny układ wzmacniacza o galwanicznym sprzężeniu od wejścia aż do płytek odchylających lampy oscyloskopowej, umożliwia wysterowanie, w odpowiedniej fazie, lampy oscyloskopowej, przebiegami uzyskiwanymi z części mikrofalowej.

Dla zapewnienia stabilnej pracy sygnał z wyjścia drugiego detektora 20 dodatkowo steruje układ automatycznej regulacji wzmacnienia 7, który pracując w układzie wzmacniacza selektywnego i modulatora, zapewnia prawie niezmienną amplitudę przebiegu modułu pochodnej krzywej rezonansu. Napięcie regulacyjne wytwarzane w układzie kluczowanej automatyki służy do regulacji wzmacnienia wzmacniacza selektywnego. Część tego napięcia podawana jest, przez układ opóźniający, do modulatora, regulując napięcie f_2 modulujące generator mikrofalowy, zapewnia to spełnienie warunku $\delta f_2 \ll \Delta f$ niezbędnego dla prawidłowego pomiaru, a ponadto poprawia odstęp od szumów całego układu.

Zastosowany mieszacz mikrofalowy 6 przez mieszanie sygnałów z generatora mikrofalowego 1 i heterodyny mikrofalowej 9 pracującej na stałej częstotliwości równej częstotliwości rezonansowej wnęki badanej, zapewnia na wyjściu praktycznie ciągłe widmo częstotliwości o szerokości równej podwójnej wartości dewiacji wobulacji częstotliwości generatora mikrofalowego 1. Widmo to służy jako źródło sygnału dla toru znaczników szerokości krzywej rezonansu. Sygnał z mieszacza mikrofalowego 6 podany jest na mieszacz kalibracyjny 10, którego zadaniem jest, wraz z heterodyną kalibracyjną 11 umożliwienie odstrojenia heterodyny mikrofalowej 9 od częstotliwości rezonansowej badanej wnęki. Uzyskuje się przez to eliminację wzajemnych zakłóceń

pracy modulowanego generatora mikrofalowego i heterodyny mikrofalowej.

Z mieszacza kalibracyjnego 10 sygnał wybierany jest selektywnym wąskopasmowym wzmacniaczem kalibratora 12 o regulowanej i cechowanej częstotliwości f_k z detektorem amplitudy. Na wyjściu którego otrzymuje się pary impulsów, o kształcie przenoszenia wzmacniacza, odległe od siebie na osi częstotliwości o $2 f_k$. Impulsy te są podane na układ kształtowania impulsów 14, w którym są formowane w postaci prostokątnych lub szpilkowych i podawane z odpowiednią polaryzacją na lampę oscyloskopową. Dla stabilizacji amplitudy impulsów zastosowany jest układ kluczowanej automatyki wzmocnienia 13.

Zastosowany układ przełączający 16 umożliwia współpracę układu kalibracji z układem otrzymywania przebiegu modułu pochodnej krzywej rezonansu. Jednocześnie praca tych układów jest niemożliwa ze względu na zakłócenia pracy kalibratora przez modulację częstotliwości generatora mikrofalowego częstotliwością f_2 konieczną do otrzymania sygnału pochodnej. Dla pracy toru kalibracyjnego częstotliwość generatora mikrofalowego 1 musi być, w ciągu roboczego cyklu podstawy czasu, funkcją monotoniczną.

W związku z powyższym zastosowane jest przemienne wyświetlanie na ekranie lampy oscyloskopowej — modułu pochodnej krzywej rezonansu oraz częstotliwościowych znaczników jej szerokości. W układzie tym istotne jest przełączanie sygnałów nie na wejściu wzmacniacza pionowego 4 lecz wyłączanie napięcia f_2 modulującego generator mikrofalowy 1.

Układ przełączający wykonany jest w postaci bistabilnego multiwibratora, sterowanego impulsami z generatora podstawy czasu. Z jego wyjścia impulsy prostokątne o częstotliwości powtarzania $\frac{1}{2} f_1$ podawane są przez układy przywracania składowej stałej do modulatora, przerywając co drugi okres podstawy czasu, modulację napięciem f_2 lub $\frac{1}{2} f_2$ oraz dodatkowo do wzmacniacza selektywnego 3, w zgodnej fazie zatykając ten wzmacniacz. Impulsy z multiwibratora o przeciwnej polaryzacji sterują pracą kalibratora. Ze względu na prostotę układu zastosowane jest kluczowanie heterodyny kalibracyjnej 11 i wzmacniacza selektywnego kalibratora 12.

Wszystkie układy miernika zasilane są z zespołu zasilaczy stabilizowanych elektronicznie 15. Chcąc zmierzyć dobroć rezonatora należy dobrać tak częstotliwość generatora mikrofalowego 1 żeby częstotliwość badane-

go rezonatora leżała w środku obszaru drgań generatora mikrofalowego 1 (wskaźnikiem jest lampa oscyloskopowa), regulując częstotliwość heterodyny mikrofalowej 9 oraz częstotliwość rezonansową wzmacniacza selektywnego kalibratora 12 naprowadza się znaczniki częstotliwości na maksyma lub minima modułu pierwszej lub drugiej pochodnej krzywej rezonansu i ze skali wzmacniacza kalibratora 12 odczytuje się bezpośrednio szerokość krzywej rezonansu badanej wnęki. Częstotliwość rezonansową określa się przy pomocy falomierza. Iloraz tych wielkości daje nam dobroć wnęki.

Zastrzeżenie patentowe

Mikrofalowy miernik dobroci składający się z generatora mikrofalowego wzbudzanego przez modulator napięciem generatora podstawy czasu przy czym, wyjście generatora mikrofalowego jest połączone przez badaną wnękę, detektor mikrofalowy i wzmacniacz pionowy z lampą oscyloskopową i równocześnie wyjście to połączone jest z mieszaczem mikrofalowym, do którego podłączona jest także heterodyna mikrofalowa, zaś wyjście tego mieszacza połączone jest dalej przez wzmacniacz pionowy ze wskaźnikiem dobroci którym jest lampa oscyloskopowa, natomiast drugie wyjście mieszacza mikrofalowego połączone jest z mieszaczem kalibracyjnym, z którym połączona jest także heterodyna kalibratora, zaś wyjście mieszacza kalibratora połączone jest poprzez układ kształtowania znaczników dobroci z lampą oscyloskopową, przy czym jednocześnie wyjście wzmacniacza selektywnego kalibratora połączone jest przez układ automatycznej regulacji wzmocnienia ze wzmacniaczem selektywnym kalibratora i mieszaczem kalibracyjnym, **znamienny tym**, że generator mikrofalowy (1) połączony jest przez modulator (5) z generatorem modulującym (8) i jednocześnie poprzez badaną wnękę mikrofalową (2), detektor mikrofalowy (19) i wzmacniacz selektywny (3) z drugim detektorem fazoczułym (20) — lub detektorem amplitudy (20), przy czym wyjście drugiego detektora (20) jest dodatkowo połączone przez układ automatycznej regulacji wzmocnienia (7) z modulatorem (5) i wzmacniaczem selektywnym (3), przy czym układ przełączający (16) posiada jedno z wyjść połączone z modulatorem (5) i wzmacniaczem selektywnym (3) zaś drugie z wyjść układu przełączającego (16), połączone jest z mieszaczem (10) i heterodyną kalibracyjną (11), zaś trzecie wyjście tego układu, połączone jest ze wzmacniaczem pionowym (4).

