



ROHDE & SCHWARZ

Division
Test et mesure

Manuel d'utilisation

Mélangeur d'harmonique pour FSEM, FSEK, ESIB26, ESIB40, FSIQ26

FS-Z60 (40 GHz à 60 GHz)
1089.0799.02

FS-Z75 (50 GHz à 75 GHz)
1089.0847.02

FS-Z90 (60 GHz à 90 GHz)
1089.0899.02

FS-Z110 (75 GHz à 110 GHz)
1089.0947.02

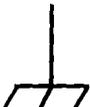
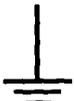
Imprimé en Allemagne

Instructions de sécurité

Cet appareil a été construit et contrôlé selon le certificat de conformité de l'U.E. ci-joint et a quitté l'usine dans un état entièrement conforme aux prescriptions de sécurité.

Afin de préserver cet état et d'assurer une exploitation sans danger, l'utilisateur doit respecter l'ensemble des instructions et avertissements contenu dans ce manuel.

Légende des symboles de sécurité utilisés sur les appareils et dans les manuels R&S :

							
Se référer au manuel d'utilisation	Indication du poids d'un appareil dont la masse est > 18 kg	Connexion du conducteur de protection	Points de mise à la masse	Attention! Danger d'électrocution	Attention! Surfaces chaudes	Terre	Attention! Les dispositifs sensibles aux charges électrostatiques exigent un traitement spécial

- N'exploiter l'appareil que dans les états et positions de fonctionnement indiqués par le fabricant et empêcher toute obstruction de la ventilation. Sauf stipulations contraires, les produits R&S répondent aux exigences ci-après : Classe de protection IP 2X, degré de pollution 2, catégorie de surtension 2, uniquement pour l'intérieur, altitude max. 2000 m.
N'exploiter l'appareil que sur des alimentations secteur protégées par des fusibles de 16 A au max.
Sauf indication contraire dans la fiche technique, la tolérance prévue pour la tension nominale sera de $\pm 10\%$ et de $\pm 5\%$ pour la fréquence nominale.
- En cas de mesures sur les circuits électriques d'une tension efficace > 30 V, prendre les précautions appropriées pour éviter tout risque (par ex. équipement de mesure, fusibles, limitation du courant, coupe-circuit, isolement, etc.).
- Dans le cas d'appareils branchés à demeure, connecter d'abord sur site le conducteur de protection au conducteur de protection de l'appareil avant d'établir toute autre connexion. L'installation et le branchement ne doivent être réalisés que par un spécialiste électricien.
- Sur les appareils branchés à demeure sans fusible, interrupteur automatique ou dispositif de protection similaire intégré, le circuit secteur doit être doté de fusibles assurant une protection suffisante des appareils et des utilisateurs.
- Avant de mettre l'appareil sous tension, s'assurer que la tension nominale réglée sur l'appareil concorde avec la tension nominale du secteur.
Si la tension réglée doit être modifiée, remplacer le fusible de l'appareil, le cas échéant.
- Les appareils de la classe de protection I dotés d'une ligne secteur amovible et d'un connecteur appareil ne doivent être exploités que sur les prises de courant à contact de protection et à conducteur de protection connecté.
- Ne pas couper intentionnellement le conducteur de protection au niveau de la ligne secteur ou de l'appareil, étant donné que cela peut exposer l'utilisateur au danger d'électrocution.
Vérifier régulièrement la sécurité des cordons prolongateurs ou prises multiples.
- Si l'appareil n'est pas doté d'un interrupteur secteur pour le couper du secteur, le connecteur mâle du câble de branchement sert d'interrupteur. S'assurer dans ce cas que le connecteur secteur soit toujours bien accessible. (Longueur du câble de branchement env. 2 m). Ne pas utiliser de commutateurs de fonction ou électroniques pour couper l'appareil du secteur.
Si des appareils sans interrupteur secteur sont intégrés dans des baies ou systèmes, le dispositif d'interruption secteur doit se trouver au niveau de la baie ou du système.
- Respecter toujours les prescriptions de sécurité et les instructions de prévention des accidents locales ou nationales.
Avant d'effectuer des travaux sur l'appareil ou d'ouvrir l'appareil, couper celui-ci du secteur.
Seuls les spécialistes électriciens autorisés par R&S doivent effectuer les travaux de réglage, de remplacement de pièces, de maintenance et de dépannage.
Ne remplacer les pièces de sécurité (par ex. interrupteurs ou transformateurs secteur, fusibles) que par des pièces originales.

Suite au verso

Instructions de sécurité

Procéder à un examen de sécurité après tout remplacement de pièces de sécurité (contrôle visuel, contrôle des conducteurs de protection et des résistances d'isolement, mesure du courant de fuite, essais de fonctionnement).

