

Signalanalytoren R&S FSQ

Bandbreite und Dynamik für künftige Systeme und Verfahren

Der R&S FSQ trägt der Entwicklung zu Übertragungssystemen mit immer höheren Datenraten (z. B. Wireless LAN) und zu Mehrträger-Sendeinrichtungen Rechnung. Mit 28 MHz Analysebandbreite ist er für die kommenden Verfahren und Systeme bestens vorbereitet. Dabei geht er keinen Kompromiss bei der Dynamik ein, so dass er die Anforderungen aller Übertragungsstandards leicht erfüllt. Mit ergänzbaren Firmware-Applikationen lässt er sich ohne Hardware-Erweiterungen je nach Bedarf zum Multi-Standard- und zum Multi-Carrier-Analysator erweitern.



BILD 1 Der neue R&S FSQ bietet beste Voraussetzungen für die Signalanalyse an breitbandigen Übertragungssystemen und von Multi-Carrier-Signalen.

Solide weiterentwickelt

Analog zu den Spektrumanalysatoren der Familie R&S FSE [1] und den Signalanalytoren der Familie R&S FS1Q [2] setzt Rohde & Schwarz diese erfolgreiche Modellpolitik mit den Spektrumanalysatoren R&S FSU [3] und den neuen Signalanalytoren R&S FSQ fort. Der R&S FSQ (BILD 1) ist für drei verschiedene Frequenzbereiche verfügbar:

- ◆ R&S FSQ3 20 Hz bis 3,6 GHz
- ◆ R&S FSQ8 20 Hz bis 8 GHz
- ◆ R&S FSQ26 20 Hz bis 26,5 GHz

Der analoge HF-Teil des Analysators entspricht sowohl im Aufbau als auch in den Eigenschaften im wesentlichen dem der FSU-Familie, wobei jedoch Maßnah-

men getroffen sind, um Signale mit bis zu 28 MHz HF-Bandbreite auch vektoriel analysieren zu können. Wie der R&S FSU zeichnet auch er sich aus durch hohe Empfindlichkeit (-155 dBm(1Hz) bei 2 GHz), hohe Aussteuerfestigkeit (25 dBm Intercept-Punkt dritter Ordnung bei 2 GHz) und geringes Phasenrauschen speziell bei hohen Trägerabständen (-160 dBc(1Hz) in 10 MHz Abstand). Damit sind die besten Voraussetzungen geschaffen für die Signalanalyse an breitbandigen Übertragungssystemen und von Multi-Carrier-Signalen.

Speziell die Messungen an Multi-Carrier-Signalen fordern eine extrem hohe Dynamik des Analysators. Weder das Eigenrauschen noch die Eigeninter-

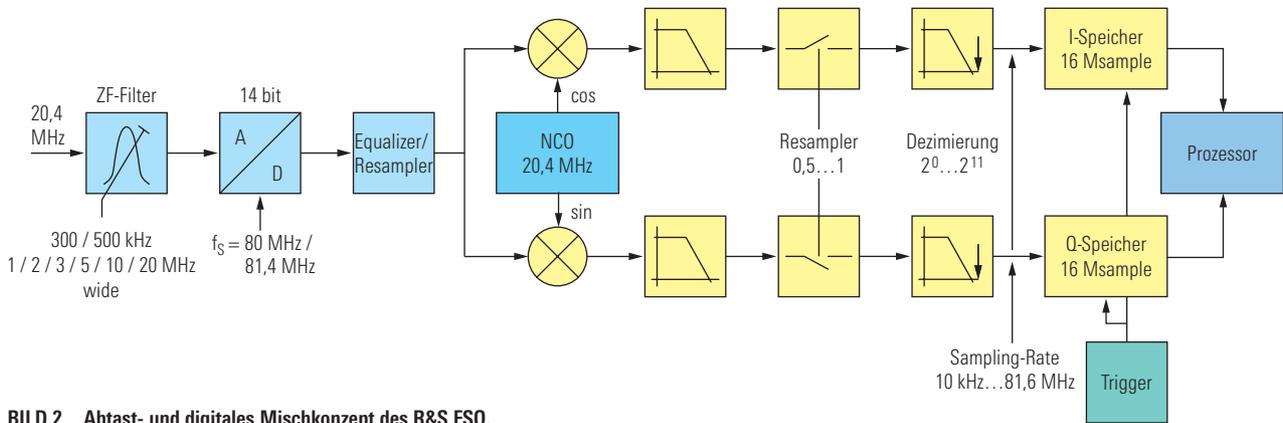


BILD 2 Abtast- und digitales Mischkonzept des R&S FSQ.

