

Metody zwiększania

dokładności pomiarów poziomu sygnału w analizatorach Anritsu nowej generacji – część 1

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.

Poziom szumów a czułość

Istotnym ograniczeniem dokładności pomiarów poziomu sygnału jest tzw. podłoga szumów (*noise floor*), czyli poziom szumów własnych. Szumy ograniczają bezpośrednio czułość przyrządu, niecelowe wydaje się konstruowanie układów o czułości większej niż podłoga szumowa. Całkowita moc szumów jest w dużym stopniu zależna od zjawisk termicznych, ale należy też uwzględnić pasmo częstotliwości, w którym są prowadzone pomiary. Podłoga szumowa jest wyznaczona

przez tzw. termiczne szumy Johnsona i zjawiska związane z nierównomiernością przepływu ładunku elektrycznego (np. szum śrutowy). Moc szumu jest równa:

$$P = K_b \cdot T \cdot \Delta f$$

gdzie: K_b – stała Boltzmanna ($1,380658 \cdot 10^{-23}$ [J/K]), T – temperatura mierzona w Kelwinach, Δf – pasmo, w którym jest mierzony szum.

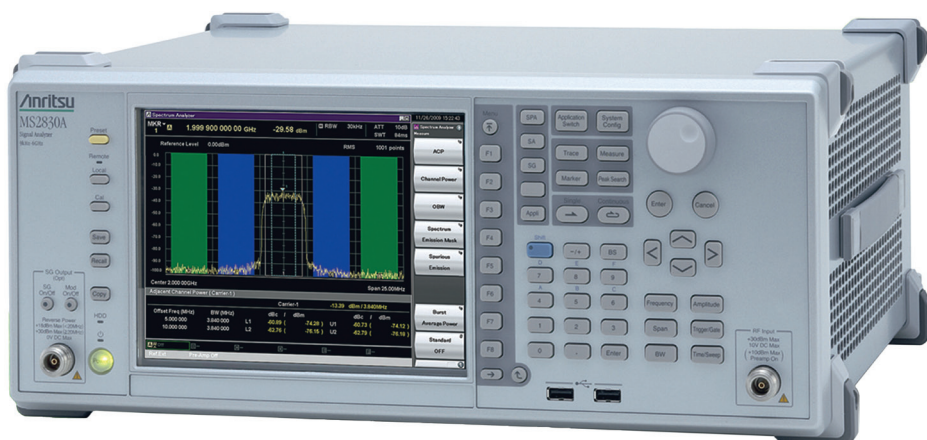
Na podstawie powyższej zależności można oszacować szum, z jakim będziemy mieli do czynienia w określonych przypadkach, np.:

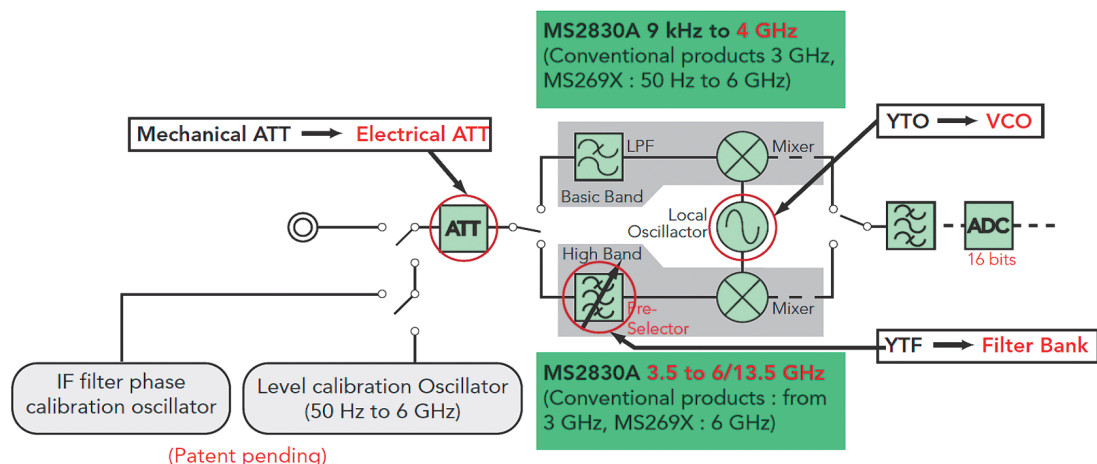
- dla pasma 1 Hz –174 dBm,
- dla pasma 10 Hz –164 dBm,
- dla pasma 200 kHz (pojedynczy kanał GSM) –121 dBm,
- dla pasma 3,84 MHz (pojedynczy kanał UMTS) –108 dBm.

W dokumentacji analizatorów widma często poziom szumów jest odnoszony do pasma 1 Hz lub 10 Hz.