10. Veiller à ce que les connexions reliant les matériels de traitement de l'information soient conformes à la norme CEI 950 / EN 60950.

11. Ne jamais exposer les batteries au lithium à des températures élevées ou au feu.

Les batteries doivent être inaccessibles aux enfants.

Il y a danger d'explosion suite à tout remplacement incorrect de la batterie. Ne remplacer la batterie que par le type R&S recommandé (voir liste des pièces détachées).

Les batteries au lithium sont des déchets nocifs. Ne les jeter que dans les conteneurs prévus à cet effet.

Ne pas court-circuiter la batterie.

12. Pour retourner l'appareil ou l'envoyer au service de dépannage, n'utiliser que l'emballage original ou un emballage protégeant l'appareil contre les charges /décharges électrostatiques et endommagements mécaniques .

13. Les décharges au niveau des connecteurs risquent d'endommager l'appareil. Protéger l'appareil contre les décharges électrostatiques lors de sa manipulation ou de son utilisation.

14. Le nettoyage extérieur de l'appareil s'effectue au moyen d'un chiffon doux non pelucheux. Ne jamais utiliser des solvants tels que diluant pour laque cellulosique, acétone etc. pour ne pas endommager l'inscription de la face avant ou les parties en matière plastique.

15. Respecter également les autres instructions de sécurité contenues dans ce manuel.

Table des matières

1 Introduction.....	1
Remarques générales.....	1
Utilisation.....	2
Constitution et fonctionnement	2
Données de calibrage.....	4
2 Préparatifs.....	5
3 Commande.....	6
Mesures à prendre avant la première utilisation	6
Mesures à prendre après le recalibrage du mélangeur	7
Notes concernant l'utilisation.....	9
Notes concernant la correction du niveau	9
Précision de mesure	10
Erreurs dues à l'analyseur de spectre	10
Erreurs dues au mélangeur d'harmoniques	10
Erreurs dues à la désadaptation.....	11
Erreur totale de mesure	11
4 Maintenance et recherche de défauts	15
Maintenance	15
Recherche de défauts.....	15
5 Vérification des caractéristiques nominales	16
Appareils de mesure et accessoires	16
Déroulement du test	17
Vérification de l'atténuation de conversion	18
Vérification de l'affichage de bruit.....	22
Procès-verbal d'essai de performance	23

Supplément Application Note

Index

A

Affichage de bruit.....	22
Analyseurs de spectre.....	2
Atténuation de conversion.....	9
en fonction de la fréquence.....	4
Atténuation du câble.....	9

C

Calibrage.....	4
fichier de données.....	9
incertitude.....	10
intégral.....	17
recalibrage.....	7
Conventions pour les réglages.....	6
Correction du niveau.....	4

D

Désadaptation.....	11
--------------------	----

E

Écart du niveau	
LO par rapport à la valeur idéale.....	10
Erreur	
absolue.....	10
amplificateur FI.....	10
commutation de la largeur de bande.....	10
largeur de bande.....	10
linéarité.....	10

M

Mélangeur.....	2
Mélangeur d'harmonique.....	1
Mesure	
du niveau absolu.....	11
incertitude.....	10
relative de niveau.....	12

N

Niveau	
à une précision.....	2
correction.....	9
erreur absolue.....	19

P

Perte d'insertion.....	9
------------------------	---

R

Recherche de défauts.....	15
Réglages.....	17

V

Vérification	
de l'atténuation de conversion.....	18

1 Introduction

Remarques générales

Les mélangeurs d'harmoniques de la série FS-Zxx sont des accessoires de mesure extrêmement sensibles. C'est pourquoi il doit être tenu compte des points suivants lors de leur utilisation bien qu'ils soient de construction robuste.

Un mauvais maniement peut causer des dysfonctionnements au mélangeur ou même le détériorer.

- De violents chocs peuvent entraîner la destruction des diodes du mélangeur.
Utiliser donc un emballage résistant aux chocs pour stocker ou expédier le mélangeur.
- Ne pas dépasser la puissance maximum admissible à l'entrée RF ainsi qu'à l'entrée oscillateur local OL (LO) (voir fiche technique).
- Éviter toute charge électrostatique près des connecteurs.
- En cas de non utilisation du mélangeur, couvrir le connecteur LO/IF (SMA) avec le capuchon livré avec l'appareil.
- Ne pas vérifier la fonction des diodes du mélangeur au moyen d'un ohmmètre.
Cela entraînerait leur destruction.
- Ne pas desserrer les vis du mélangeur.
Le mélangeur ne peut être réparé que par le service de maintenance du fabricant.
- Éviter de rayer la surface de contact de la bride du guide d'ondes.