modulation oder das Phasenrauschen darf die Messung der Leistung in den nicht belegten Kanälen beeinflussen. Alle drei Größen schränken die Messdynamik ein. Die hohe Aussteuerfähigkeit und das geringe Eigenrauschen von -89 dBm in 4 MHz Bandbreite führen bei 4-Trägersignalen nach 3GPP-WCDMA zu einer Dynamik im Nachbarkanal von ca. 67 dB. Dank des RMS-Detektors und einer internen Routine zur Kompensation des Eigenrauschens kann die Dynamik um bis zu 10 dB auf ca. 77 dB erhöht werden. Bei nur einem WCDMA-Träger sind damit sogar Pegelabstände im Nachbarkanal bis zu 84 dB erreichbar (BILD 3). Damit erzielt der R&S FSQ auch bei WCDMA-Mehrträgersignalen die von vielen Anwendern für Einzelträger geforderte Mindestdynamik von 75 dB im Nachbarkanal.

Auch bei der Messung von Nebenausstrahlungen kommt die große Dynamik des Analysators zum Tragen. Der hohe 1-dB-Kompensationspunkt des Eingangsmischers (+13 dBm) erfordert nur ein Minimum an externem Filteraufwand sowohl bei Mobilfunkübertragungssystemen der zweiten als auch der dritten Generation [4]. So können abstimmbare Notch-Filter vollständig vermieden werden. Die einstellbare Anzahl von Messpunkten (bis zu 10000 pro Messkurve) erlaubt in Verbindung mit dem RMS-Detektor die Messung der Leistung auch über weite Frequenzbereiche

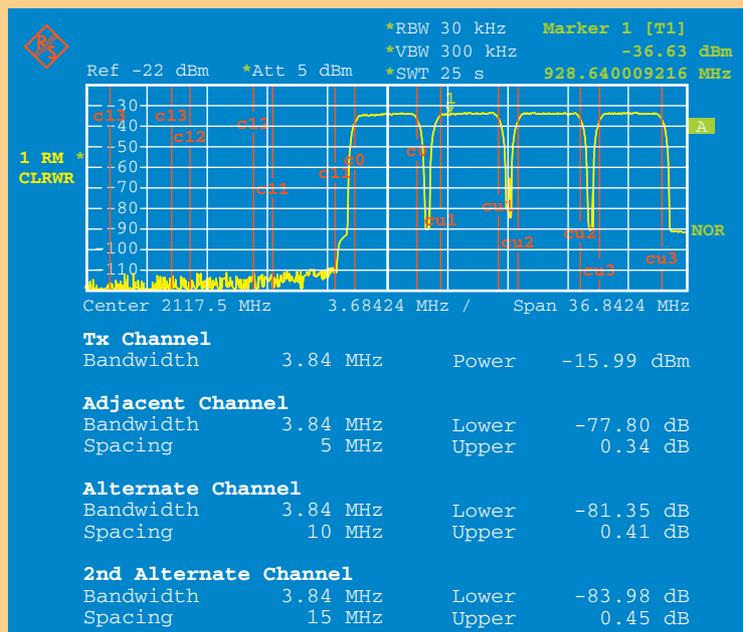
in einem Sweep. Die Messzeit beanspruchende Unterteilung in mehrere Teil-Sweeps entfällt damit. Die Maximalpegel über einer definierbaren Schwelle sucht der Signalanalysator selbstständig, listet sie in einer Tabelle auf oder überträgt sie bei Fernsteuerung an den Steuerrechner.