Definicja całkowitej dokładności i niepewności pomiaru poziomu sygnału

Przytaczana w dokumentacji całkowita niepewność jest rozumiana jako bezwzględna dokładność pomiaru poziomu dla wyspecyfikowanych nastaw: częstotliwości, tłumienia i poziomu sygnału wejściowego. Wyrażenie to jest wprawdzie wykorzystywane do porównywania niepewności pomiarów poziomu wykonywanych różnymi przyrządami, nawet pochodzącymi od różnych producentów, jednak porównanie takie nie jest pełne, gdyż nie obejmuje rzeczywistych warunków, z jakimi mają w praktyce do czynienia użytkownicy. Miarodajne porównanie może być dokonane wyłącznie przy identycznych nastawach częstotliwości, tłumienia i poziomu sygnału





Rys. 1. Implementacja sprzętowa poprawiająca całkowitą dokładność pomiaru poziomu sygnału

łu wejściowego. Kluczem do określania rzeczywistej niepewności pomiaru jest „całkowita dokładność pomiaru poziomu”, zawierająca nieskorygowane błędy systematyczne wynikające z przekroczenia warunków pomiarowych, dla których określono bezwzględną dokładność pomiaru. Mając to na uwadze można zmodyfikować definicję. Teraz przybierze ona postać:

całkowita dokładność poziomu
= bezwzględna dokładność poziomu + nieskorygowane błędy systematyczne.

Separacja błędów systematycznych a prawdziwa niepewność pomiaru

Błędy systematyczne są definiowane jako te, które mogą być rozpoznane i prawidłowo skompensowane odpowiednimi algorytmami pomiarowymi. Są to więc wartości deterministyczne.

Błędy systematyczne wynikają m.in. z określonej tolerancji parametrów elementów elektronicznych wchodzących w skład układu pomiarowego.

Prawdziwa niepewność pomiaru wynika z błędów i zmiennych parametrów, które są nieznanne lub nie są określone. Są to błędy wynikające np. z szumu występującego w złączach elementów półprzewodnikowych (niezależne od temperatury szumu: śrutowy, migotania, wybuchowy, lawinowy) oraz z nieskompensowanych fluktuacji termicznych powstających na przykład w elementach znajdujących się poza obudowami zapewniającymi stabilne warunki termiczne a wchodzących w skład układu pomiarowego. Błędy, o których mowa, powstają także w wyniku starzenia się elementów, na przykład oscylatorów i przełączników wchodzących do ścieżki pomiarowej.

Wymierne zwiększenie całkowitej dokładności pomiarów poziomu sygnału można więc uzyskać przez określenie i skompensowanie jak największej liczby błędów systematycznych. W sposób oczywisty przekłada się to na poprawę dokładności pomiarów wykonywanych analizatorem widma.

Rozwiązania sprzętowe stosowane w celu zwiększenia całkowitej dokładności pomiaru poziomu sygnału

Rozwiązania sprzętowe stanowią główną metodę zwiększania całkowitej dokładności pomiaru poziomu sygnału. Istotą zagadnienia jest ustalenie obwodów, które będą uwzględniane w zastosowanej implementacji, a także obranie parametrów, które będą podlegały kompensacji. Środki stosowane w większości

MERATRONIK

- radiokomunikacja
- telekomunikacja
- optokomunikacja
- lotnictwo
- metrologia

Biurowe Handlowe:
ul. I. Gandhi 19, Warszawa
tel. 22 855 34 32, faks 22 644 25 56
sales@meratronik.pl
www.meratronik.pl

Twój partner w pomiarach



Wyłączny przedstawiciel:

AEROFLEX

AMETEK
PROGRAMMABLE POWER

Anritsu

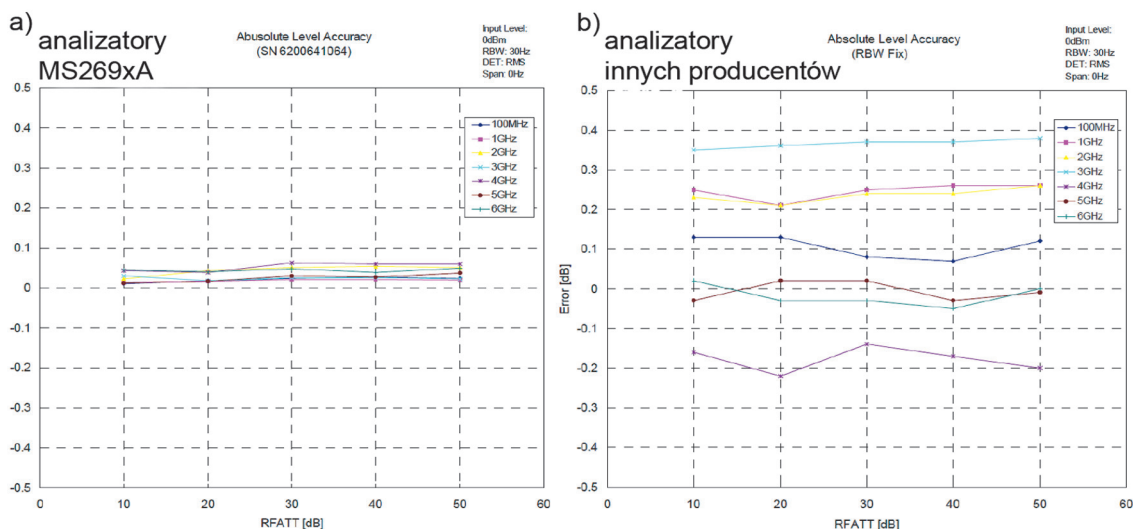
GUILDLINE

IET

KIKUSUI

LEADER

TRANSMILLE
SOLUTIONS IN CALIBRATION



Rys. 2. Porównanie bezwzględnej dokładności pomiarów poziomu uzyskiwanej w analizatorach Anritsu i analizatorami innych producentów