Pour le fonctionnement des mélangeurs, le système doit répondre aux exigences suivantes :

- FSEM 21/31 ou FSEK 21/31 ou
FSEM 20/30 ou FSEK 20/30 équipé de l'option FSE-B21
- Version logicielle 1.67 ou supérieure

Utilisation

Les mélangeurs d'harmoniques FS-Z60, FS-Z75, FS-Z90 et FS-Z110 servent à l'extension de la gamme de fréquence des analyseurs de spectre.

Ils permettent des mesures dans les gammes de fréquence 40 GHz à 60 GHz (FS-Z60), 50 GHz à 75 GHz (FS-Z75) et 60 GHz à 90 GHz (FS-Z90) ou 75 GHz à 110 GHz (FS-Z110). Grâce au concept à double diode, ces mélangeurs n'exigent aucune polarisation pour fonctionner, ce qui permet des mesures à une précision de niveau et une reproductibilité supérieures.

Les mélangeurs de la série FS-Zxx sont conçus pour être utilisés sur les analyseurs de spectre de la famille FSE. Les données de calibrage fournies ne s'appliquent donc qu'aux conditions spécifiées pour le FSE (tableau 1-1).

Tableau 1-1: Paramètres pour l'exploitation des mélangeurs à guide d'ondes de la série FS-Zxx avec le FSE

	FS-Z60	FS-Z75	FS-Z90	FS-Z110
Gamme de fréquence LO	10,19 GHz à 15,19 GHz	8,46 GHz à 12,62 GHz	10,12 GHz à 15,12 GHz	9.47 to 13.84 GHz
Niveau LO	15,5 dBm ± 3 dB	15,5 dBm ± 3 dB	15,5 dBm ± 3 dB	15.5 dBm ± 3 dB
Harmoniques	4	6	6	8
Fréquence intermédiaire	741,4 MHz	741,4 MHz	741,4 MHz	741.4 MHz

Constitution et fonctionnement

Ces mélangeurs sont du type deux ports, c.-à-d. qu'un seul câble coaxial est nécessaire pour acheminer le signal LO et prélever le signal FI. Ces deux signaux sont séparés au moyen d'un diplexeur prévu dans l'analyseur de spectre. Grâce au concept à deux diodes, une polarisation supplémentaire n'est pas nécessaire. En outre, les mélangeurs sont moins sensibles aux charges électrostatiques.

La construction du mélangeur est représentée sur la figure 1-1.

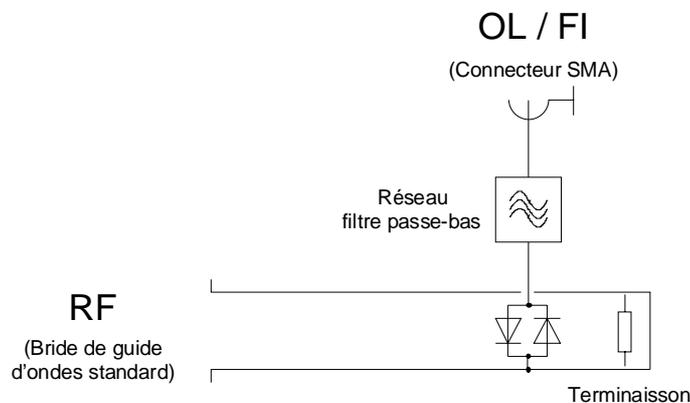


Fig. 1-1: Construction des mélangeurs d'harmoniques de la série FS-Zxx

Le signal à mesurer est injecté dans l'entrée (RF) du mélangeur (bride de guide d'ondes standard). Le signal du premier oscillateur local (LO) de l'analyseur de spectre est amené au mélangeur via le connecteur SMA 'LO/IF' (voir tableau 1-1 pour la gamme de fréquence et le niveau du signal LO). Les non-linéarités produisent des harmoniques du signal LO qui sont utilisées pour convertir les signal d'entrée en une fréquence intermédiaire plus basse (FI). La figure 1-2 représente le rapport entre la fréquence LO et la fréquence du signal d'entrée.

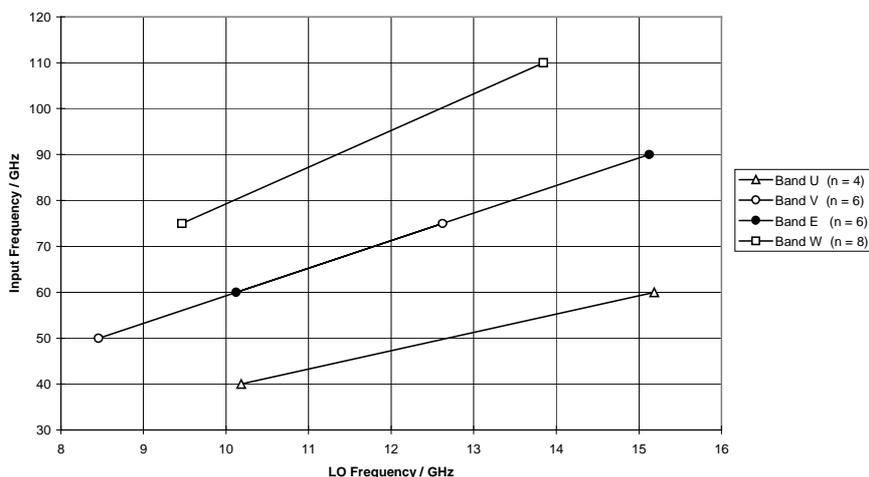


Fig. 1-2: Rapport entre la fréquence LO et la fréquence du signal d'entrée à convertir ($f_{FI} = 741,4$ MHz)

