

VNA Master

Wektorowy analizator sieci firmy Anritsu

Czy ktoś jeszcze pamięta sieci komputerowe łączone kablem koncentrycznym zakończonym wtykami BNC? Ba, powoli zapominamy nawet jak wygląda skrętka 5. kategorii. Wszegobecne stają się sieci bezprzewodowe WiFi. Są one nieporównywalnie łatwiejsze w użytkowaniu niż kablowe, ale też trudniejsze w instalowaniu. Jednak szczególną trudnością jest stosowanie ich w miejscach o dużym zagęszczeniu niezależnych sieci lokalnych lub w przypadku instalacji rozległych, rozmieszczonych na dużych obszarach.

Z sieciami bezprzewodowymi spotykamy się na co dzień. Nie traktujemy ich już jako czegoś wyjątkowego, wręcz przeciwnie – to połączenia przewodowe wydają się być przeżytkiem, o którym chcielibyśmy jak najszybciej zapomnieć. Utrzymanie sieci WiFi jest w ogólnym przypadku zadaniem trudnym. Pamiętajmy, że pod tym pojęciem kryją się nie tylko małe, lokalne sieci służące do połączenia kilku komputerów w domu lub biurze. W sieci WiFi obejmującej obszar miasta – a nawet większy – działają terminale policyjne czy wojskowe. Spotykamy się również z bezprzewodowymi sieciami cywilnymi udostępniającymi np. Internet w dużych centrach handlowych lub osiedlach mieszkaniowych. Konserwacja takich sieci jest niejednokrotnie związana z koniecznością dokonywania pomiarów wielu różnych urządzeń, takich jak: anteny, kable (nawet w sieciach bezprzewodowych nie da się ich uniknąć), filtry, multipleksery, wzmacniacze (w tym niskoszumowe), przełączniki itp. Zakres częstotliwości, z którym mają do czynienia inżynierowie utrzymania sieci może być bardzo szeroki: od stosunkowo niskich RF do najwyższych pasm mikrofalowych. Okresowe pomiary urządzeń stosowanych w sieciach WiFi są niezbędne ze względu na warunki, w których pracują. Wiele elementów, takich jak anteny i kable, działa na wolnej przestrzeni podlegając wpływowi atmosferycznym (temperaturze, wilgotności), a nierzadko również agresywnemu otoczeniu (np. sól w instalacjach nadmorskich). Nie



do pominięcia jest starzenie się elementów, czego konsekwencją jest konieczność ich wymiany po przekroczeniu ustalonego rezerwu. W przypadku sieci o dużym znaczeniu (najczęściej wojskowych, medycznych, policyjnych itp.) utrudnieniem dla serwisantów jest wykonywanie czynności serwisowych pod dużą presją psychiczną. Sieci takie muszą bowiem działać praktycznie bez przerw, a jeśli nawet okaże się konieczne wyłączenie systemu, to czas prowadzenia prac konserwacyjnych powinien być skrócony do minimum.

Czynnikiem nakazującym skracanie czasu prowadzenia pomiarów i napraw są również względy zdrowotne. Przebywanie w pobliżu działających anten dużej mocy jest szczególnie niebezpieczne, a nie zawsze jest możliwe przeniesienie badanych urządzeń w bezpieczne miejsce.

Wymienione czynniki stanowią wystarczający zbiór argumentów do tego, by zakupy urządzeń pomiarowych przeznaczonych do serwisowania sieci WiFi były dokładnie przemyślane. A mamy w czym wybierać, bo różnorodność aparatury pomiarowej jest w tym zakresie imponująca. Firma Anritsu, specjalizująca się w produkcji urządzeń pomiarowych przeznaczonych m.in. do utrzymania i serwisowania sieci WiFi, oferuje na przykład:

- tester i skaner obszaru,
- testery Bluetooth,
- przenośne analizatory stacji bazowych,
- przenośne analizatory kabli i anten,
- przenośne wektorowe analizatory sieci,

Dodatkowe informacje:
Opracowano na podstawie materiałów Anritsu

- testery sieci WLAN 802.11,
- skalarny analizatory sieci,
- mierniki BER,
- testery nadajników,
- generatory sygnałów,
- testery telefonów komórkowych,
- testery protokołów,
- testery zgodności systemów,
- mierniki i czujniki mocy,
- analizatory widma.

