



Photo 43 446

Fig. 1 Le FSP (au premier plan, en version portable) se rapproche déjà très près sur certains points des appareils de haut de gamme (FSE et FSIQ à l'arrière-plan).

Analyseur de spectre FSP

Des ambitions de haut de gamme

C'est aux tout premiers rangs du haut de gamme que figurent les analyseurs de spectre FSE et analyseurs de signaux FSIQ de Rohde & Schwarz. Leurs caractéristiques RF, leur vitesse et leur précision ainsi que leur souplesse leur permettent de répondre même aux applications les plus exigeantes. Les nouveaux analyseurs de spectre bon marché FSP (fig. 1) offrent désormais des performances de pointe similaires dès le milieu de gamme, voire même supérieures sur certains points...

Précis et malgré tout rapide

Outre ses applications générales en laboratoire et après-vente, le FSP répond surtout, par sa grande vitesse et sa haute précision, aux besoins de la production. Ces deux propriétés conditionnent, en effet, les cadences et les investissements en outils de mesure nécessaires à la réalisation d'un objectif de production donné. Pour ne pas se contenter d'améliorer seulement de quelques pour cent ces critères importants, Rohde & Schwarz s'est engagé, lors de la conception du FSP, dans des voies parfois totalement nouvelles, permettant à l'analyseur d'effectuer les mesures typiques de production avec un maximum de rapidité et de reproductibilité, par exemple sur composants et modules d'équipements de radiocommunication.

Une cadence élevée des mesures impose une grande vitesse de l'appareil en mode télécommandé. Un test ou « benchmark » usuel est de déterminer

le nombre de courbes de mesure que l'interface de télécommande transmet par seconde à un contrôleur. Le FSP est équipé en standard d'une interface de bus CEI. Pour une plage de 10 MHz (« span ») et une durée minimale de balayage (« sweep »), il transmet jusqu'à 30 courbes de 501 points chacune. Ce nombre peut même aller jusqu'à 70 courbes par seconde dans le domaine temporel (« zero span »). En manuel, une cadence de 25 images par seconde assure un « feeling » analogique des mesures et permet un alignement rapide.

La famille FSP se compose de quatre analyseurs se distinguant par leur gamme de fréquence :

FSP3 9 kHz à 3 GHz

FSP7 9 kHz à 7 GHz

FSP13 9 kHz à 13 GHz

FSP30 9 kHz à 30 GHz

Chaque domaine d'application – que ce soit en RF ou en hyperfréquence – dispose ainsi de la gamme de fréquence optimale.

Synthétiseur à réglage ultrarapide

Le premier oscillateur local est un VCO. Cet oscillateur commandé en tension offre par rapport aux oscillateurs YIG à accord magnétique habituels des avantages considérables en termes de vitesse, car il se règle beaucoup plus rapidement. Ceci se remarque surtout à la réinitialisation de la fréquence entre deux cycles de balayage. L'oscillateur de balayage est toujours synchronisé sur la référence, d'où une excellente précision en fréquence, même pour de larges plages de visualisation. La durée minimale de balayage est de 2,5 ms. Le synthétiseur a en outre un très faible bruit de phase : la valeur garantie à 10 kHz d'une porteuse à 500 MHz est de -106 dBc (1 Hz). On obtient même -110 dBc (1 Hz) en valeur typique (fig. 2). Ce bon bruit de phase se maintient jusqu'à une fréquence d'entrée de 7 GHz puisque la fréquence de l'oscillateur n'est pas doublée.