Der wesentliche Unterschied der FSQ-Familie zur FSU-Familie liegt in der Signalauswertung. Der Chipsatz zur Mischung in das IQ-Basisband ist komplett neu entwickelt und bietet gegen-

über dem R&S FSU wesentlich höhere Bandbreiten und Dynamik, mehr Rechenleistung und größere Speichertiefe.

Der R&S FSQ digitalisiert die 20,4-MHz-Zwischenfrequenz zur Abmischung in das IQ-Basisband mit bis zu 81,4 MHz Abtastrate (BILD 2). Die Auflösung des A/D-Wandlers ist dabei 14 bit, die damit erzielbare äquivalente HF-Bandbreite ist 28 MHz. Zur optimalen Anpassung an das Mess-Signal ist die Abtastrate mit Hilfe eines digitalen Resamp-

BILD 3 Messung der Nachbarkanalleistung an Multi-Carrier-WCDMA-Signalen mit Rauschkompensation.



lers im IQ-Basisband einstellbar. Dieser setzt in Echtzeit und ohne Dynamikverlust die Abtastrate des A/D-Wandlers in fast jede beliebige Abtastrate zwischen 10 kHz und 81,4 MHz um. Damit entfallen die häufig verwendeten, zeitraubenden Signalverarbeitungsroutinen zur Anpassung der Abtastrate an die Symbolrate von digital modulierten Signalen. Vor allem bei den großen Aufzeichnungslängen mit bis zu 16 Millionen Abtastwerten für das Inphase- und Quadratsignal verringert sich die Messzeit dadurch erheblich.

Die Amplituden- und Gruppenlaufzeitverzerrungen des analogen Empfangskanals entzerrt der R&S FSQ ebenfalls in Echtzeit mit einem komplexwertigen, digitalen Kompensationsfilter. Dazu verwendet er ein Referenzsignal, von dem Frequenzgang und Gruppenlaufzeit exakt bekannt sind. Auf Knopfdruck legt er das Referenzsignal am HF-Eingang an und berechnet ein entsprechendes Entzerrfilter, das er bei der Messung über den IQ-Datenstrom legt. Der resultierende Amplitudengang ist zum Beispiel kleiner als

0,2 dB über mindestens 66% der eingestellten Auflösungsbreite (3 MHz bis 50 MHz) oder maximal 28 MHz. BILD 4 zeigt beispielhaft die gemessenen Amplituden-, Phasen und Gruppenlaufzeitverzerrungen bei 20 MHz Auflösungsbreite nach der Korrektur.

Vor allem bei breitbandigen Übertragungsverfahren realisieren sowohl Sender als auch Empfänger in Betriebsgeräten die Mischung in das Basisband meist in Analogtechnik. Der R&S FSQ ist für die Analyse analoger IQ-Basisbandeinträge zur Nachrüstung mit analogen Basisbandeingängen vorbereitet.

Anspruchsvolle Anwendungen

Dimensionierung und Abgleich von Multi-Carrier-Verstärkern

Endverstärker für OFDM- oder CDMA-Signale und Multi-Carrier-Verstärker sind häufig als Feed-Forward-Verstärker aufgebaut, um den Wirkungsgrad bei sehr hohen Anforderungen an die Unterdrückung der Leistung in den Nachbarkana-

len zu erhöhen. Zum Abgleich der Verstärker ist die Amplituden- und die Phaseninformation der Übertragungsfunktion bei Beaufschlagung mit dem Betriebssystem notwendig. Diese Information gewinnt man in der Regel aus dem komplexen Basisbandsignal. Bei Messung am Ausgang eines Verstärkers stellt der R&S FSQ diese Daten mit hoher Bandbreite und Dynamik über die IEC-Bus- oder 100Base-T-LAN-Schnittstelle zur Verfügung. Die Aufzeichnungslänge und die Abtastrate des Signals ist dabei in weiten Grenzen konfigurierbar.