Największą trudność sprawia oczywiście utrzymanie sieci WiFi działających na rozległych obszarach.

Do niedawna pomiary systemów radiowych były prowadzone niemal wyłącznie specjalizowanymi przyrządami przystosowanymi do określania jednego lub co najwyżej wąskiej grupy parametrów. Do badań kompleksowych konieczne więc było stosowanie kilku różnych mierników. Obecnie inżynierowie chętniej sięgają po coraz szerzej dostępne, pojedyncze przyrządy uniwersalne, nadające się do wykonywania praktycznie wszystkich pomiarów rutynowych. Nie bez znaczenia, szczególnie w warunkach terenowych, są przy tym ich mniejsze gabaryty i waga.

Przyrządy do pomiarów sieci WiFi można podzielić na: reflektometry pracujące w dziedzinie czasu (TDR – *Time Domain Reflectometer*), ana-

lizatory modulacji i analizatory widma. Zakres zadań pomiarowych jest dość szeroki. Jednym z nich, a zarazem takim, z którym pracownicy utrzymania sieci mają najczęściej do czynienia, jest badanie interferencji. Do tego celu najlepiej nadają się analizatory widma. Przyrządy te są nie tylko do wykrywania uszkodzeń, ale także do określania parametrów częstotliwościowych. Po zmodulowaniu sygnału nadawanego, można nimi mierzyć dewiację, pasmo zajmowane, pasmo wstęg bocznych, określić kompatybilność elektromagnetyczną itp. Coraz większą popularność zdobywają wektorowe analizatory sieci (VNA – *Vector Network Analyzer*). Przyjęta w nich metoda pomiarów, opierająca się na określaniu wszystkich S-parametrów badanych elementów, pozwala np. określać parametry amplitudowe, fazowe i opóźnienie grupowe urządzeń 2-portowych stosowanych w sieciach, a także szybko i bezbłędnie ustalać uszkodzenia (włącznie z ich lokalizacją) w kablach koncentrycznych i falowodach. Pomiarów wektorowe zapewniają przy tym dużo większą dokładność niż odpowiadające im pomiary skalarne.

Przenośny, wektorowy analizator sieci VNA Master

W bogatej ofercie przyrządów pomiarowych firmy Anritsu na uwagę zasługują wektorowe analizatory sieci VNA Master. Jest to rodzina przyrządów składająca się z kilku typów i modeli: MS202xB/3xB i MS202xC/3xC. Przyrządy te są stosowane do badania systemów radiowych z sieciami WiFi włącznie. Zakres pokrywanych pasm częstotliwości przez modele z najwyższej półki jest wystarczający przy większości pomiarów sieci WiFi (od 5 kHz do 20 GHz). Rodzina MS202xC/3xC (**fotografia 1**) charakteryzuje się najszerszym pasmem wśród spotykanych przenośnych analizatorów VNA.

Analizatorami VNA Master można dokonywać kompleksowych pomiarów urządzeń dwuportowych, takich jak: filtry wąskopasmowe, multiplexery, łączniki itp. Przyrządy te integrują w sobie cechy spotykane w miernikach klasycznych, a dzięki zwartej i mocnej konstrukcji z powodzeniem mogą być wykorzystywane w terenie. Sprzyja temu również wbudowany wyświetlacz TFT LCD, na którym wyniki pomiarów są bardzo dobrze widoczne nawet przy silnym, słonecznym oświetleniu. Analizatory VNA Master mogą z powodzeniem rywalizować z wieloma analizatorami skalarnymi, woltmierzami wektorowymi, miernikami mocy, stacjonarnymi analizatorami widma.

Zasada działania analizatora wektorowego opiera się na określaniu S-parametrów badanych urządzeń (kablów, anten, filtrów). MS202xC/3xC VNA Master jako przyrządy 2-portowe pozwalają mierzyć wszystkie S-parametry. Dzięki zastosowanemu algorytmom korekcji błędów, analizatory MS202xC/3xC osiągają dokładność 10 razy większą niż analogiczne przyrządy skalarne. Prawdziwą 2-portową architekturę analizatorów VNA Master przedstawiono na **rysunku 2**. Dodatkową



Fotografia 1. Wektorowy analizator sieci VNA Master MS2038C

możliwością funkcjonalną modeli MS202xC/3xC są pomiary rozpraszania w falowodach.

