



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 26. 05. 78 (P. 207136)

Pierwszeństwo _____

Zgłoszenie ogłoszono: 25. 02. 80

Opis patentowy opublikowano: 28. 09. 1984

Int. Cl.³

G01R 29/26

CZYTELNIA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórca wynalazku: Władysław Adamski

Uprawniony z patentu: Politechnika Gdańska, Gdańsk (Polska).

Sposób pomiaru współczynnika szumu dwuwrotników o niedopasowanym wyjściu

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób pomiaru współczynnika szumu dwuwrotników o niedopasowanym wyjściu wykonywanego w układzie pomiarowym pozwalającym na uniezależnienie wyników pomiaru od szumu własnego układu pomiarowego, szczególnie przydatny do badania szumu wzmacniaczy i tranzystorów pracujących w zakresie bardzo wielkich częstotliwości.

Znane sposoby pomiaru współczynnika szumu dwuwrotników o niedopasowanym wyjściu polegają na pomiarze współczynnika szumu kaskadowego połączenia badanego dwuwrotnika z blokami układu pomiarowego tworzącymi odbiornik pomiarowy. Wpływ szumu własnego odbiornika pomiarowego na dokładność pomiaru zależy od stopnia dopasowania impedancji wyjściowej dwuwrotnika do impedancji wejściowej odbiornika pomiarowego.

Przy stosowaniu metod pomiaru bez eliminacji wpływu szumu własnego odbiornika pomiarowego na dokładność pomiaru, przedstawionych w Noise Figure Primer, Hewlett-Packard, Application Note 57, June 22, 1962, zależność pomiędzy współczynnikiem szumu F_x badanego dwuwrotnika a wartością współczynnika szumu F_m pomierzoną w układzie pomiarowym jest następująca:

$$F_m = F_x + \frac{F_r(\Gamma_{2x}) - 1}{G_{AX}} \quad (a)$$

gdzie F_r jest współczynnikiem szumu odbiornika pomiarowego, zależnym od wyjściowego współczyn-

2

nika odbicia badanego dwuwrotnika Γ_{2x} , charakteryzującego niedopasowanie impedancyjne wyjścia badanego dwuwrotnika, G_{AX} jest dysponowanym wzmacnieniem mocy badanego dwuwrotnika.

Dla wyznaczenia wartości $F_r(\Gamma_{2x})$ należy znać cztery parametry szumowe odbiornika pomiarowego oraz Γ_{2x} . Wielkości te są funkcjami częstotliwości, więc szerokopasmowe pomiary są bardzo uciążliwe.

W celu dopasowania impedancyjnego wyjścia badanego dwuwrotnika stosuje się strojniki, nazywane również obwodami dopasowującymi, które włączane są między te wyjścia a wejście odbiornika pomiarowego. W miejsce $F_r(\Gamma_{2x})$ należy wówczas wykorzystywać wielkość $LF_r(\Gamma_{2so})$, gdzie L jest współczynnikiem opisującym straty absorpcyjne strojnika, a Γ_{2so} jest wyjściowym współczynnikiem odbicia strojnika dla stanu, w którym z wyjścia badanego dwuwrotnika o wyjściowym współczynniku odbicia Γ_{2x} jest przekazywana maksymalna moc do wejścia odbiornika pomiarowego. Zwykle jako $F_r(\Gamma_{2so})$ wykorzystywana jest wielkość F_{rmin} , która jest minimalnym współczynnikiem szumu odbiornika pomiarowego w funkcji impedancji źródła sygnału dołączonego do jego wejścia. Wielkość $F_r(\Gamma_{2so})$ i F_{rmin} w ogólnym przypadku przyjmują różne wartości, gdyż optymalna impedancja źródła ze względu na przekazywanie maksimum mocy do wejścia odbiornika w ogólnym przypadku nie jest optymalną impedancją ze względu na jego mini-

num współczynnika szumu. Prowadzi to do błędów wyznaczania F_x na podstawie związku (a) przy znajomości LF_{rmin} , zaniedbywanych w praktyce z powodu trudności określania wartości $F_r(\Gamma_{2SO})$.

Ponadto należy zauważyć, że nawet uproszczona procedura pomiarowa jest nadal uciążliwa, gdyż dla każdej częstotliwości pomiarowej należy wykonać regulację strojnika oraz pomierzyć wartość LF_{rmin} . Zastosowanie w miejsce strojników szerokopasmowych tłumików dopasowujących mija się z celem, gdyż zamiast L przy stosowaniu strojników, należy wówczas znać dysponowane tłumienie mocy wnoszone przez tłumiki, a ta wielkość jest funkcją Γ_{2x} , podobnie jak współczynnik szumu F_r i wyznaczenie jej jest równie uciążliwe.

