

Metody zwiększania dokładności pomiarów poziomu sygnału w analizatorach Anritsu nowej generacji – część 2

Nowe analizatory Anritsu, cd.



Analizatory widma są wykorzystywane do wyznaczania poziomu sygnału w.cz. w dziedzinie częstotliwości. Kluczowym zadaniem każdego analizatora jest więc pomiar amplitudy sygnału. Na uzyskiwany wynik ma wpływ szereg czynników, które muszą być uwzględniane w procedurach pomiarowych. W wyniku prac badawczych prowadzonych pod tym kątem przez Anritsu opracowano nową generację analizatorów. W artykule przedstawiono najważniejsze czynniki wpływające na dokładność pomiaru amplitudy sygnału w analizatorach widma.

Związek między częstotliwością referencyjną a błędami pomiaru poziomu sygnału

Jak wiemy, na całkowitą dokładność pomiaru poziomu w analizatorach widma ma wpływ szereg czynników. Dla każdego z nich są stosowane różne metody kompensacji, o czym była mowa w pierwszej części artykułu. Jednym z takich czynników jest technologia użyta do produkcji elementów wchodzących w skład analizatora. Na przykład w tradycyjnych

przyrządach są wykorzystywane przestrajane oscylatory lokalne RF typu YTO generujące sygnał o częstotliwości referencyjnej dla mieszaczy w.cz. down-conversion. Przestrajanie oscylatorów YIG jest możliwe dzięki zastosowaniu w nich materiału ferroelektrycznego, jakim jest yttrium iron garnet (ferrogranat itru), którego częstotliwość rezonansowa jest zależna od natężenia przyłożonego pola magnetycznego. Oscylatory o takiej konstrukcji odznaczają się bardzo wysoką jakością, mają niskie szumy, są przestrajane w szerokim zakresie częstotliwości. Niestety, są to elementy dość wrażliwe na zmiany temperatury, które są nieuchronne, gdyż przyrząd nagrzewa się w czasie pracy. W analizatorach widma Anritsu nowej generacji, takich jak MS2830A, zastosowano lokalne oscylatory typu VCO (przestrajane napięciowo), charakteryzujące się dużo mniejszymi zmianami parametrów w zależności od fluktuacji temperatury. Historycznie oscylatory YIG wybrano do zastosowań w analizatorach widma ze względu na ich bardzo niskie szumy fazowe, co jest wymagane do budowy wy-

sokiej jakości odbiorników. W nowej generacji analizatorów widma są stosowane niskoszumowe komponenty VCO wykonane w najnowszej dostępnej technologii. Spełniają one wszystkie warunki wymagane dla analizatorów widma wysokiej klasy.

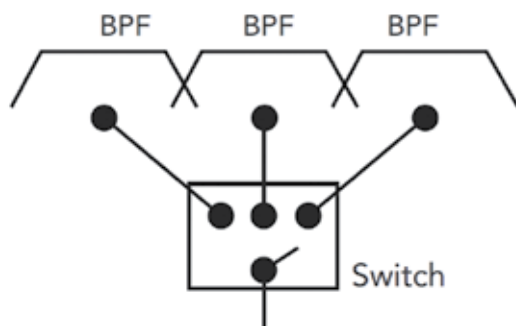
Filtr przestrajany elementem YIG (YTF)

W tradycyjnych analizatorach widma szerokopasmowe filtry preselektorów są budowane również w oparciu na technologii YIG jako elementy selektywne/przestrajane. Technologia ta nie zapewnia jednak całkowicie płaskiej odpowiedzi amplitudowej w przeciwieństwie do częstotliwościowej i jest czuła na zmiany temperatury, które mogą powodować fluktuacje odpowiedzi częstotliwościowej, a co za tym idzie powodować również zmiany odpowiedzi amplitudowej. Mamy też do czynienia z poważną wadą elementów YIG polegającą na ich samopodgrzewaniu się na skutek oddziaływania zewnętrznego pola elektromagnetycznego. Kryształki materiału ferromagnetycznego, z którego jest wykonany element YIG, absorbują energię z tego pola, w wyniku czego ulegają podgrzewaniu. W efekcie zmienia się ich charakterystyka częstotliwościowa, co w konsekwencji wywołuje zmiany odpowiedzi amplitudowej. Jest tak, ponieważ zależność zmian częstotliwości w przeciwieństwie do amplitudy nie jest w YTF liniowa.