Traitement numérique des signaux

Une autre contribution essentielle à la vitesse de mesure du FSP est l'association d'une haute fréquence d'échan-

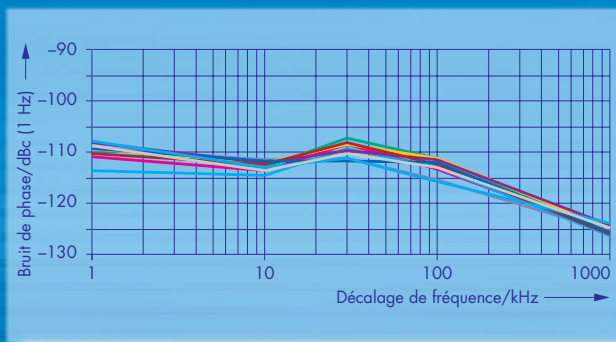


Fig. 2 Bruit de phase de l'analyseur de spectre FSP à 500 MHz, mesuré sur 10 appareils différents.

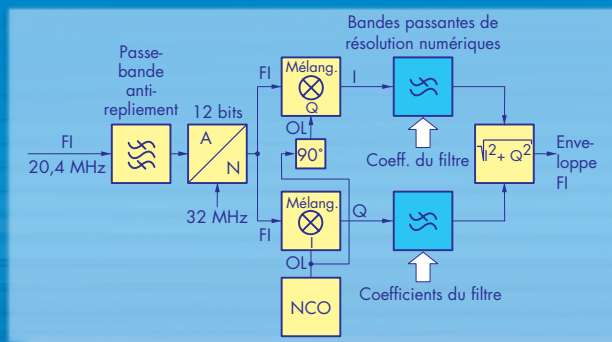


Fig. 3 Schéma de principe des filtres numériques intégrés dans le FSP.

tillonnage (32 MHz) de la dernière fréquence intermédiaire ou de la tension vidéo ainsi que du traitement des signaux de mesure numérisés dans des ASIC. En mode « zero span », il est ainsi possible d'obtenir des durées de balayage comprises entre 1 µs et 16.000 s. La vitesse de mesure n'est cependant pas la seule à profiter de cette conception, la précision et

la reproductibilité des mesures également.

Pour maximiser la vitesse de mesure et simplifier l'utilisation manuelle de l'appareil, le FSP offre des routines de mesure configurables, exécutées beaucoup plus rapidement en interne qu'en cas de commande externe. Parmi les mesures souvent nécessaires en développement, vérification et production, figurent, par exemple, les mesures de puissance sur canal utile et canaux adjacents opérées sur signaux TDMA/AMRT ou CDMA/AMRC. Le FSP offre à cet égard des routines de mesure particulièrement rapides pour les principales normes (W-CDMA, cdmaOne, IS-136 et TETRA).

sur canaux adjacents dans le domaine temporel. La famille FSP est équipée de filtres de canaux pour les normes les plus courantes – y compris W-CDMA. La détection de puissance est assurée par le détecteur RMS déjà utilisé sur la famille FSE. Le FSP règle successivement les différentes fréquences des canaux correspondant aux normes choisies et y mesure la puissance sur la durée imposée à l'aide des filtres de canaux spécifiés. Grâce à son synthétiseur VCO rapide, le temps nécessaire aux changements de fréquence est pratiquement négligeable. Cette méthode permet d'accélérer les mesures d'un facteur 10 environ par rapport à la méthode d'intégration habituellement utilisée jusqu'ici sur les analyseurs de spectre (fig. 4).

Forte réduction des erreurs

Rohde & Schwarz présente pour la première fois, avec le FSP, un analyseur

Fig. 4 Mesure de la puissance sur canaux adjacents à la norme CDMA IS-95 dans le domaine temporel («Fast ACP»). Pour cette norme, la méthode d'intégration habituellement utilisée jusqu'ici exige, par exemple, une durée de balayage d'environ 800 ms pour pouvoir mesurer avec un écart-type de 0,25 dB la puissance sur le canal d'émission et sur deux canaux adjacents (au-dessus et au-dessous du canal d'émission). Avec sa méthode de mesure dans le domaine temporel, le FSP, lui, se contente de 50 ms. Le temps supplémentaire nécessaire aux changements de fréquence, aux calculs internes et à la sortie des valeurs mesurées sur le bus CEI ne représente au total qu'environ 30 ms, si bien que l'on dispose déjà de résultats bien reproductibles en l'espace de 80 ms.