Le signal converti en fréquence intermédiaire est prélevé via le connecteur 'LO/IF' et acheminé à l'analyseur de spectre. Étant donné que le signal OL et le signal FI sont acheminés et prélevés via le même câble coaxial, il est nécessaire de séparer ces deux signaux au moyen d'un diplexeur. Un tel diplexeur est intégré dans les analyseurs de spectre de la famille FSE.

Le mélangeur n'a pas de présélection. Les produits image et d'autres produits de mélange non désirés sont affichés sur l'analyseur de spectre en plus des produits de mélange désirés. Des fonctions sont intégrées dans le FSE pour identifier les signaux d'entrée (voir manuel d'utilisation du FSE ou de l'option FSE-B21).

L'atténuation de conversion du mélangeur d'harmoniques doit être prise en compte afin que le signal d'entrée à mesurer puisse être affiché sur l'analyseur de spectre avec un niveau correct. Cette atténuation de conversion dépend de la fréquence et du mélangeur lui-même.

Des données de correction sont donc fournies pour chaque mélangeur (paragraphe "Données de calibrage").

Données de calibrage

Le calibrage est effectué en usine sur 50 points de fréquence. Les données qui en résultent sont fournies sur un document à part. En outre, un tableau indiquant les données de correction d'un petit nombre de points de fréquence est apposé sur le mélangeur.

Des données de correction sont également fournies sous de forme de fichier mémorisé sur une disquette 3,5" afin de faciliter la correction du niveau sur le FSE. Ce fichier comprend 50 valeurs de calibrage ainsi que tous les autres paramètres requis pour faire fonctionner le mélangeur; ces valeurs et paramètres sont réglés automatiquement sur le FSE.

Les opérations nécessaires pour lire ce fichier sur le FSE sont expliquées au paragraphe "Mesures à prendre avant la première utilisation".

Les données de calibrage ne se rapportent qu'à l'atténuation de conversion du mélangeur, laquelle est fonction de la fréquence. L'atténuation du câble utilisé pour prélever la FI doit être prise en compte à part (paragraphe "Notes concernant l'utilisation").

Un câble coaxial de haute qualité et à faible atténuation doit être utilisé pour acheminer le signal LO (gamme de fréquence 7,5 GHz à 15,2 GHz) de façon à obtenir une faible atténuation de conversion du mélangeur. Utiliser toujours le câble coaxial livré avec le FSE ou l'option FSE-B21 (doté de connecteurs SMA sur les deux côtés)

2 Préparatifs

Brancher d'abord le mélangeur d'harmoniques sur l'objet sous essai afin d'éviter que le câble coaxial utilisé pour acheminer le signal LO ne soit soumis à des contraintes (figure 2-1). Puis, brancher le connecteur SMA 'LO/IF' du mélangeur externe sur la sortie 'LO OUT / IF IN' du FSE. Utiliser le câble coaxial livré avec le FSEM/K 21/31 ou l'option FSE-B21 (doté de connecteurs SMA sur les deux côtés)

Note : Afin de protéger les diodes du mélangeur contre une éventuelle charge électrostatique du câble coaxial, connecter d'abord le câble sur l'analyseur de spectre.

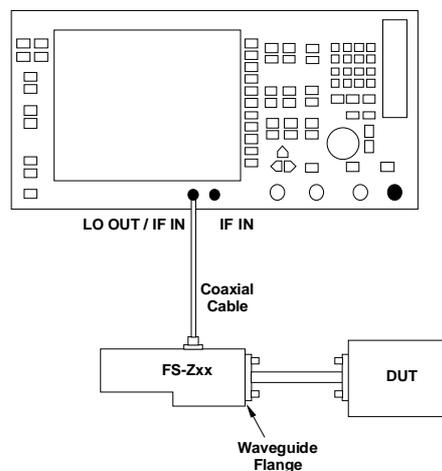


Fig. 2-1: Branchement du mélangeur d'harmoniques sur le FSE

Notes concernant le fonctionnement :