Bardzo szybkie przemiatanie pasma (zaledwie 350 μ s/punkt) umożliwia prowadzenie pomiarów i strojenie filtrów w czasie rzeczywistym. Jedną z większych zalet omawianych VNA Master-ów jest zakres dynamiki. Dla pomiarów filtrów jest on większy od 90 dB, co jest trudne do osiągnięcia, wręcz niemożliwe, w analizatorach klasycznych i reflektometrach TDR. Cechy te predestynują VNA Master-y do zastosowań w pomiarach DTF (*Distance-To-Fault*) wykorzystywanych do lokalizacji uszkodzeń w długich, trudnodostępnych odcinkach kabli (np. doprowadzających sygnał do anteny nadawczej sieci WiFi). Pomiary DTF należą do grupy pomiarów w dziedzinie częstotliwości FDR (*Frequency Domain Reflectometry*). Wykorzystuje się w nich sygnał RF z przemiataniem częstotliwości, podczas gdy pomiary TDR polegają na obserwowaniu odbić po „wpuszczeniu” w linię impulsów DC. Stosując technikę FDR można precyzyjnie wykrywać zarówno uszkodzenia linii, jak również tylko lokalne pogorszenie jej parametrów. Może to być sygnałem do wymiany elementów systemu zanim ulegną one całkowitej degradacji, czego konsekwencją jest najczęściej duża awaria sieci. W algorytmie DTF wykorzystuje się pośrednio pomiary współczynnika tłumienia lub napięciowego współczynnika fali stojącej (VSWR).

Dwa w jednym, czyli wektorowy analizator sieci i analizator widma

Miernik MS203xC VNA Master jest *de facto* połączeniem dwóch przyrządów działających na odmienną zasadzie. Jest to wektorowy analizator sieci i klasyczny analizator widma. Dwa modele tego typu pokrywają zakres widma od 9 kHz do 9 GHz lub 20 GHz. Umożliwiają wykrywanie sygnałów o bardzo małych poziomach oraz źródeł interferencji. Osiągana już przy użyciu standardowego przedwzmacniacza czułość pomiaru uśrednionego poziomu szumów jest równa 160 dBm dla rozdzielczości pasma (BWR) równej 1 Hz. Zakres dynamiki jest większy niż 104 dB. Przyrząd ten bardzo dobrze nadaje się do

wyszukiwania sygnałów o charakterze przypadkowym, nieprzewidywalnym.

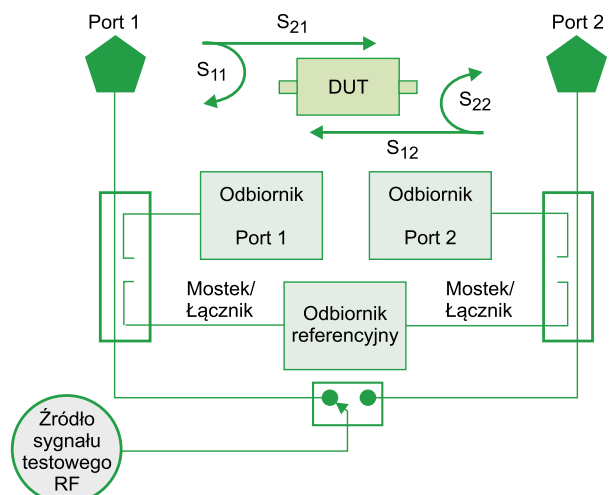
Modele MS202xB/3xB VNA Master odznaczają się z kolei bardzo dobrym stosunkiem ceny do osiągnięć. Są wykorzystywane w zakresie częstotliwości do 6 GHz. Jak wszystkie VNA Master-y mogą być traktowane jako scalenie kilku przyrządów w jednym. Analizatory VNA Master są przystosowane do pracy w zakresie temperatury od -10 do 55°C, a ich obudowy na pewno zniosą trudy użytkowania w warunkach terenowych. Akumulatorowe zasilanie zapewnia nieprzerwaną, autonomiczną pracę przez 3 godziny.

