

Nichts bleibt ihm verborgen: Echtzeit-Spektrumanalysator R&S®FSVR

Premiere: Mit dem R&S®FSVR kommt das erste Gerät auf den Markt, das einen vollwertigen Spektrum- und Signalanalysator mit einem Echtzeit-Spektrumanalysator vereint. Er misst das Frequenzspektrum ohne zeitliche Lücke und zeigt es mit einem Darstellbereich bis 40 MHz an. Auch seltene oder ultrakurze Einzelereignisse bleiben nicht verborgen, dafür sorgen die Spektrogramm-Darstellung und der Nachleuchtmodus. Mit seinem frequenzselektiven Trigger lassen sich sporadisch auftretende Signale im Spektrum sicher detektieren und untersuchen.

Echtzeit-Spektrumanalyse bis 40 GHz

Störungen durch sporadische und kurzzeitige Ereignisse im Frequenzbereich, spektrales Verhalten von Signalquellen bei Frequenzumschaltung oder Digitalschaltungen, die HF-Signale beeinflussen – das sind Probleme, die den mit Hochfrequenz befassten Entwicklern nur zu sehr bekannt sind. Die Fehlerursachen waren bisher meist schwer und nur mit viel Zeitaufwand zu finden. Mit dem R&S®FSVR (BILD 1) – der auf dem R&S®FSV* basiert – ist das nun vorbei, denn im Echtzeitbetrieb entgeht ihm nichts. In diesem Modus zeichnet er HF-Signale mit einer Bandbreite bis 40 MHz lückenlos im

Zeitbereich auf, transformiert sie in den Frequenzbereich und stellt ihr Spektrum dar. Um eine hohe zeitliche Auflösung und damit entsprechend genaue Pegelmessungen auch an kurzzeitigen oder impulsartigen Signalen zu gewährleisten, lässt der Analysator die Zeitabschnitte für die Fast-Fourier-Transformation (FFT) um mindestens 80 Prozent überlappen. Da alle Daten ohne Unterbrechung verarbeitet werden, entgeht dem Anwender kein auch noch so kurzes Signal. Diese Echtzeit-Funktion steht mit dem R&S®FSVR erstmals bis zu einer Eingangsfrequenz von 40 GHz zur Verfügung, mit externen Mixern sogar bis 110 GHz.

BILD 1 Den Echtzeit-Spektrumanalysator R&S®FSVR gibt es in vier Modellen bis 7 GHz, 13 GHz, 30 GHz oder 40 GHz.

* Schnellster und genauester Mittelklasse-Signalanalysator. NEUES (2008) Nr. 197, S. 18–23.



Der Analysator digitalisiert das HF-Signal mit 100 MHz Abtastrate und transformiert es quasi in Echtzeit in den Frequenzbereich. Er berechnet dabei bis zu 250000 Spektren pro Sekunde. Da das menschliche Auge mit dieser Vielzahl überfordert ist, fasst er die Messdaten in einem Detektor zusammen und stellt das Ergebnis ca. 30 mal pro Sekunde am Bildschirm dar. Dies ist etwa die Bildwiederholrate, die das menschliche Auge noch verarbeiten kann. Der Spitzenwert-Detektor sorgt dafür, dass kein HF-Signal im beobachteten Frequenzbereich verloren geht und jedes während der Beobachtungszeit vorkommende Signal auch dargestellt wird.

Da der R&S®FSVR in dieser Betriebsart mehrere Spektren zu einer Messkurve zusammenfasst, verringert sich die zeitliche Auflösung deutlich. Um dennoch einen klaren Eindruck vom zeitlichen Verlauf zu bieten, ist der Analysator mit verschiedenen Darstell- und Messfunktionen ausgestattet.