- Le niveau du signal d'entrée au port RF du mélangeur ne doit pas dépasser la valeur maximum admissible (voir fiche technique). Si l'ordre de grandeur du niveau à mesurer n'est pas connu, effectuer d'abord une vérification au moyen d'un atténuateur de guide d'ondes et d'un wattmètre. Ne brancher le mélangeur sur l'objet sous essai que si le niveau d'entrée maximum admissible du mélangeur n'est pas dépassé.
- Le niveau LO ne doit pas dépasser la valeur maximum admissible (voir fiche technique). Un niveau LO trop élevé peut endommager le mélangeur.
(non valable en cas d'utilisation avec le FSE)
- Utiliser toujours le câble livré avec le FSEM/K 21/31 ou l'option FSE-B21 pour acheminer le signal LO (paragraphe "Données de calibrage"). Si l'on utilise un autre câble, veiller à ce qu'il soit de faible atténuation et que la liaison soit aussi courte que possible. Lorsque la perte d'insertion augmente, le niveau LO du mélangeur diminue et, de ce fait, l'atténuation de conversion du mélangeur augmente.
- Éviter toute contrainte sur le câble utilisé pour acheminer le signal LO.
- Respecter les points suivants lorsqu'on branche le mélangeur sur l'objet sous essai :
 - Il ne doit y avoir aucun décalage entre les guides d'ondes
 - Les brides des guides d'ondes ne doivent être ni salies ni rayées
 - Il ne doit pas y avoir d'espace d'air entre les brides des deux guides d'ondes (par ex. par dévers)
- N'effectuer les mesures que dans la plage de température spécifiée (voir fiche technique).
- En cas de non utilisation du mélangeur, couvrir le connecteur 'LO/IF' (SMA) avec le capuchon prévu à cet effet.

3 Commande

Conventions pour les réglages à effectuer sur le FSE pendant la mesure :

- [<TOUCHE>] Enfoncer une touche en face avant, par ex. [**FREQUENCY SPAN**]
- [<SOFTKEY>] Appuyer sur une touche logicielle, par ex. [**MARKER -> PEAK**]
- [<nn unité>] Entrer une valeur et confirmer en entrant l'unité, par ex. [**12 kHz**]
- {<nn>} Entrer les valeurs indiquées dans l'un tableaux ci-après.

Les entrées consécutives sont séparées par [:], par ex. [**FREQUENCY SPAN : 15 kHz**]

Mesures à prendre avant la première utilisation

Note : *Si, après un recalibrage du mélangeur, il est nécessaire de remplacer par un autre le fichier contenant les (anciennes) données de calibrage mémorisées sur le disque dur du FSE, procéder comme décrit au paragraphe "Mesures à prendre après le recalibrage du mélangeur".*

Avant la première utilisation du mélangeur, copier sur le disque dur du FSE le fichier de données de calibrage fourni sur disquette.

Effectuer à cet effet les opérations suivantes :

- Insérer dans le lecteur du FSE la disquette fournie avec l'appareil
- [**SYSTEM PRESET**]
- [**INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : BAND**]
Choisir la bande désirée pour laquelle les nouvelles données de correction doivent être copiées (avec touches de gestion du curseur/bouton rotatif et ENTER) :

Mélangeur	Bande de guide d'ondes
FS-Z60	U
FS-Z75	V
FS-Z90	E
FS-Z110	W

- [**INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE : LOAD TABLE**]
Lancer la copie avec ENTER

Pour activer le fichier de données de calibrage copié sur le disque dur, le sélectionner dans le menu *CONV LOSS TABLE* pour la bande correspondante.

- [**INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE**]
Choisir le fichier désiré avec les touches de gestion de curseur/bouton rotatif et ENTER.
Le fichier est marqué par √ dans la liste de sélectionnement. Après avoir quitté le menu *CONV LOSS TABLE* et *SELECT BAND* en actionnant deux fois la touche [↑] (MENU UP), utiliser les données de correction de ce fichier pour corriger le niveau.

Exemple :

Pour le mélangeur FS-Z75, copier le fichier de données de correction sur le disque dur du FSE. Procéder comme suit :

- Insérer dans le lecteur du FSE la disquette fournie avec l'appareil
- [**SYSTEM PRESET**]
- [**INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : BAND**]
Choisir la bande V avec les touches de gestion de curseur/bouton rotatif et ENTER
- [**INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE : LOAD TABLE**]
Lancer la copie avec ENTER
- [**INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE**].
Sélectionner 'FS-Z75' avec les touches de gestion de curseur/bouton rotatif et ENTER
- Revenir au menu *EXTERNAL MIXER* en appuyant deux fois sur la touche *MENU UP*.
[↑]
[↑]

Mesures à prendre après le recalibrage du mélangeur

Avant le recalibrage du mélangeur, copier sur le disque dur du FSE le fichier de données de calibrage fourni sur disquette. Afin de s'assurer que les nouvelles données de correction soient utilisées après la copie, effacer du disque dur du FSE le fichier existant portant le même nom. Effectuer à cet effet les opérations suivantes :