Pomiary

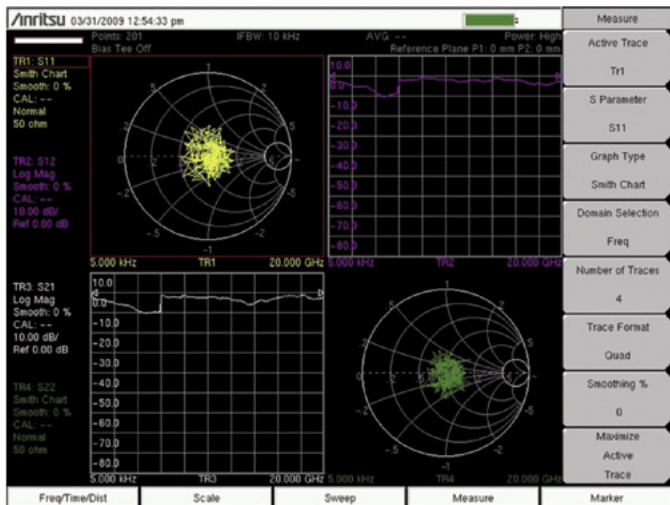
Możliwości pomiarowe przyrządów VNA Master zostaną pokrótce przedstawione na przykładzie najsilniejszego modelu, jakim jest MS2038C. Mimo niepozornego wyglądu jest to prawdziwy kombajn pomiarowy łączący w sobie wektorowy analizator sieci i analizator widma. Jest przeznaczony do pomiarów parametrów kabli, anten i sygnałów w dowolnym miejscu. Jego możliwości pomiarowe stanowią rozwinięcie możliwości niższego modelu VNA Master MS2028C.

Na płycie czołowej miernika, oprócz ekranu LCD TFT, znajdują się elementy regulacyjne. Są to przyciski funkcyjne, kursorowe, klawiatura numeryczna oraz wygodne w użyciu pokrętko wyboru, stosowane np. do obsługi list rozwijanych. Przyciski funkcyjne mają zmieniające się znaczenie w zależności od kontekstu. Ich opis, adekwatny do sytuacji, jest wyświetlany w bocznej części ekranu. Poniżej ekranu natomiast umieszczono przyciski o stałym znaczeniu służące do szybkiego wyboru opcji. Wprowadzanie parametrów pomiarów może być realizowane na kilka sposobów, np. przez bezpośrednie podanie liczb za pomocą klawiatury numerycznej albo przez przewijanie zakresów pokrętkiem wyboru lub przyciskami kursorowymi.

VNA Master MS2038C integruje w sobie funkcje kilku przyrządów. Są one wybierane przyciskiem *Mode*, po naciśnięciu którego na ekranie jest wyświetlane okno wyboru. W zależności od wybranego trybu pomiarowego miernik należy



Rysunek 2. Schemat blokowy 2-portowego analizatora wektorowego



Rysunek 3. Przykładowe wyniki pomiarów s-parametrów wektorowym analizatorem sieci

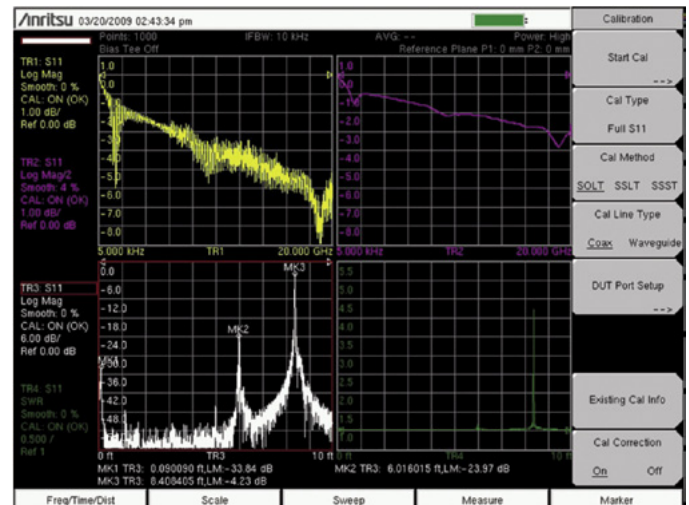
odpowiednio dołączyć do badanego urządzenia, pamiętając o ewentualnych elementach dodatkowych, takich jak: tłumiki zewnętrzne, adaptory itp. VNA Master jest bardzo bogato wyposażony we wszelkiego rodzaju interfejsy komunikacyjne, które mogą być wykorzystywane w pomiarach automatycznych, a także ułatwiają przekazywanie wyników do innych urządzeń. Ponadto, w górnej części obudowy znajdują się gniazda dla słuchawek, zewnętrznego generatora częstotliwości referencyjnej, sygnału wyzwalania zewnętrznego, detektora RF, wyjścia częstotliwości referencyjnej 10 MHz. Wykorzystując przyrząd w pomiarach terenowych przydatna może okazać się opcja GPS, dla której umieszczono gniazdo anteny zewnętrznej. W analizatorze VNA Master przewidziano ponadto możliwość zapisywania danych w wewnętrznej lub zewnętrznej pamięci Flash.