Analyse von WCDMA-Signalen

Mit der Applikations-Firmware R&S FSQ-K72 wird der R&S FSQ zum 3GPP-Signalanalysator für Basisstationssignale. Er führt alle Messungen gemäß dem 3GPP-Standard durch und bietet darüber hinaus auch noch wertvolle Analysen für tiefere Untersuchungen an WCDMA-Signalen [5]. Die Breitbandigkeit der IQ-Signalauswertung und die hohe Rechenleistung des Analysators ermöglichen dabei auch die Messung an Mehrträger-Sendesignalen. ▶

BILD 4 Amplituden-, Phasen- und Gruppenlaufzeitverzerrung der IQ-Daten am Beispiel des 20-MHz-Auflösefilters.

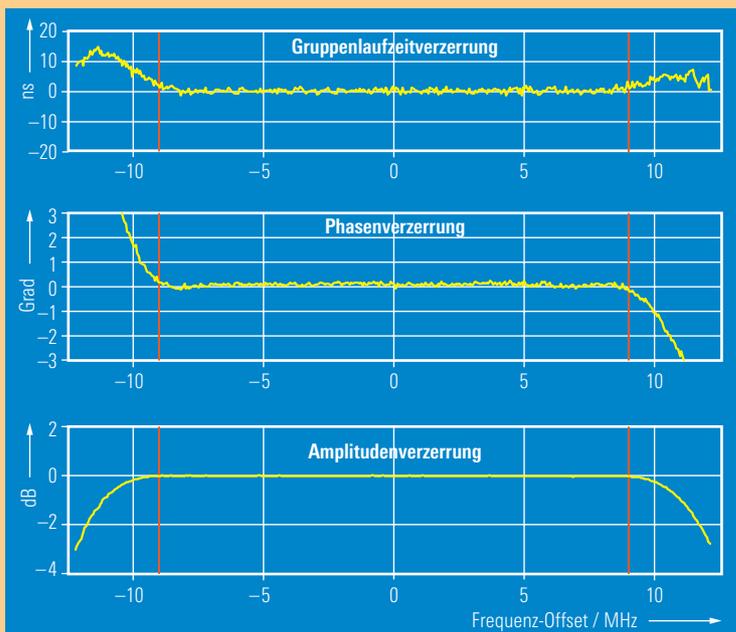
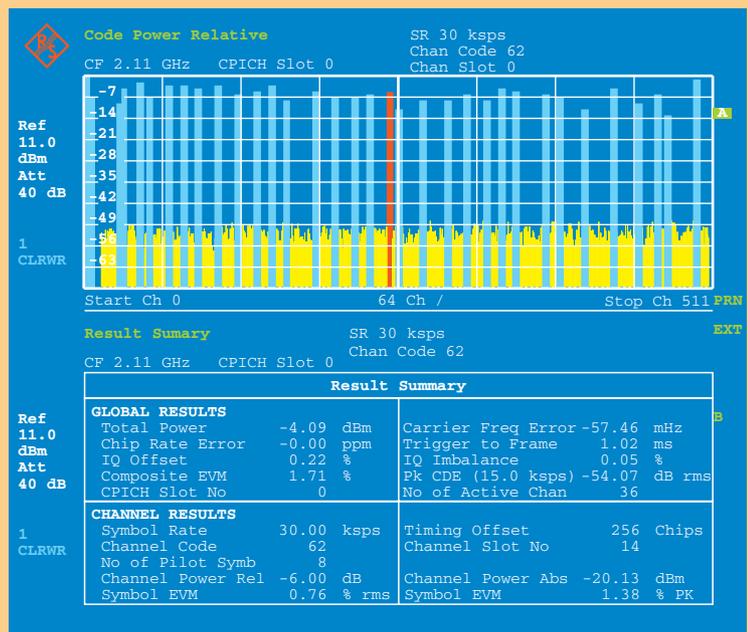


BILD 5 Messung eines WCDMA-Trägers im Codebereich.