- Insérer dans le lecteur du FSE la disquette fournie avec l'appareil
- [**SYSTEM PRESET**]
- [**INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : BAND**]
Choisir la bande désirée pour laquelle les données de correction doivent être copiées (avec touches de gestion du curseur/bouton rotatif et ENTER) :

Mélangeur	Bande de guide d'ondes
FS-Z60	U
FS-Z75	V
FS-Z90	E
FS-Z110	W

- [**INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : AVG CONV LOSS : ENTER**]
Désactiver pour la bande sélectionnée la correction de niveau fonction de la fréquence

- [**INPUT** : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE]
Choisir le fichier devant être remplacé par un autre (avec touches de gestion du curseur/bouton rotatif et ENTER) :

Bande de guide d'ondes	Nom du fichier
U	FS-Z60
V	FS-Z75
E	FS-Z90
W	FS-Z110

- [**INPUT** : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE : DELETE TABLE]
Effacer le fichier sélectionné après avoir confirmé avec 'OK'
- [**INPUT** : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE : LOAD TABLE]
Copier le nouveau fichier de la disquette sur le disque dur du FSE. Lancer la copie avec ENTER

Pour activer le fichier de données de calibrage copié sur le disque dur, le sélectionner dans le menu *CONV LOSS TABLE* pour la bande correspondante.

- [↑↑]
Revenir au menu *CONV LOSS TABLE*
- [**INPUT** : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE].
Choisir le fichier désiré avec les touches de gestion de curseur/bouton rotatif et ENTER.
Le fichier est marqué par √ dans la liste de sélectionnement. Après avoir quitté le menu *CONV LOSS TABLE* et *SELECT BAND* en actionnant deux fois la touche [↑↑] (MENU UP), utiliser les données de correction de ce fichier pour corriger le niveau.

Exemple :

Pour le mélangeur FS-Z75, copier les données de correction sur le disque dur du FSE. Procéder comme suit :

- Insérer dans le lecteur du FSE la disquette fournie avec l'appareil
- [**SYSTEM PRESET**]
- [**INPUT** : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : BAND]
Choisir la bande V avec les touches de gestion de curseur/bouton rotatif et ENTER
- [**INPUT** : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : AVG CONV LOSS : **ENTER**]
Désactiver pour la bande sélectionnée la correction de niveau fonction de la fréquence
- [**INPUT** : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE]
Sélectionner le fichier 'FS-Z75' à remplacer avec les touches de gestion de curseur/bouton rotatif et ENTER
- [**INPUT** : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE : DELETE TABLE]
Effacer le fichier sélectionné
- [**INPUT** : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE : LOAD TABLE]
Lancer la copie avec ENTER
- [**INPUT** : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE]
Sélectionner 'FS-Z75' avec les touches de gestion de curseur/bouton rotatif et ENTER
- Revenir au menu *EXTERNAL MIXER* en appuyant deux fois sur la touche *MENU UP*.
[↑↑]
[↑↑]

Notes concernant l'utilisation

Une fois que le fichier de données de calibrage fourni avec le mélangeur a été copié sur le disque dur du FSE et activé pour la bande correspondante, aucun autre réglage n'est nécessaire après sélection de la bande désirée. Le fichier contient les données de calibrage et tous les paramètres supplémentaires requis ; ces données et paramètres sont réglés automatiquement sur le FSE.

	FS-Z60	FS-Z75	FS-Z90	FS-Z110
Bande	U	V	E	W
Gamme de fréquence / GHz	40 - 60	50 - 75	60 - 90	75 - 110
Ordre des harmoniques	4 pair	6 pair	6 pair	8 pair
Ports	2	2	2	2
Polarisation / mA	0	0	0	0

L'affectation du fichier de données de calibrage à une bande bien définie est conservée même après mise hors tension de l'appareil ou remise à l'état initial avec Preset. Après une remise à l'état initial, il suffit de sélectionner la bande correspondante.

Notes concernant la correction du niveau

Les données de correction ne tiennent compte que de l'atténuation de conversion du mélangeur. La perte d'insertion du câble utilisé pour prélever le signal FI doit être prise en compte à part pour la correction du niveau.

Contrairement à l'atténuation de conversion du mélangeur, l'atténuation du câble dans le chemin FI n'est pas fonction de la fréquence. L'atténuation du câble est donc simplement prise en compte par un décalage de niveau (fonction REF LEVEL OFFSET).