Sur le FSP, les filtres de résolution pour bandes passantes de 10 Hz à 30 kHz sont réalisés sous forme numérique (fig. 3). Le changement de filtre s'opère par chargement d'autres coefficients dans l'ASIC. Cette réalisation numérique des bandes passantes FI offre non seulement les filtres de résolution gaussiens habituellement utilisés sur les analyseurs de spectre, mais aussi des filtres de canaux à pentes raides et même des filtres en racine de cosinus, imposés dans différentes normes pour la mesure de la puissance sur le canal utile ou sur les canaux adjacents.

Cette particularité est mise à profit dans le FSP pour mesurer la puissance



Photo 43 389/10

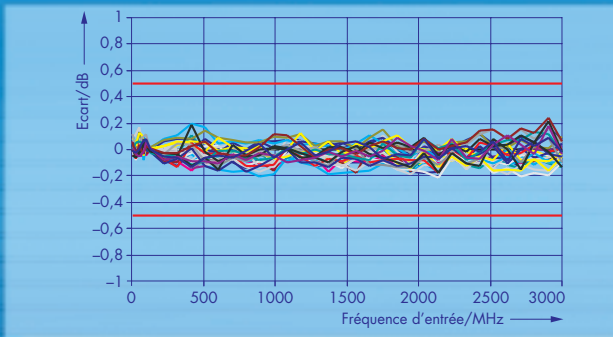


Fig. 5 Courbe de réponse en fréquence du FSP jusqu'à 3 GHz, mesurée sur 10 appareils à 0/25/50 °C. Les tolérances indiquées en rouge représentent les limites garanties dans la fiche technique. L'écart-type calculé sur les résultats des mesures est de 0,135 dB.

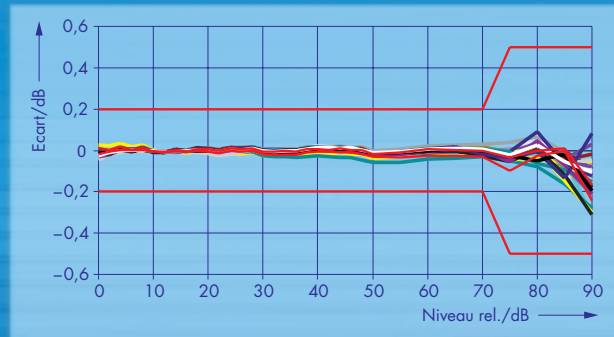


Fig. 6 Erreur de linéarité des filtres numériques de bande passante entre 10 Hz et 30 kHz dans la gamme de niveau allant jusqu'à 90 dB au-dessous du niveau de référence, mesurée sur 30 appareils. Les tolérances indiquées en rouge représentent les valeurs spécifiées dans la fiche technique ($\pm 0,2$ dB jusqu'à -70 dB et $\pm 0,5$ dB au-dessous).

de spectre qui, dans la principale gamme des télécommunications, jusqu'à 3 GHz, garantit une incertitude totale des mesures de 0,5 dB seulement, et ce sur la gamme de température spécifiée, sur toutes les positions de l'atténuateur RF et sur une plage de niveau de 70 dB à l'écran.

Cette grande précision des mesures au FSP permet d'augmenter les tolérances accordées à l'objet des mesures et de réduire les rebuts ou permet de diminuer la durée des mesures en s'accommodant alors d'une fidélité plus faible.

Cette précision exceptionnelle est basée sur une conception minimisant a priori les erreurs :

- traitement numérique des signaux dans des ASIC,
- utilisation de modules fonctionnels à tolérances serrées,
- correction des erreurs résiduelles par le « firmware » de l'appareil.

Pour faciliter à l'utilisateur le calcul de l'erreur totale, par exemple dans des systèmes de mesure, la fiche technique du FSP indique également – une première pour un analyseur de spectre – l'écart-type des différentes erreurs (fig. 5 et 6).