Znane jest również z polskich opisów patentowych nr 66503, 91631 oraz 95035 stosowanie tłumików regulowanych w sposobach pomiaru opartych na wykorzystaniu generatorów szumu o regulowanej wartości względnego przyrostu szumu. Nie ma to jednak nic wspólnego z przedstawionym wyżej problemem dopasowywania wyjścia badanych dwuwrotników. Stosowanie tam tłumików o 3 dB zmianie tłumienia jest wymagane przez samą metodę pomiaru, nazywaną również metodą 3 dB.

Przy stosowaniu metod pomiaru z eliminacją wpływu szumu własnego układu pomiarowego na dokładność pomiaru zależność między wielkościami F_x i F_m jest następująca:

$$F_m = F_x - \frac{1}{G_{AX}} \quad (b)$$

Jednakże zależność ta jest obowiązująca tylko przy pomiarach dwuwrotników posiadających dopasowane wyjścia.

Przy stosowaniu trzystanowej metody pomiaru z eliminacją wpływu szumu własnego układu pomiarowego na dokładność pomiaru, znanej z polskiego opisu patentowego nr 87075, wymagane jest stałość impedancji wyjściowej dołączonej do wejścia mieszacza. Metoda ta polega na pomiarze ilorazu różnic mocy szumu występujących w cyklicznie powtarzających się trzech stanach układu pomiarowego i pomnożenie tego ilorazu przez względny przyrost szumu — parametr generatora szumu.

Dla wytworzenia trzech stanów układu pomiarowego zmieniają się stany pracy generatora szumu (włączenie i wyłączenie przyrostu sygnału szumowego), przyłączonego do wejścia badanego dwuwrotnika oraz stany przełącznika mikrofalowego (stany przenoszenia i zaporowy) włączonego pomiędzy wyjście badanego dwuwrotnika a wejście mieszacza.

Gdy badany dwuwrotnik jest niedopasowany impedancyjnie do dwustanowego przełącznika, to w czasie pomiaru wyjściowy współczynnik odbicia przełącznika przyjmuje wartość Γ_{2px} , dla stanu przenoszenia oraz wartość Γ_{2pw} , dla stanu zaporowego.

Wielkość Γ_{2px} zależy od niedopasowania impedancyjnego wyjścia badanego dwuwrotnika i przełącznika będącego w stanie przenoszenia. Wielkość Γ_{2pw} jest wyjściowym współczynnikiem odbicia przełącznika, będącego w stanie zaporowym.

Zależność pomiędzy F_x i F_m przy pomiarze dwu-

wrotnika o niedopasowanym wyjściu jest następująca:

$$F_m = F_x - \frac{1}{G_{AX}} + \frac{F_r(\Gamma_{2px}) - F_r(\Gamma_{2pw})}{G_{AX}} \quad (c)$$

Dla dużych wartości Γ_{2x} , $\Gamma_{2px} \neq \Gamma_{2pw}$, a $F_r(\Gamma_{2px})$ przyjmuje duże wartości, które zmieniają się przy zmianach zarówno modułu jak i argumentu Γ_{2px} .

Przy stosowaniu dwustanowej 3 dB metody pomiaru współczynnika szumu z eliminacją szumu własnego układu pomiarowego, regulowany tłumik jest włączany bezpośrednio na wyjściu badanego dwuwrotnika.

Przy istnieniu niedopasowania impedancyjnego wyjścia badanego dwuwrotnika i wejścia regulowanego tłumika, zmienia się w czasie pomiaru wyjściowy współczynnik odbicia tłumika Γ_{2t} . W trakcie każdego cyklu pomiarowego przyjmuje on dwie różne wartości Γ_{2tc} i Γ_{2th} , na skutek zmian tłumienia wprowadzonego przez tłumik, zwiększający tłumienie dla stanu, w którym generator szumu jest włączony.

Przy stosowaniu tej metody pomiaru wpływ zmian współczynnika szumu odbiornika pomiarowego, jaki tworzą bloki układu pomiarowego włączone po tłumiku regulowanym, jest jeszcze większy jak w metodzie trzystanowej, gdyż ostatnie wyrażenie w związku (c) przyjmuje tu wartość $2[F_r(\Gamma_{2tc}) - F_r(\Gamma_{2th})]G_{AX}^{-1}$. Dodatkową wadą tej metody pomiaru jest trudność wprowadzenia dokładnie określonych, np. 3 dB, zmian dysponowanego tłumienia mocy, wprowadzonych przez tłumik regulowany dla przypadku, gdy wyjściowy współczynnik odbicia badanego dwuwrotnika Γ_{2x} jest duży i zmienia się w funkcji częstotliwości.