Exemple :

La perte d'insertion a_0 du câble utilisé pour prélever le signal FI est de 0,8 dB à 741,4 MHz (correspond à la FI). Cette perte d'insertion est prise en compte avec

➤ [LEVEL REF : REF LEVEL OFFSET : 0.8 dB]

Précision de mesure

La mesure des niveaux de signaux implique toujours une certaine incertitude. Selon le type de mesure, cette incertitude de mesure est due à différentes sources d'erreurs (paragraphe "Erreurs dues à la désadaptation"). En principe, ces sources d'erreurs proviennent de l'analyseur de spectre et du mélangeur d'harmoniques.

Il n'est pas tenu compte dans ce qui suit des erreurs de mesure dues à un rapport signal/bruit trop faible.

Erreurs dues à l'analyseur de spectre

Lorsqu'on utilise des mélangeurs d'harmoniques, la précision de mesure peut être influencée par les sources d'erreurs ci-après provenant de l'analyseur de spectre :

- Erreur absolue
- Erreur d'amplificateur FI
- Erreur de linéarité
- Erreur sur commutation de la largeur de bande
- Erreur de largeur de bande

Les erreurs sont mentionnées dans la fiche technique de l'analyseur de spectre.

Erreurs dues au mélangeur d'harmoniques

Les sources d'erreurs suivantes dues au mélangeur d'harmoniques peuvent contribuer à l'erreur totale de mesure :

- Incertitude de calibrage
- Écart du niveau LO par rapport à la valeur idéale

Comme chaque mesure, le calibrage des mélangeurs implique certaines erreurs dont les causes sont différentes. Ces erreurs sont incluses dans l'incertitude de calibrage.

Malgré le concept à double diode, il existe une certaine dépendance entre l'atténuation de conversion du mélangeur et le niveau LO. Si, lors de la mesure, le niveau LO appliqué au mélangeur est autre que celui du calibrage à cause des variations du niveau LO de l'analyseur de spectre, l'atténuation de conversion réelle peut différer des données de calibrage. L'incertitude de mesure qui en résulte est toutefois prise en compte dans l'incertitude de calibrage indiquée dans la fiche technique. Les indications ne s'appliquent qu'à la plage du niveau LO, également indiquée.

Erreurs dues à la désadaptation

Un mélangeur idéal ayant un coefficient de réflexion d'entrée de 0 absorberait la puissance totale d'entrée mise à sa disposition, indépendamment de l'impédance de sortie de la source du signal.

Comme cependant le coefficient de réflexion à l'entrée d'un mélangeur réel est > 0 , il se produit une désadaptation. Le résultat de la mesure dépend donc de coefficient de réflexion de sortie de la source, qui, en règle générale, est aussi > 0 . L'équation suivante s'applique à l'incertitude de mesure M_U compte tenu de la désadaptation :

$$M_U = 100 \cdot [(1 \pm r_g \cdot r_l)^2 - 1] \quad (\text{Équation 3-1})$$

avec M_U incertitude de mesure en %
 r_g valeur du coefficient de réflexion de la source
 r_l valeur du coefficient de réflexion du mélangeur

On a l'approximation suivante :

$$M_U \approx \pm 200 \cdot r_g \cdot r_l \quad (\text{Équation 3-2})$$

A partir des valeurs du ROS d'entrée ou de sortie du mélangeur ou de l'objet sous essai, on peut calculer les coefficients de réflexion correspondants comme suit :

$$r = \frac{s-1}{s+1} \quad (\text{Équation 3-3})$$

avec r coefficient de réflexion
 s ROS

La désadaptation de la sortie FI du mélangeur et de l'entrée FI de l'analyseur de spectre est également une source possible d'erreurs. Toutefois, l'erreur qui en résulte est négligeable dû au faible ROS aux entrées FI du FSE.

Erreur totale de mesure

Les sources d'erreurs contribuant à l'erreur totale de mesure dépendent du type de mesure. Les sources d'erreurs sont indiquées ci-après pour les cas les plus importants :

Mesure du niveau absolu :

- | | |
|--|---|
| Sources d'erreurs de l'analyseur de spectre : | <ul style="list-style-type: none"> - Erreur absolue - Erreur d'amplificateur FI - Erreur de linéarité - Erreur sur commutation de la largeur de bande - Erreur de largeur de bande (uniquement pour mesure de puissance de canal et mesure de bruit) |
| Sources d'erreurs du mélangeur d'harmoniques : | <ul style="list-style-type: none"> - Incertitude de calibrage |
| Erreur due à la désadaptation : | <ul style="list-style-type: none"> - Désadaptation entre sortie de l'objet sous essai et entrée RF du mélangeur |

Mesure relative de niveau :

Sources d'erreurs de l'analyseur de spectre :	- Erreur de linéarité
Conditions :	- Largeurs de bande constantes et réglage du niveau de référence - Mesures à la fréquence du signal ¹ - Impédance constante de sortie de source

Une erreur maximum (pire cas) se calcule par simple addition de ces erreurs. L'erreur maximum ainsi obtenue a un niveau de confiance de 100%, c.-à-d. que l'erreur se produisant effectivement lors d'une mesure ne dépasse jamais les valeurs calculées.