Excellentes performances RF

Les performances RF d'un analyseur de spectre constituent un critère décisif pour savoir s'il est a priori possible d'opérer des mesures complexes, par exemple d'intermodulation ou d'émission parasite, compatibles avec les caractéristiques imposées à l'objet des mesures. Ce sont elles qui déterminent s'il faut utiliser un analyseur de spectre de haut de gamme tel que le FSE ou un appareil de milieu de gamme comme le FSP. Ce dernier n'est pas comparable à cet égard au FSE ni au FS1Q, mais offre néanmoins des propriétés excellentes pour un appareil de milieu de gamme en termes de sensibilité et de comportement aux signaux de grande amplitude.

L'indication généralement usuelle pour la sensibilité est la moyenne du bruit affiché à la plus petite bande passante de résolution. Jusqu'à 7 GHz, le FSP atteint à cet égard < -140 dBm pour 10 Hz de bande passante de résolution. Les valeurs typiques sont de -145 dBm (10 Hz) jusqu'à 3 GHz et -143 dBm (10 Hz) entre 3 GHz et 7 GHz. Les filtres FFT déjà disponibles en version de base (1 Hz à 30 kHz) permettent d'obtenir non seulement un affichage du bruit encore plus faible, mais aussi un énorme gain de vitesse par rapport à l'utilisation des filtres de balayage.

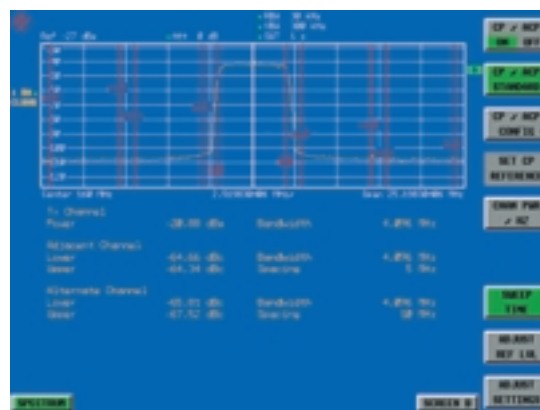


Fig. 8 La mesure de la puissance sur canaux adjacents d'une liaison montante W-CDMA montre, avec environ 64 dBc, l'excellente dynamique globale de l'analyseur de spectre FSP.

La dynamique globale est toutefois conditionnée non seulement par le bruit de fond, mais aussi par la résistance aux signaux de grande amplitude. Celle-ci est déterminée par la capacité du mélangeur d'entrée (compression à 1 dB) et l'intermodulation. Avec un niveau de compression à 1 dB du mélangeur d'entrée de 0 dBm et un point d'interception du troisième ordre ≥ 7 dBm, le FSP présente une dynamique globale excellente pour un appareil de milieu de gamme (fig. 7).

Les qualités dynamiques du FSP se manifestent par exemple lors de la mesure de puissance sur canaux adjacents d'une liaison montante W-CDMA à la norme ARIB, avec une dynamique

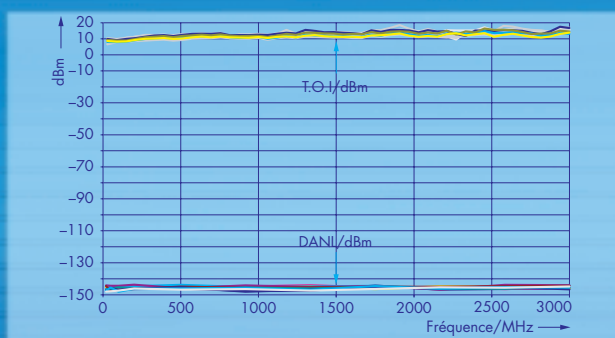


Photo 43 389/12

Fig. 7 Bruit affiché à bande passante de 10 Hz (DANI) et point d'interception du troisième ordre (T.O.I.) mesuré sur 10 appareils FSP3.

globale d'environ 64 dBc sur le premier canal adjacent (fig. 8).