Wadą opisanych wyżej metod pomiaru współczynnika szumu dwuwrotników o niedopasowanym wyjściu jest konieczność uwzględnienia wpływu szumu własnego układu pomiarowego na błąd pomiaru. W tym celu wymagana jest znajomość wyjściowego współczynnika odbicia Γ_{2x} (impedancji wyjściowej) badanego dwuwrotnika oraz zależności współczynnika szumu odbiornika pomiarowego od współczynnika odbicia Γ źródła sygnału dołączonego do jego wejścia $F_r(\Gamma)$.

Ze względu na zespolony charakter wielkości Γ , skomplikowaną zależność $F_r(\Gamma)$ oraz trudny i mało dokładny pomiar F_r i Γ , uwzględnianie ostatnich czynników występujących w związkach (a) i (c) nastręcza wiele kłopotów, a wprowadzana poprawka wyników pomiaru obliczona z powyższych związków jest mało dokładna. W wielu przypadkach brak możliwości użycia maszyny cyfrowej do wyznaczania $F_r(\Gamma)$ i innych pomocniczych obliczeń, powoduje że rezygnuje się z wyznaczenia poprawki kosztem znacznego pogorszenia dokładności pomiaru.

Sposób pomiaru według wynalazku wykonywany przy wykorzystaniu generatora szumu pracującego naprzemiennie w stanach włączenia i wyłączenia przyrostu szumu na wejściu badanego dwuwrotnika oraz wykorzystaniu tłumika włączonego bezpośrednio na wyjściu badanego dwuwrotnika o dopasowanym wyjściu, zwiększającego tłumienie o określoną wartość, np. o 3 dB, dla stanu w któ-

rzym generator szumu jest włączony, czy też korzystnie przy użyciu w miejsce regulowanego tłumika dwustanowego przełącznika, który w swym stanie zaporowym odłącza od wejścia odbiornika pomiarowego wyjściowy sygnał z badanego dwuwrotnika o dopasowanym wyjściu i wytwarza trzeci stan układu pomiarowego charakteryzujący się wystąpieniem w odbiorniku pomiarowym mocy szumu własnego układu pomiarowego, przy czym zależność między wartością prawdziwą współczynnika szumu F_x badanego dwuwrotnika o dopasowanym wyjściu i jego dysponowanym wzmocnieniem G_{AX} a wartością współczynnika szumu F_m pomierzoną przez układ pomiarowy jest następująca $F_m = F_x - \frac{1}{G_{AX}}$, polega na tym, że najpierw na wyjściu badanego dwuwrotnika włącza się kaskadowo pasywny układ dopasowujący, który w temperaturze standardowej $T_0 = 290$ K zawiera tylko źródła sygnału szumowego o temperaturze szumowej nie większej niż T_0 , następnie mierzy się współczynnik szumu F_m kaskadowym połączeniem badanego dwuwrotnika i układu dopasowującego, natomiast zależność między wartością prawdziwą współczynnika szumu F_x badanego dwuwrotnika a wartością współczynnika szumu F_m pomierzoną przez układ pomiarowy pozostawia się w postaci $F_m = F_x - \frac{1}{G_{AX}}$, gdzie G_{AX} jest nadal dysponowanym wzmocnieniem mocy samego badanego dwuwrotnika.

Zaletą sposobu według wynalazku jest możliwość uzyskania dokładnych pomiarów szerokopasmowych współczynnika szumu dwuwrotników o niedopasowanym wyjściu, nawet w przypadku, gdy są one dwuwrotnikami o małym wzmocnieniu. Użytkuje się też oszczędność czasu potrzebnego na wykonanie uciążliwych dodatkowych pomiarów i żmudnych obliczeń.

Inną zaletą jest możliwość stosowania stratnych odcinków kabli łączących wyjście badanego dwuwrotnika z układem pomiarowym. Nie występuje tu potrzeba wprowadzania korekt wyników pomiarów, wynikających ze strat mocy w tych kablach. Możliwość zastosowania kabli ułatwia w wielu przypadkach obsługę układu pomiarowego. Dodatkową zaletą jest możliwość stosowania w układzie pomiarowym elementów o niezawyżonych parametrach.

Przedmiot wynalazku jest bliżej wyjaśniony na podstawie układu przedstawionego na rysunku, na którym pokazano sposób włączenia badanego dwuwrotnika do układu służącego do pomiaru współczynnika szumu.