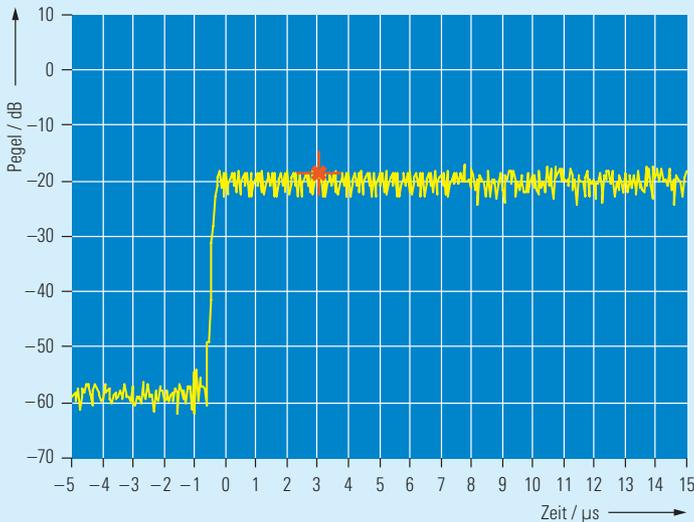


BILD 6
Darstellung des Zeitverlaufs.

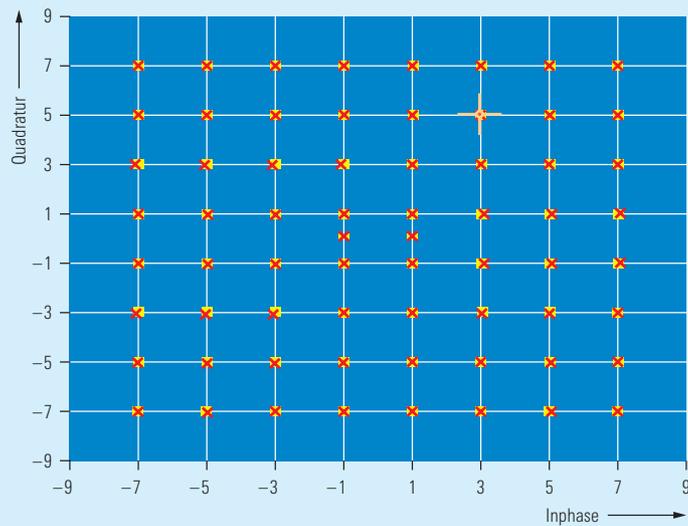


BILD 7
Konstellationsdiagramm bei einer Übertragungsrate von 54 Mbit/s (64QAM). Rot: reales Signal, gelb: ideales Signal.

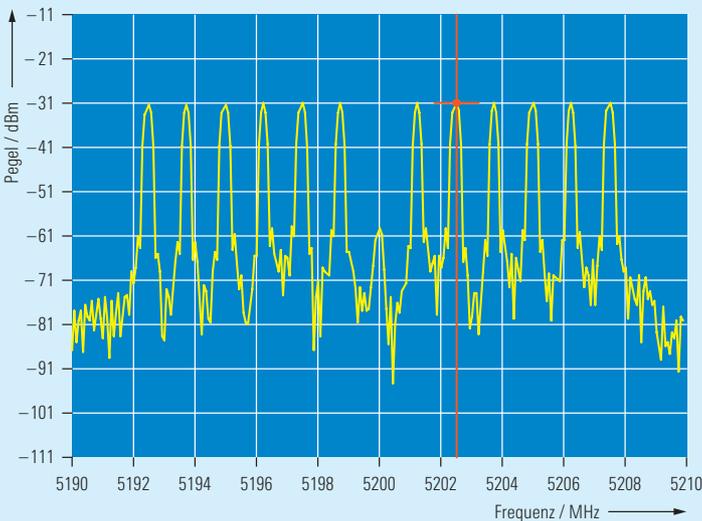


BILD 8
Spektrum der Preamble.

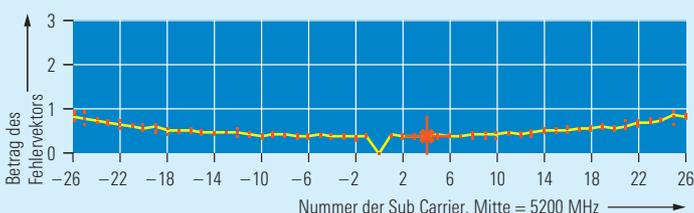


BILD 9
Betrag des Fehlervektors (EVM) für die einzelnen Träger des OFDM-Signals.