Nachleuchtmodus visualisiert Auftrittswahrscheinlichkeit von Signalen

Ein probates Mittel, um ultrakurzzeitige Signale sichtbar zu machen, ist der Nachleuchtmodus. Der R&S®FSVR schreibt die lückenlosen Spektren in einem Diagramm übereinander. Je nach Häufigkeit, mit der ein bestimmtes Signal mit einem Amplitudenwert auftritt, ändert er die Farbe des betreffenden Bildpunktes. Signale, die kontinuierlich vorhanden sind, stellt er beispielsweise in Rot, sehr seltene in Blau dar. Kommen bestimmte Signale nicht mehr vor, verschwinden sie nach der gewählten Nachleuchtzeit. Der Nachleuchtmodus stellt gewissermaßen ein spektrales Histogramm dar. Er ist eine unschlagbare Hilfe beim Untersuchen zeitlich veränderlicher Signale. Anwender sind nun zum Beispiel in der Lage, schnelle Einschwingvorgänge von PLLs zu analysieren. Die lückenlose Darstellung sämtlicher auftretender Frequenzen und Amplituden mit Wahrscheinlichkeitsgewichtung vermittelt einen völlig neuen Eindruck vom dynamischen Verhalten des Systems im Frequenzraum. Der Anwender sieht, ob bei einem Sender schnelle Frequenzsprünge vorkommen oder ob sich die Amplitude kurzzeitig stark verändert. Effekte wie diese können das Verhalten eines Gesamtsystems stark beeinflussen, sind aber mit konventionellen Analysatoren nur schwer zu detektieren.

BILD 2 zeigt eine typische Messung. Erst die Darstellung von sehr kurzzeitig vorhandenen Signalen gibt einen vollständigen Eindruck über den zeitlichen Verlauf der auftretenden Frequenzen und Amplituden im Frequenzraum. Außerdem kann man in dieser Darstellungsart sich überlagernde Signale trennen, wenn sie unterschiedliche Frequenz-Pegel-Wahrscheinlichkeiten haben – deren Ursache z. B. unterschiedliche Modulationsarten oder Symbolraten sein können (BILD 3).

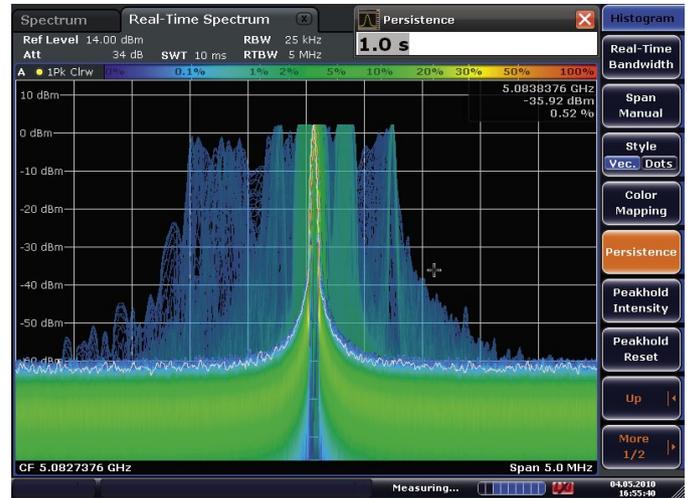


BILD 2 Das Einschwingverhalten eines VCOs für WLAN-Anwendungen im Nachleuchtmodus.

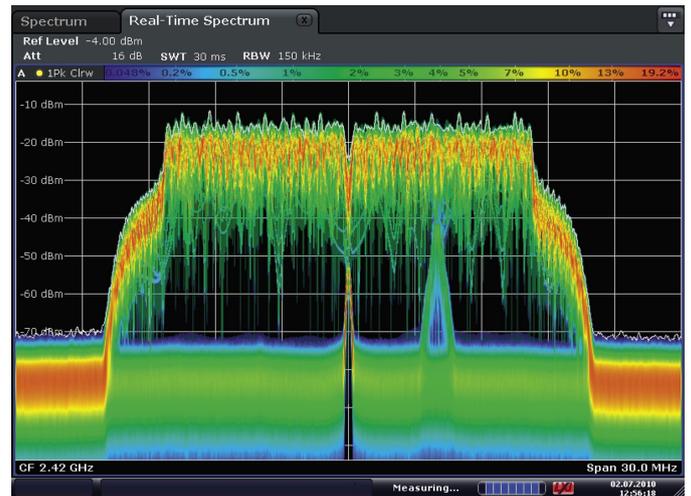


BILD 3 Überlagerung eines WLAN- und Bluetooth®-Signals im ISM-Band. Der Nachleuchtmodus ermöglicht klares Identifizieren der unterschiedlichen Signale.