Nombreuses fonctions de mesure prêtes à l'emploi

La famille FSP est dotée d'origine de fonctions de mesure prêtes à l'emploi pour les multiples problèmes susceptibles d'être résolus à l'aide d'un analyseur de spectre (encadré de droite). Compte tenu de ce riche équipement de base, la liste d'options est très courte. Un quartz de référence thermostaté est disponible pour une plus grande précision en fréquence; un générateur suiveur est proposé pour analyse scalaire de réseaux jusqu'à 3 GHz, et un démodulateur AM/FM

à haut-parleur interne et sortie casque pour l'écoute de signaux. L'option interface réseau 100-base-T permet non seulement de commander le FSP via un réseau, mais aussi de transmettre de grandes quantités de données provenant de la mémoire IQ interne du FSP (2 x 128 Kmots). Le logiciel FS-K3 est disponible pour la mesure du facteur de bruit sur amplificateurs, modules et composants à changement de fréquence. La commande de la source de bruit est alors assurée directement par le FSP.

Josef Wolf

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Wolf, Josef: Analyseurs de spectre FSEA/FSEB – Nouvelles dimensions en analyse spectrale. Actualités de Rohde & Schwarz (1995), N° 148, p. 4–8.

Résumé des caractéristiques – FSP

Gamme de fréquence (FSP3/7/13/30)	9 kHz ... 3/7/13/30 GHz
Gamme de mesure d'amplitude	-140 dBm ... 30 dBm
Gamme de visualisation d'amplitude	10 dB ... 200 dB, par pas de 10 dB, linéaire
Erreur de mesure d'amplitude	< 0,5 dB jusqu'à 3 GHz < 2 dB de 3 GHz à 13 GHz < 2,5 dB de 13 GHz à 30 GHz
Bandes passantes de résolution	1 Hz ... 30 kHz, filtre FFT 10 Hz ... 10 MHz, par pas de 1 et 3 bandes passantes EMI de 200 Hz, 9 kHz et 120 kHz, filtre de canal
Détecteurs	« Max Peak », « Min Peak », « Auto Peak », « Sample », « Average », « RMS », « Quasi-Peak »
Visualisation	écran à cristaux liquides TFT couleur de 21 cm (8,4"), résolution VGA
Télécommande	CEI 625-2 (SCPI 1997.0) ou RS-232-C
Dimensions (l x h x p)	412 mm x 197 mm x 417 mm
Poids (FSP3/7/13/30, sans option)	10,5/11,3/12/12 kg

Service lecteurs 166/01

Fonctions de mesure prêtes à l'emploi

- Compteur de fréquence à algorithme de comptage rapide avec bandes passantes réalisées en numérique jusqu'à 30 kHz
- Mesure de bruit et de bruit de phase
- Mesure d'indice de modulation AM
- Mesure du point d'interception du troisième ordre (T.O.I.)
- Mesure de puissance dans le domaine temporel (« Mean », « RMS » et « Peak Power ») sur intervalles de temps sélectionnables
- Mesure de puissance dans le domaine fréquentiel, mesure de puissance sur canaux adjacents avec préréglages pour les principales normes
- Fonction « Gated Sweep »
- Multiples fonctions de déclenchement (« Free Run », « Video », « Extern », « IF Power », « Pre-Trigger », « Trigger-Delay »)
- Statistique des signaux (APD/CCDF) sur un nombre imposable de mesures non corrélées
- Mesure de la bande passante occupée
- Détecteur EMI quasi-crête (bandes A, B et C/D) avec les bandes passantes EMI associées 200 Hz, 9 kHz et 120 kHz
- Gabarits de limites définissables à loisir (en absolu ou relatif) avec évaluation de types « Margin » et « Pass/Fail »
- Deux configurations de mesure indépendantes sélectionnables rapidement par simple touche
- Visualisation « Split-Screen » avec réglages indépendants dans les deux fenêtres de mesure