Analyse von W-LAN-Signalen nach IEEE 802.11a mit dem Signalanalyzer R&S FSQ

Wireless-LAN-Signale nach dem Standard IEEE 802.11a sind für Übertragungsraten von 6 Mbit/s bis zu 54 Mbit/s ausgelegt. Die Übertragung erfolgt per OFDM-Verfahren im 20-MHz-Kanalraster, wobei 52 Träger im Abstand von 312,5 kHz verwendet werden. Das Signal belegt damit eine Bandbreite, die von bisherigen HF-Spektrumanalysatoren nicht verarbeitet werden kann und damit Spezialgeräten vorbehalten ist.

Speziell für die Analyse von Wireless-LAN-Signalen (IEEE 802.11a) steht zum R&S FSQ eine Windows™-Software zur Verfügung, die zur Analyse des HF-Sendesignals dessen IQ-Daten verwendet. Sie misst für die verschiedenen Übertragungsraten alle wesentlichen Parameter des OFDM-Signals im Frequenz-, im Zeit- und im Modulationsbereich:

- ◆ Spektrum über einen wählbaren Ausschnitt des HF-Signals, z. B. Preamble
- ◆ Amplitudenverteilung (CCDF) und Crest-Faktor
- ◆ Maske des Spektrums (Transmit Spectrum Mask)
- ◆ Frequenzfehler des HF-Signals und der Symbolfrequenz
- ◆ IQ-Offset und IQ-Imbalance
- ◆ Konstellationsdiagramm (BPSK, QPSK, 16QAM und 64QAM)
- ◆ Modulationsfehler (EVM) pro OFDM-Träger oder pro Symbol
- ◆ Amplitudengang des Spektrums (Spectrum Flatness)
- ◆ Bits der Payload-Symbole

Die BILDER 6 bis 9 zeigen einige Messungen an einem IEEE 802.11a-Signal mit der Übertragungsrate von 54 Mbit/s.

► Wenn zukünftig die Basisstationen mehrere WCDMA-HF-Träger bereits im Basisband aufbereiten – und das eventuell sogar noch mit unterschiedlichen Übertragungsverfahren (2G und 3G gemischt) – so stellt dies an Analysatoren neue Anforderungen, die nur mit breitbandiger Signalverarbeitung im Basisband zu lösen sind, wie dies beim R&S FSQ der Fall ist. Mit der Option R&S FS-K72 lassen sich mit dem Analysator zum Beispiel die Modulationseigenschaften eines WCDMA-Signals im Codebereich auch dann messen, wenn einer oder mehrere Nachbarträger vorhanden sind. Aufgrund seiner hohen Dynamik kann er einen Träger mit Hilfe digitaler Filterung ohne zusätzliche Amplituden- oder Phasenverzerrung selektieren und analysieren (BILD 5).

Einen entscheidenden Beitrag zu der hohen Messgeschwindigkeit liefern dabei die Entzerrung des FSQ-HF-Kanals in Echtzeit und die digitale Umsetzung der Abtastrate per Hardware auf das Vierfache der Symbolrate von 3,84 MHz. So dauert die Analyse eines kompletten WCDMA-Frames nur 1,5 Sekunden.

Analyse von W-LAN-Signalen

Siehe Kasten links

Allgemeine Anwendungen

Für allgemeine Anwendungen im Labor oder in der Produktion bietet der R&S FSQ – wie auch der R&S FSU – eine Vielzahl von Funktionen, die das Messen wesentlich erleichtern oder helfen, Fehler zu vermeiden:

- ◆ Zwei unabhängige Messeinstellungen, die per Tastendruck schnell umschaltbar sind
- ◆ Split-Screen-Darstellung mit unabhängigen Messeinstellungen in beiden Fenstern
- ◆ 4 Marker oder Delta-Marker
- ◆ Marker für das Messen der Rauschleistungsdichte
- ◆ Marker für das Messen des Phasenrauschens von Oszillatoren