Spektrogrammfunktion zeichnet Spektren lückenlos auf

Der Nachleuchtmodus eröffnet Anwendern neue Möglichkeiten für die Fehleranalyse, da er unter anderem einen Eindruck vom zeitlichen Verlauf des Signals im Frequenzbereich vermittelt. Um den zeitlichen Verlauf genau zu erfassen, nutzt der R&S®FSVR die Spektrogrammfunktion. Dabei ordnet er der Signalamplitude eine Farbe zu, sodass eine horizontale Linie zur Darstellung des Spektrums ausreicht. Durch kontinuierliches Aneinanderreihen der horizontalen Linien entsteht das Spektrogramm. Es zeigt im Echtzeit-Betrieb lückenlos das Spektrum über der Zeit. In diesem Betriebsmodus kann der R&S®FSVR bis zu 10000 Messkurven pro Sekunde aufzeichnen, die er in einen Ringspeicher schreibt. Auch hier

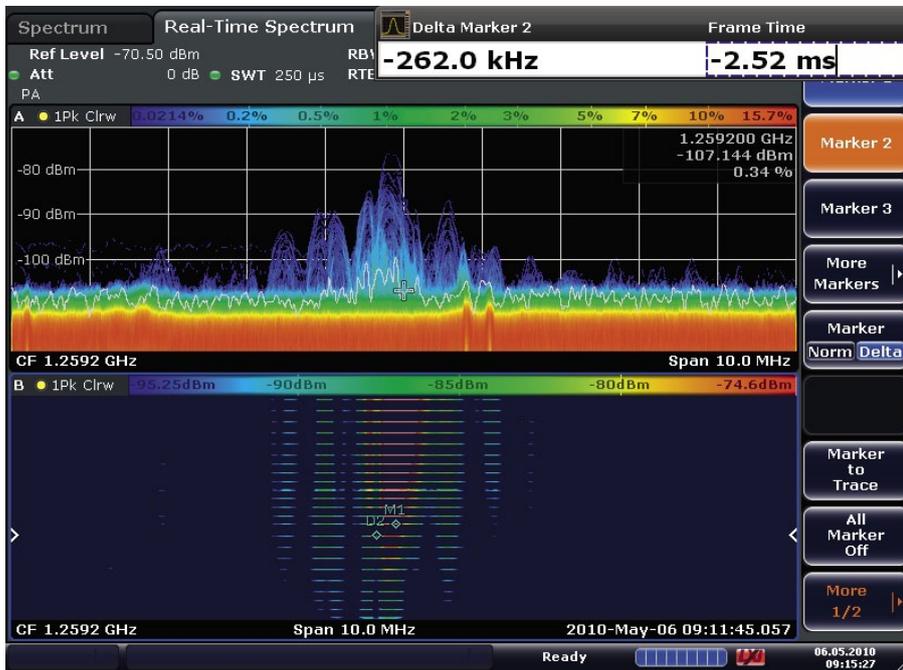


BILD 4 Signal eines Flughafen-Radars. Das Spektrogramm zeigt die gepulste Struktur des Signals und ermöglicht das Messen der Puls-wiederholrate, in diesem Beispiel 2,5 ms.

verwendet er zur Datenreduktion für die Anzeige einen Detektor. Die Speichertiefe für das Spektrogramm umfasst bis zu 100000 Messkurven (Traces). Je nach gewählter Update-Rate kann man damit einen Zeitraum bis fünf Stunden messen.

Zur nachträglichen detaillierten Untersuchung stehen Marker zur Verfügung, die in der Zeit- und Frequenzachse bewegbar sind. Damit lassen sich z.B. die Dauer von Ereignissen oder Zeitabstände zwischen Ereignissen bei einer bestimmten Frequenz komfortabel messen (BILD 4). Frequenzbänder sind damit lückenlos und einfach zu überwachen. Dies ist auch für die Suche nach sporadisch auftretenden Störsignalen nützlich. Ebenso bei Funkübertragungen mit häufigen Frequenzwechseln, wie sie beispielsweise bei RFID- oder

Bluetooth®-Anwendungen vorkommen, ist der R&S®FSVR ein unschätzbare Werkzeug, das Frequenzsprünge verfolgt und Sendereigenschaften charakterisiert. Die Suche nach sporadisch auftretenden Fehlern in der Frequenzaufbereitung von Sendern oder Störern aus Digital-schaltungen wird dadurch einfacher und die Suchzeit erheblich verkürzt.