Architektura z bankowaniem filtrów

W nowej generacji analizatorów widma filtr YTF jest zastępowany zespołem filtrów (bankiem) i szerokopasmowym preselektorem. Funkcję pojedynczego przestrajanego filtra YIG przejmuje teraz kilka przełączanych filtrów skonfigurowanych tak, aby zapewnić żądaną selektywność (rys. 1). Rozwiązanie takie jest stosowane w zakresie wyższych częstotliwości (4...13,5 GHz). Poniżej 4 GHz nie jest wymagane stoso-

Technika bankowania filtrów
Pasma filtru jest wybierane przełącznikiem wybierającym filtry BPFo różnych zakresach pasma przepustowego



Rys. 1. Bankowanie filtrów pasmowo-przepustowych

wanie banku filtrów, a powyżej 13 GHz bankowanie filtrów nie jest dostatecznie dobrym rozwiązaniem i nadal w użyciu pozostają filtry YTF. W zakresie częstotliwości, dla których mają zastosowanie banki filtrów, uzyskiwana jest znaczna poprawa parametrów.

W technice bankowania filtrów stosowane są filtry pasmowe BPF (Band Pass Filter), których pasmo przepustowe jest równe typowo 400 MHz. Żądany zakres jest wybierany przełącznikiem z matrycy składającej się z wielu filtrów nastrojonych na różne częstotliwości. Filtry są wykonane w technice obwodów drukowanych, pozwalającej zachować odpowiednio niską cenę, niewielkie zapotrzebowanie na energię i wysoką stabilność. Uzyskanie dobrej stabilności jest możliwe, gdyż filtry nie mają żadnych elementów o zmiennych parametrach (strojonych).

Technika bankowania filtrów nie jest jednak pozbawiona wad. Jedną z nich jest brak możliwości zapewnienia jednakowej selektywności wszystkich filtrów. Silne sygnały spoza pasma danego filtra mogą być tłumione w niewystarczającym stopniu, a następnie konwertowane w dół przez kolejny stopień odbiornika/miksera.

Określenie całkowitej dokładności pomiaru poziomu w analizatorze widma

W tej i poprzedniej części artykułu przedstawiono czynniki wpływające na rzeczywistą dokładność pomiaru poziomu sygnału w analizatorze widma. Mając to na uwadze, Czytelnik z pewnością będzie zwracał większą uwagę na niektóre parametry podawane w dokumentacji technicznej.

Podstawą do określenia dokładności pomiaru poziomu jest „absolutna dokładność pomiaru poziomu”. O dokładności absolutnej mówimy wtedy, gdy pomiary sygnału są dokonywane na częstotliwości i poziomie sygnału odniesienia. Dokładność przyrządu jest podawana dla warunków (częstotliwość i poziom sygnału), dla których analizator ma odpowiednie obwody kompensacyjne. Jest to więc przypadek, w którym są uzyskiwane najlepsze wyniki. Należy pamiętać, że dokładność ta zawsze maleje przy zmianie częstotliwości i/lub amplitudy sygnału (tłumienia tłumika wejściowego). W większości analizatorów widma odpowiedni układ kompensacyjny jest skutecz-

Tab. 1. Porównanie parametrów wpływających na dokładność pomiarów poziomu sygnału w analizatorze typowym i analizatorze MS2830A Anritsu