analizatorów są zwykle implementowane dla ustalonej częstotliwości oraz poziomu sygnału.

W analizatorach Anritsu MS2830A i MS2690A zastosowano unikatową technikę kompensacji błędów, w której źródło referencyjne odpowiedzialne za kalibrację odbiorników działających w szerokim zakresie częstotliwości pracuje z przemiataniem częstotliwości. W ten sposób minimalizowane są błędy systematyczne. Spotykane w innych

pewnia automatyczną korekcję tłumienia przy każdej zmianie nastawy tego parametru. W rozwiązaniach innych producentów sygnał kalibracyjny nie przechodzi przez tłumiki wejściowe, co powoduje dodawanie się niepewności pomiarowej wynikającej z ich pominięcia, a w efekcie dodanie tej niepewności do bezwzględnej dokładności pomiaru. Rozwiązanie zastosowane w analizatorach Anritsu przedstawiono na rysunku 1. Częstotliwość sygnału kalibracyjnego jest przemiatana w zakresie od 50 Hz do 6 GHz (analizator MS2690A) i do 4 GHz (analizator MS2830A), a tor sygnału kalibracyjnego obejmuje tłumik wejściowy. Dzięki temu dokładność pomiaru poziomu jest utrzymana w całym zakresie kalibracji, a dokładność pomiarów dokonywanych analizatorami Anritsu jest w znacznym stopniu zwiększona. Porównanie dokładności uzyskiwanych analizatorami MS269xA z analizatorami innych producentów przedstawiono na rysunku 2.

Wykresy z rysunku 2 są potwierdzeniem powyższych rozważań. Pierwsze spostrzeżenie prowadzi do wniosku, że w analizatorach MS2830A uzyskano mniejsze zmiany dokładności pomiaru poziomu zarówno w funkcji nastawy tłumienia wejściowego (oś odciętych), jak i w funkcji częstotliwości (poszczególne krzywe na wykresie). Zmiany te nie przekraczają przy tym parametrów wyspecyfikowanych w danych technicznych przyrządu. Można to zaobserwować porównując ze sobą każdą z kolorowych krzywych łamanych widocznych na wykresie z rysunku 1a. Zmiany pomiędzy poszczególnymi krzywymi

są niewielkie. Zupełnie inaczej wygląda to na wykresie 1b, na którym różnice błęd pomiarowego w całym zakresie mierzonych częstotliwości i tłumienia są równe ok. 0,6 dB (od +0,38 dB do -0,22 dB uwzględniając skrajne wyniki niezależnie od krzywej). Dla analizatorów, których wyniki przedstawiono na rysunku 1b bezwzględna dokładność jest specyfikowana tylko dla częstotliwości kalibracji równej 50 MHz, a zmiany tej częstotliwości powodują dodatkowe błędy niepewności pomiaru dochodzące do 0,38 dB.

Drugie spostrzeżenie dotyczy równomierności każdej z krzywych, związanej z nastawą wejściowego tłumika RF. W analizatorach Anritsu zmiana nastawy tłumika wprowadza zmianę niepewności pomiaru nie większą niż 0,03 dB, natomiast w innych analizatorach jest to ok. 0,1 dB.

Konkluzja po analizie powyższego tekstu jest oczywista, ale bez tej wiedzy może być zaskakująca. Okazuje się, że dwa przyrządy o takich samych dokładnościach bezwzględnych podawanych w specyfikacji wyrobu nie są sobie równoważne. Na skutek nieskompensowanych niepewności pomiaru wynikających ze zmian nastaw przyrządu całkowita niepewność pomiaru poziomu w analizatorach innych niż Anritsu może się zwiększyć nawet do 0,4 dB.

Jarosław Doliński, EP

Złota myśl (bo zabrakło tekstu)

przyrządach metody kalibracji ograniczają się do ustalonej częstotliwości (np. 50 MHz), co jednak powoduje powstanie nieskompensowanych niepewności pomiarowych przy zmianie częstotliwości. Takie składowe niepewności wynikające ze zmiany częstotliwości dodają się oczywiście do bezwzględnej dokładności pomiaru.

W architekturze analizatorów Anritsu sygnał kalibracyjny przechodzi przez przełączane tłumiki wejściowe, co za-

Dane kontaktowe

Meratronik, tel. 22 855 34 32
 meratronik@meratronik.pl
 www.meratronik.pl