Triggerung auf Ereignisse im Signalspektrum

Die mit dem Spektrogramm gesammelten Informationen können anschließend auch zur Definition eines Triggers im Spektralbereich genutzt werden. Dieser sogenannte Frequency Mask Trigger (FMT) reagiert auf Ereignisse im Spektrum. Der R&S®FSVR wertet jedes einzelne Spektrum – bis zu 250000 pro Sekunde – aus und vergleicht es mit einer definierten, frequenzabhängigen Maske. Verletzt eine Messkurve diese Maske, generiert er ein Triggerereignis, zeigt das aktuelle Spektrum an oder stellt die aufgezeichneten Daten zur Weiterverarbeitung, beispielsweise in einer Messapplikation, zur Verfügung. Damit analysiert der Analysator Einflüsse von Störsignalen bei HF-Sendern oder Frequenzwechsel sehr schnell und

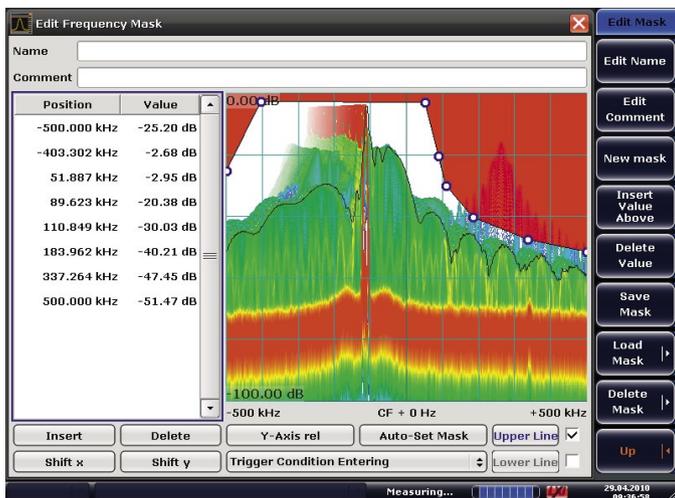


BILD 5 Eingabefenster für die Grenzwertlinie des Frequenzmasken-triggers (FMT). Die aktuelle Messkurve wird angezeigt und die einzelnen Punkte für die Grenzwertlinie können entweder eingegeben, am Bildschirm an die gewünschte Position geschoben oder automatisch angepasst werden. Der Anwender triggert hier auf ein Fehlersignal etwa 400 kHz oberhalb der eigentlichen Signalfrequenz einer gesweep-ten Quelle, das extrem kurz und somit von herkömmlichen Analy-satoren schwer zu detektieren ist.

zielgerichtet. Über einen Triggerausgang kann er zudem auch andere Messgeräte bei einem bestimmten Frequenzereignis triggern, falls diese zur Fehleranalyse erforderlich sind.

Die Maske für den spektralen Trigger lässt sich komfortabel am Touchscreen des R&S®FSVR definieren, sie kann aber auch automatisch generiert werden. Übersichtliche Tabellen und Grafiken geben dem Anwender die Möglichkeit, die Maske schnell an neue Gegebenheiten anzupassen. BILD 5 gibt einen Eindruck davon, wie einfach und übersichtlich das Gerät zu bedienen ist. Außer einer oberen Grenzwertlinie lässt sich auch eine Untergrenze definieren. Diese Triggerbedingungen sind vor allem dann nützlich, wenn das überwachte Signal einen Toleranzschlauch einhalten muss.

Der R&S®FSVR kann Spektren mit seiner I/Q-Speichertiefe von 200 MSamples selbst bei großen Bandbreiten und somit hohen Sample-Raten über einen längeren Zeitraum lückenlos aufzeichnen. In einer Nachbearbeitung lässt sich dann das Signal genauer analysieren.

Vollwertiger Signal- und Spektrumanalysator

Ist der Echtzeit-Betrieb nicht aktiv, verhält sich der R&S®FSVR wie ein normaler Signal- oder Spektrumanalysator. Er sweept über den gewählten Frequenzbereich – je nach Modell bis zu 40 GHz – und stellt das Spektrum dar. Mit weniger als einer Zehntelsekunde minimaler Sweep-Zeit bei vollem Darstellbereich ist er sehr schnell. Die Auflösebandbreiten sind dabei frei wählbar. Anders als im Echtzeit-Betrieb ist der Anwender nicht an die Anzahl der FFT-Punkte und die Echtzeitbandbreite gebunden. Neben den für maximale Geschwindigkeit einschwingoptimierten Sweep-Filtern stehen auch Kanalfilter und Filter für Mobilfunkstandards zur Verfügung.