Praca w trybie wektorowego analizatora sieci. Przykładowy wygląd ekranu miernika pracującego tym trybie przedstawiono na **rysunku 3**. Każdy ze zmierzonych S-parametrów badanego urządzenia jest umieszczany w formie graficznej w wyodrębnionym obszarze ekranu. Jak widać jest on podzielony na cztery części (ścieżki), czasami jednak dogodniej jest umieszczać wszystkie wyniki nałożone na siebie. Taka możliwość również

istnieje. Zawsze aktywna może być tylko jedna ścieżka. Jest ona wyróżniona czerwonym obramowaniem. Poszczególne S-parametry są przypisywane do ścieżek przez użytkownika według jego upodobań. Znaczenie S-parametrów (*scattering parameters*) jest częściowo wyjaśnione na **rysunku 2**. W analizatorze 2-portowym mogą być mierzone cztery podstawowe s-parametry, które są definiowane jako s_{xy} . W analizatorze takim wyróżnia się dwa rodzaje pomiarów:

- *forward measurements* – dotyczących sygnałów transmitowanych z portu 1,
- *reverse measurements* związane z sygnałami transmitowanymi z portu 2.

Sygnaly wychodzące z danego portu i powracające do niego wyznaczają parametry odbiciowe, natomiast sygnaly wychodzące z jednego portu i pojawiające się w drugim porcie wyznaczają parametry transmisyjne. I tak: S11 (*Forward Reflection*) reprezentuje współczynnik odbicia obliczony na podstawie pomiarów sygnału transmitowanego z portu 1 i sygnału powracającego do niego wskutek odbicia; S21 (*Forward Transmission*) to współczynnik transmisji obliczony na podstawie pomiarów sygnału transmitowanego z portu 1 do portu 2; S12 (*Reverse Transmission*) to również współczynnik transmisji tyle, że obliczony



Rysunek 4. Wyniki 1-portowych pomiarów kabla analizatorem wektorowym

na podstawie pomiarów sygnału transmitowanego z portu 2 do portu 1; S22 (*Reverse Reflection*) wsteczny współczynnik odbicia obliczony na podstawie pomiarów sygnału transmitowanego z portu 2 i sygnału wracającego do niego wskutek odbić. S-parametry są obliczane na podstawie poziomów sygnałów zmierzonych przez odbiorniki portów i odbiorniki referencyjne. Są to wielkości bezwymiarowe, a w sensie matematycznym reprezentują liczby zespolone. Znając je można obliczać inne wielkości często mierzone za pomocą specjalnie skonstruowanych do tego celu przyrządów. Przykładowo współczynnik fali stojącej jest zdefiniowany jako:

$$SWR = \frac{(1 + |S_{xx}|)}{(1 - |S_{xx}|)}$$

Przykładowe pomiary 1-portowe uszkodzonego kabla wykonane miernikiem VNA Master przedstawiono na **rysunku 4**. Na trzecim wykresie wyraźnie są widoczne trzy odbicia. Pierwsze z nich (MK1) występuje na łączówce kabla, ostatnie (MK3) powstaje w wyniku zwarcia kabla na jego końcu, natomiast odbicie MK2 wskazuje na występowanie uszkodzenia kabla w tym miejscu.