Kurzdaten R&S FSQ

| | |
|-----------------------------|---|
| Frequenzbereich | 20 Hz...3,6 / 8 / 26,5 GHz |
| Amplitudenmessbereich | -155 dBm...30 dBm |
| Amplitudendarstellbereich | 1 dB, 10 dB...200 dB in 10-dB-Schritten, linear |
| Messunsicherheit des Pegels | 0,3 dB bis 3,6 GHz |
| Auflösebandbreiten | 1 Hz...30 kHz FFT-Filter, in Schritten v. 1/2/3/5, 10 Hz...20 MHz in Schritten von 1/2/3/5 und 50 MHz, Kanalfilter (100 Hz...5 MHz) |
| Detektoren | Max Peak, Min Peak, Auto Peak, Sample, Average, RMS, Quasi-Peak |
| Darstellung | 21 cm (8,4" Farb-TFT-LC-Display, SVGA-Auflösung |
| Fernsteuerung | IEC 625-2 (SCPI 1997.0), RS-232, 100Base-T-LAN |

- ◆ Automatische Intermodulationsmessung zur Bestimmung des Intercept-Punkts dritter Ordnung
- ◆ Frequenzzähler mit einer Auflösung von 0,1 Hz bei nur 50 ms Messzeit
- ◆ Leistungsmessung im Zeitbereich (Mean, RMS und Peak Power)
- ◆ Messung der Amplitudenverteilung (CCDF) und des Crest-Faktors
- ◆ Messung der belegten Bandbreite
- ◆ Frei definierbare Grenzwertlinien (absolut oder relativ) mit einstellbarer Reserve und Pass-/Fail-Auswertung
- ◆ Berücksichtigung von Korrekturfaktoren (Transducer) bei der Pegelmessung
- ◆ Schnelle Messung von Pegeln über frei definierbare Frequenzlisten im Fernsteuerbetrieb
- ◆ Ansteuerung von externen Generatoren zur Messung von Übertragungsfunktionen (Option FSP-B10)

Hohe Messgeschwindigkeit

Bereits der R&S FSU hat neue Maßstäbe für Spektrumanalysatoren bezüglich der Messgeschwindigkeit gesetzt. Der R&S FSQ übertrifft dies noch mit der leistungsfähigeren Hardware zur Signalverarbeitung und einem noch schnelleren Hauptprozessor. Im Fernsteuerbetrieb überträgt er zum Beispiel bei einem Darstellbereich von 10 MHz bis zu 50 Messkurven/s an den Steuerrechner. Bei Zero Span sind es sogar 75 Messkurven.

Kompatibel zu FSE, FSP und FSU

Die FSQ-Familie erweitert die Möglichkeiten für Messungen mit den R&S-Spektrumanalysatoren. Damit spielt die Kompatibilität vor allem bei der Fernsteuerung eine besondere Rolle. Die Investitionen in Testprogramme sind beim Übergang auf den R&S FSQ nicht verloren. Er ist zu den R&S-Geräten FSE bzw. FSIQ, zum FSP [6] und zum FSU weitgehend befehls-kompatibel, soweit die entsprechende Funktion in den anderen Geräten enthalten ist.

Josef Wolf

Weitere Informationen, Datenblätter und Applikationsschriften unter www.rohde-schwarz.com (Suchbegriff FSQ)

LITERATUR

- [1] Spectrum Analyzer FSEM/FSEK – Schnelle Spektralanalyse jetzt bis 40 GHz. Neues von Rohde & Schwarz (1996) Nr. 152, S. 7–9.
- [2] Signalanalysator FSIQ – Bereit für alle Messungen an 3GPP-Basisstations-Sendern. Neues von Rohde & Schwarz (2001) Nr. 170, S. 15–17.
- [3] FSU 26: siehe Seite 25 in diesem Heft.
- [4] Application Note 1EF45, Spurious Emission Measurement on 3GPP Base Station Transmitters.
- [5] Datenblatt WCDMA-3GPP-Applikations-Firmware R&S FS-K72.
- [6] Spektrumanalysator FSP: Mittelklasse mit High-End-Ambitionen. Neues von Rohde & Schwarz (2000) Nr. 166, S. 4–7.