Wie alle Spektrumanalysatoren von Rohde&Schwarz bietet der R&S®FSVR standardmäßig eine Vielzahl spezieller Messfunktionen. Dazu gehören Nachbarkanalleistungsmessung, Spectrum Emission Mask, Intermodulationsmessung, CCDF oder Spurious-Emission-Messung. Mit einer Pegelmessunsicherheit von 0,4 dB bis 7 GHz sorgt der R&S®FSVR für genaue und verlässliche Messergebnisse. In Bezug auf die niedrige Gesamtmessunsicherheit ist er – wie auch der Signal- und Spektrumanalysator R&S®FSV – führend. Mit der Option R&S®FSV-K9 können Leistungsmessköpfe der Familie R&S®NRP-Z angeschlossen werden, was bei besonders hohen Anforderungen an die Messgenauigkeit ein separates Leistungsmessgerät erspart. Für einen General-Purpose-Spektrumanalysator bietet der R&S®FSVR herausragende HF-Eigenschaften (siehe Kasten).

Mit mehr als 1000 Sweeps/s ist der R&S®FSVR im Spektrumanalysemodus bis zu fünfmal schneller als andere Spektrum- oder Signalanalytoren. Diese hohe Messrate beschleunigt

HF-Eigenschaften des R&S®FSVR

- ▀ Eigenrauschen (DANL) –155 dBm (1 Hz) bei 1 GHz, –147 dBm (1 Hz) bei 30 GHz
- ▀ DANL mit Vorverstärker: –165 dBm (1 Hz) bei 1 GHz, –162 dBm (1 Hz) bei 30 GHz
- ▀ Eigenrauschen bereits ab 9 kHz nur –140 dBm (1 Hz)
- ▀ Intercept-Punkt dritter Ordnung (T.O.I.) typ. +16 dBm ($f < 3,6$ GHz)
- ▀ Phasenrauschen in 10 kHz Abstand vom Träger: –106 dBc (1 Hz), typ. –110 dBc (1 Hz)
- ▀ ACLR-Dynamikbereich für 3GPP WCDMA: 73 dB
- ▀ Auflösebandbreiten von 1 Hz bis 10 MHz, 20 / 40 MHz im Zero Span

nicht nur Systeme in der Fertigung. Sie verkürzt auch die Messzeit, wenn, wie in vielen Standards vorgeschrieben, über eine große Anzahl von Messungen gemittelt werden muss.

Außer den zahlreichen zur Grundausstattung gehörenden Funktionen bietet der R&S®FSVR Optionen für die grundlegenden physikalischen Untersuchungen wie die Messung des Phasenrauschens (R&S®FSV-K40), des Rauschmaßes (R&S®FSV-K30), der Parameter von analog modulierten Signalen (AM / FM / Φ M) sowie der Modulationsparameter digital modulierter Signale (R&S®FSV-K70).

Und neben den klassischen Applikationsfeldern für Spektrumanalysatoren ist der R&S®FSVR auch für die Analyse von Signalen zahlreicher Mobilfunkstandards einsetzbar. Derzeit unterstützt er folgende Standards:

- ▀ GSM / EDGE / EDGE Evolution
- ▀ WCDMA
- ▀ TD-SCDMA
- ▀ CDMA2000®
- ▀ 1xEV-DO
- ▀ WLAN 802.11 a/b/g/n
- ▀ WiMAX™
- ▀ LTE (TDD / FDD)

Fazit

Der R&S®FSVR ist eine am Markt einzigartige Kombination aus Echtzeit-Analysator und vollwertigem Signal- und Spektrumanalysator. Die umfangreichen und einfach zu bedienenden Echtzeit-Funktionen geben dem Anwender neue leistungsstarke Analysemöglichkeiten. Gleichzeitig muss er nicht auf gewohnte Arbeitsmittel für allgemeine Signal- oder Spektrumanalyse verzichten. Die intuitive Bedienoberfläche, die sich an Spektrumanalysatoren orientiert, vereinfacht den Umgang mit dem Instrument und integriert die Echtzeitanalyse als Teil eines schlüssigen Gesamtkonzepts.

Dr. Wolfgang Wendler