Praca w trybie analizatora widma. Przed przystąpieniem do pomiarów należy zadbać o od-

R E K L A M A

Wyłączny przedstawiciel

AMERATRONIK

Twój partner w pomiarach

- radiokomunikacja
- telekomunikacja
- optokomunikacja
- lotnictwo
- metrologia

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

powiednie ustawienie zakresu i rozdzielczości przemiatania częstotliwości. Zarówno RBW (*Resolution Bandwidth*), jak i VBW (*Video Bandwidth*) mogą być ustawiane ręcznie lub automatycznie. Analizatorami można przeprowadzić pojedynczy pomiar (*Single*) – wówczas odświeżanie ekranu jest zamrażane po jednokrotnym skompletowaniu danych lub jest wykonywane w sposób ciągły (*Continuous*) po chwilowym pokazaniu wyników. Po zaimplementowaniu opcji „Gated Sweep Setup” VNA Master przedstawia wyniki jednocześnie w dziedzinie czasu i częstotliwości. Ekran miernika jest wówczas podzielony na dwie części (rysunek 5). Mając zdjętą charakterystykę częstotliwościową miernik oblicza kilka związanych z nią parametrów, takich jak: natężenie pola, pasmo zajmowane, moc kanału, stosunek mocy kanałów przyległych, stosunek mocy częstotliwości nośnej do częstotliwości interferencyjnych. Dla pomiarów sieci WiFi demodulator AM/FM/SSB raczej nie będzie przydatny, nie mniej miernik nim dysponuje. Szybką ocenę jakości badanych urządzeń można przeprowadzić po uaktywnieniu funkcji *Emission Mask*. Działa ona podobnie jak test *Pass/Fail* spotykany w oscyloskopach cyfrowych. Pomiar polega na obserwacji, czy zmierzona charakterystyka widmowa urządzenia mieści się w ustalonej masce (rysunek 6).

Pomiar w trybie analizatora interferencji. Pomiary widma wykonywane w trybie klasycznego analizatora dostarczają wiele informacji o badanym nadajniku, lecz pewne niuansy są w nich trudne do zauważenia. Niektóre zjawiska są wręcz nieuchwytnie.

Typowy pomiar widma daje obraz zajętości pasma częstotliwości uchwycyony w danym momencie. Obraz jest wprawdzie regenerowany z szybkością jaką zapewnia analizator, ale zawsze kolejny wykres zaciera wyniki z poprzedniego pomiaru, przez co w pewnym stopniu tracona jest informacja o zmia-

nach widma w czasie. Niedogodności tej można uniknąć w trybie analizatora interferencji. W tym przypadku również jest analizowane widmo, ale wykres jest tworzony w postaci spektrogramu (rysunek 7). Poziom sygnału dla danej częstotliwości odłożonej na osi poziomej jest zaznaczany przypisanym do niego kolorem i jego nasyceniem. W ten sposób wszelkie zmiany częstotliwości w czasie są dobrze widoczne wzdłuż osi pionowej, a jednocześnie wzdłuż osi poziomej można obserwować zachodzenie pasm poszczególnych kanałów. Pomiar analizatorem interferencji umożliwia śledzenie poziomu sygnału nawet przez 72 godziny.

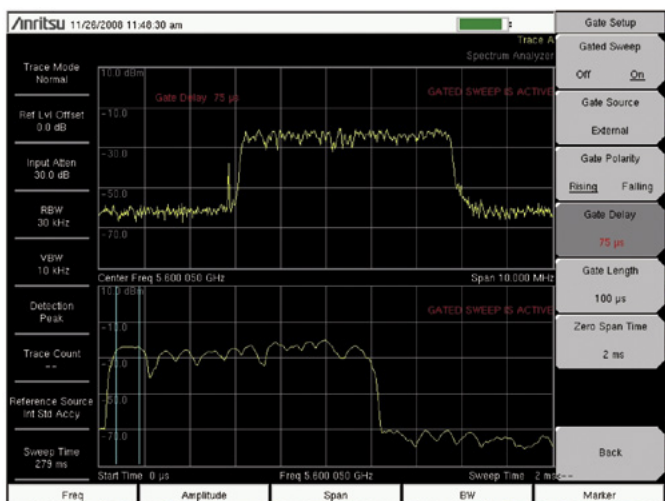
Po włączeniu funkcji pomiarowej Signal Strength Meter uzyskuje się klasyczny miernik mocy ze wskaźnikiem wychyłowym (rysunek 8).

Praca w trybie skanera kanałów jest wykorzystywana do pomiarów mocy w wielu kanałach, w których zachodzi jednoczesna transmisja sygnałów. Z sytuacją taką spotykamy się na przykład w sieciach AMPS, iDEN, GSM, TDMA, CDMA, W-CDMA i HSDPA. Równolegle może być mierzonych do 20 kanałów, a wynik pomiaru jest prezentowany w postaci graficznej (wykres słupkowy) lub tabelarycznej.