Do wejścia badanego dwuwrotnika 1 dołączony jest generator szumu 3. Do wyjścia badanego dwuwrotnika 1 dołączony jest stratny pasywny układ dopasowujący 2, którym może być np. typowy tłumik rezystancyjny lub odpowiednio włączony pojedynczy rezystor. Odpowiednio dobrane parametry elektryczne układu dopasowującego 2 zapewniają dopasowanie jego wyjściowej impedancji do impedancji wejściowej kaskadowego połączenia pozostałych bloków układu pomiarowego 4, zawierającego bezpośrednio na swym wejściu regulowany

tłumik, np. 3 dB, albo dwustanowy przełącznik dzięki czemu pozwalającego na wykonanie pomiaru współczynnika szumu dwuwrotników o dopasowanym wyjściu przy wykorzystaniu znanej metody pomiaru z eliminacją wpływu szumu własnego układu pomiarowego na wynik pomiaru.

Zależność pomiędzy współczynnikiem szumu F_{xud} układu składającego się z badanego dwuwrotnika 1 i pasywnego układu dopasowującego 2, kaskadowo połączonych, a wartością współczynnika szumu F_m pomierzoną w układzie z eliminacją szumu własnego układu pomiarowego, jest następująca:

$$F_m = F_{xud} - \frac{1}{G_{AXud}} \quad (d)$$

gdzie:

$$F_{xud} = F_x + \frac{F_{ud} - 1}{G_{AX}} \quad (e)$$

$$G_{AXud} = G_{AX} G_{Aud} \quad (f)$$

F_{ud} i G_{Aud} są odpowiednio współczynnikiem szumu i dysponowanym wzmocnieniem układu dopasowującego.

Dla pasywnego dwuwrotnika o dysponowanym tłumieniu mocy A_{Aud} , znajdującego się w temperaturze T_0 i zawierającego tylko źródła sygnału szumowego o temperaturze szumowej nie większej niż T_0 , $F_{ud} = A_{Aud}$ a $G_{Aud} = A_{Aud}^{-1}$.

Wykorzystując to w związkach (e) i (f) i wstawiając je do związku (d) otrzymuje się:

$$F_m = F_x - \frac{1}{G_{AX}} \quad (g)$$

Wyrażenie (g) opisuje zależność pomiędzy F_x i F_m , które jest znanym związkiem pomiędzy tymi wielkościami przy pomiarze współczynnika szumu dwuwrotników dopasowanych, wykonywanym metodą z eliminacją wpływu szumu własnego układu pomiarowego na wynik pomiaru F_m .

Zastrzeżenie patentowe

Sposób pomiaru współczynnika szumu dwuwrotników o niedopasowanym wyjściu wykonywanego przy wykorzystaniu generatora szumu pracującego naprzemian w stanach włączenia i wyłączenia przyrostu szumu na wejściu badanego dwuwrotnika oraz wykorzystaniu tłumika włączonego bezpośrednio na wyjściu badanego dwuwrotnika o dopasowanym wyjściu, zwiększającego tłumienie o określoną wartość, np. o 3 dB, dla stanu w którym generator szumu jest włączony, czy też korzystnie przy użyciu w miejsce regulowanego tłumika dwustanowego przełącznika, który w swym stanie zaporowym odłącza od wejścia odbiornika pomiarowego wyjściowy sygnał z badanego dwuwrotnika o dopasowanym wyjściu i wytwarza trzeci stan układu pomiarowego charakteryzujący się wystąpieniem w odbiorniku pomiarowym mocy szumu własnego układu pomiarowego, przy czym zależność między wartością prawdziwą współczynnika szumu F_x badanego dwuwrotnika o dopasowanym wyjściu i jego dysponowanym wzmocnieniem mocy G_{AX} a wartością współczynnika szumu F_m pomie-

rzoną przez układ pomiarowy jest następująca
 $F_m = F_x - \frac{1}{G_{AX}}$, **znamienny tym**, że najpierw na
 wyjściu badanego dwuwrotnika (1) włącza się ka-
 skadowo pasywny układ dopasowujący (2), który
 w temperaturze standardowej $T_0 = 290$ K zawiera
 tylko źródła sygnału szumowego o temperaturze nie
 większej niż T_0 , następnie mierzy się współczynnik
 szumu F_m kaskadowego połączenia badanego dwu-

wrotnika (1) i układu dopasowującego (2), natomiast
 zależność między wartością prawdziwą współczyn-
 nika szumu F_x badanego dwuwrotnika a wartością
 współczynnika szumu F_m pomierzoną przez układ
 pomiarowy pozostawia się w postaci $F_m = F_x -$
 $\frac{1}{G_{AX}}$, gdzie G_{AX} jest nadal dysponowanym
 wzmacnieniem mocy samego badanego dwuwrotni-
 ka.