		Standardowy analizator widma	Anritsu MS2830A
@13 GHz			
Poziom odniesienia	błąd (dB) ±	0,70	
Częstotliwość		2,00	
Dokładność absolutna		0,33	
Odpowiedź częstotliwościowa IF		0,45	
Suma RSS (dB) ±		2,19	1,80
@3,5 GHz			
Poziom odniesienia	błąd (dB) ±	0,30	
Częstotliwość		0,45	
Dokładność absolutna		0,33	
Odpowiedź częstotliwościowa IF		0,40	
Suma RSS (dB) ±		0,75	0,5

ny tylko dla jednej częstotliwości, np. 50 MHz. Jeśli wykonywane są pomiary w paśmie różnym od częstotliwości, dla której jest realizowana kompensacja, użytkownik musi pamiętać o konieczności dodawania tzw. „dokładności odpowiedzi częstotliwościowej” reprezentującej dodatkową niepewność pomiaru zależną od częstotliwości. Wynika to z faktu, że odpowiedź amplitudowa w obwodach selektywnych (lokalny oscylator w.cz., mieszacz, filtry p.cz.) nie jest stała w całym zakresie częstotliwości. Taka niepewność pomiaru jest eliminowana tylko w wtedy, gdy analizator widma ma wbudowany oscylator kalibracyjny przestrajany w pełnym paśmie analizatora.

Korekcja dokładności obejmuje ponadto tzw. niepewność nastawy wejściowego tłumika, która musi być dodana przy wyznaczaniu dokładności pomiaru poziomu. Tłumik taki w zwykłych analizatorach znajduje się poza obwodem kompensacji. Czynniki dodatkowej niepewności związanej z tłumikiem wejściowym nie jest uwzględniany (nie jest dodawany) wyłącznie w analizatorach, w których wchodzi on w skład obwodu kompensującego. Typowe dokładności pomiaru poziomu sygnału w analizatorach pracujących w paśmie do 13 GHz, w warunkach laboratoryjnych, w temperaturze 20...30°C przedstawiają się następująco:

- absolutna dokładność pomiaru poziomu: ±0,33 dB (±0,36 dB w całym zakresie temperatury)
- odpowiedź częstotliwościowa: ±2,0 dB (±2,7 dB w całym zakresie temperatury)
- odpowiedź częstotliwościowa IF: ±0,45 dB
- niepewność nastawy tłumika wejściowego: ±0,7 dB.

Jak widać, łączna niedokładność pomiaru poziomu sygnału

dla najgorszego przypadku może być równa aż ±3,48 dB dla kombinacji liniowej lub ±2,19 dB dla metody RSS. Metoda RSS (Root Sum Squares) jest często stosowana przez producentów w celu przybliżenia wyników do warunków rzeczywistych. Łączy ona indywidualne błędy w jedną niepewność pomiaru. Wykorzystywany jest zatem fakt, że błędy indywidualne są statystycznie niezależne i jest mało prawdopodobne, by wszystkie wystąpiły jednocześnie.

W tabeli 1 przedstawiono porównanie interesujących nas parametrów analizatora MS2830A ze standardowym analizatorem widma. Kalibracja MS2830A obejmuje zarówno filtr wejściowy, jak i źródło częstotliwości referencyjnej.

Wnioski

Na zakończenie należy jeszcze raz podkreślić znaczenie zachowywania takich samych warunków pomiaru jak kalibracji w kontekście uzyskiwanej dokładności pomiarów. Jak wiemy, warunek ten nie jest jednak spełniany w większości spotykanych analizatorów, co skutkuje powstawaniem dodatkowych niepewności pomiaru poziomu. Wyjątkiem są opisywane w artykule analizatory produkowane przez Anritsu: MS2830A i MS2690A. Zastosowane w nich techniki kompensacji, wykorzystujące elementy produkowane w najnowszych technologiach, zwiększają dokładność pomiaru poziomu sygnału. W przyrządach tych zrezygnowano z tradycyjnych oscylatorów referencyjnych YIG i przestrajanych filtrów YTF na rzecz oscylatorów VCO i zespołu przełączanych filtrów pasmowych. Rozwiązanie to jest stosowane w analizatorach mierzących w paśmie do 13,5 GHz.

Jarosław Doliński, EP