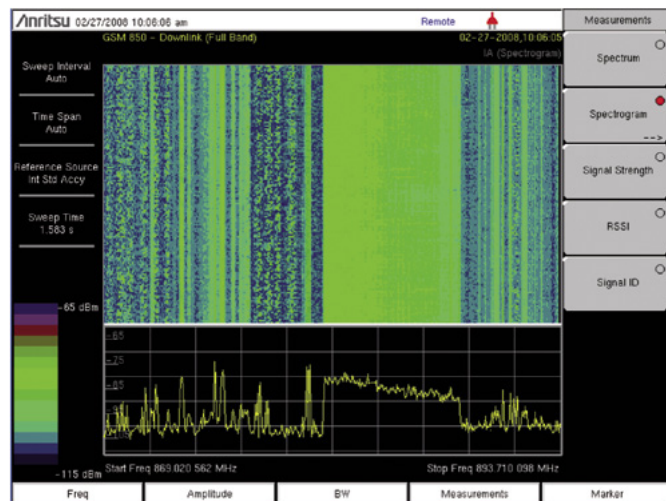
Trendy

Tradycyjne przyrządy stosowane do pomiarów sieci WiFi powoli wychodzą z użycia. Coraz częściej są zastępowane dużo lżejszymi i mniejszymi miernikami przenośnymi, takimi jak VNA Master. Dzięki swojej mobilności pozwalają one prowadzić pomiary, jakie nie byłyby możliwe do wykonania z zastosowaniem klasycznego sprzętu stacjonarnego.

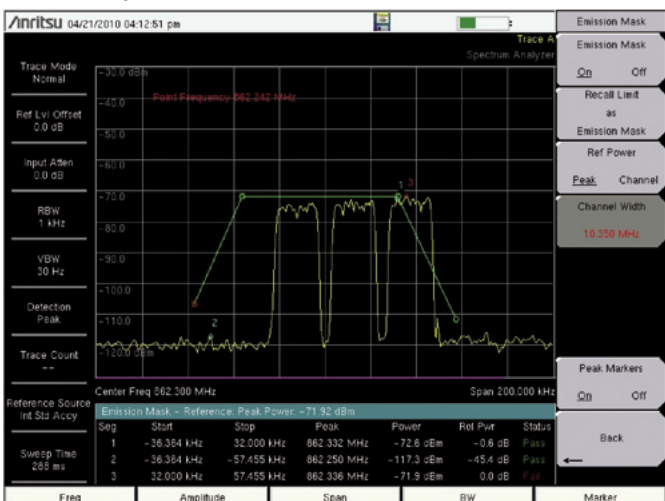
Jarosław Doliński, EP
jaroslaw.dolinski@ep.com.pl



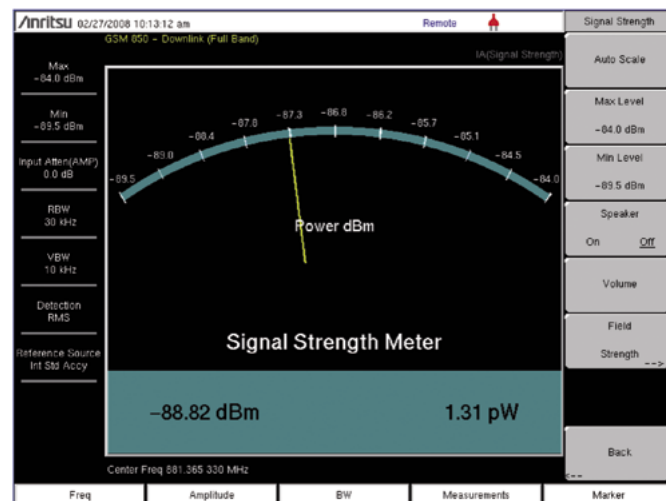
Rysunek 5. Jednoczesna prezentacja wyników w dziedzinie częstotliwości i w dziedzinie czasu uzyskiwana po włączeniu opcji *Gated Sweep*



Rysunek 7. Spektrogram wykonany w trybie analizatora interferencji



Rysunek 6. Ekran analizatora z włączoną funkcją *Emission Mask*



Rysunek 8. Wirtualny wskaźnikowy miernik mocy