Dans la pratique, cependant, l'erreur maximum ne se produit que rarement. Si l'erreur totale est la somme d'erreurs individuelles dont les causes sont indépendantes les unes des autres, il est statistiquement très rare que toutes les erreurs individuelles se produisent en même temps à leur valeur maximum et avec le même signe pendant une mesure.

Il est plus utile dans la pratique de calculer l'erreur totale avec un certain niveau de confiance, généralement de 95% (voir note d'application 1EF36_0E 'Level Error Calculation for Spectrum Analyzers' disponible en anglais seulement).

On suppose une distribution rectangulaire pour les erreurs systématiques, c.-à-d. pour toutes les erreurs mentionnées plus haut, sauf les erreurs dues à une désadaptation.

L'équation suivante s'applique à la variance σ^2 des erreurs individuelles :

$$\sigma^2 = \frac{a^2}{3} \quad (\text{Équation 3-4})$$

avec σ^2 variance
 a erreur max. systématique, en dB.

Les erreurs de largeur de bande sont indiquées généralement en %. On a donc l'équation suivante :

$$\sigma^2 = \frac{\left(10 \cdot \lg\left(1 + \frac{RBW_{err}}{100}\right)\right)^2}{3} \quad (\text{Équation 3-5})$$

avec σ^2 variance
 RBW_{err} erreur de largeur de bande, en % .

Si une erreur (par ex. l'incertitude de calibrage du mélangeur) est déjà indiquée avec un certain niveau de confiance, c.-à-d. que l'indication ne reflète pas la valeur maximum, la variance doit se calculer à partir de la valeur indiquée.

¹ Si la fréquence du signal ne varie que peu entre les deux signaux à mesurer (quelques MHz), la réponse en fréquence est négligeable. Ce qui apparaît n'est pratiquement que l'erreur de linéarité de l'analyseur de spectre.

L'équation suivante s'applique aux indications d'un niveau de confiance de 95%

$$\sigma^2 = \left(\frac{a_{RSS}}{1,96} \right)^2 \quad (\text{Équation 3-6})$$

avec σ^2 variance
 a_{RSS} erreur systématique d'un niveau de confiance de 95% en dB.

Les erreurs dues à une désadaptation ont une distribution en U. Ainsi, l'équation suivante s'applique à la variance σ^2

$$\sigma^2 = \frac{\left(20 \cdot \lg(1 - r_g \cdot r_l) \right)^2}{2} \quad (\text{Équation 3-7})$$

avec σ^2 variance
 r_g valeur du coefficient de réflexion de la source
 r_l valeur du coefficient de réflexion du collecteur.

La valeur du coefficient de réflexion se calcule d'après l'équation

$$r = \frac{s - 1}{s + 1} \quad (\text{Équation 3-8})$$

avec r coefficient de réflexion
 s ROS.

L'écart standard combiné σ_{tot} se calcule à partir des variances σ_i des différentes erreurs d'après l'équation suivante

$$\sigma_{tot} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2} \quad (\text{Équation 3-9})$$

L'écart standard obtenu a un niveau de confiance de 68%. Cette valeur doit être multipliée par 1,96 pour obtenir un niveau de confiance de 95%.

Exemple :

L'erreur totale doit être déterminée avec un niveau de confiance de 95% pour effectuer la mesure du niveau absolu d'un signal d'entrée (ROS de sortie de la source de signal 1,9:1). La largeur de bande de résolution réglée sur l'analyseur de spectre est de 100 kHz, le niveau du signal est d'environ 20 dB au-dessous du niveau de référence. On doit tenir compte d'une erreur de largeur de bande de l'analyseur de spectre de 10%.

Les fiches techniques du mélangeur et de l'analyseur de spectre indiquent les valeurs requises.

	Erreur indiquée	Variance σ_i^2	Remarques
Analyseur de spectre			
Erreur absolue (en mélange externe)	1,0 dB	0,33	cf. équation 3-4
Erreur d'amplificateur FI	0,2 dB	0,01	cf. équation 3-4
Erreur de linéarité	0,3 dB	0,03	cf. équation 3-4
Erreur sur commutation de largeur de bande	0,2 dB	0,01	cf. équation 3-4
Erreur de largeur de bande	10 %	0,07	cf. équation 3-5
Mélangeur d'harmoniques			
Incertitude de calibrage	3,0 dB	2,34	cf. équation 3-6
Désadaptation			
ROS entrée RF du mélangeur	3,5		
ROS sortie de la source de signal	1,2	0,10	cf. équation 3-7

L'écart standard combiné pour $\sigma_{tot} = 1,7$ se calcule à partir des variances σ_i^2 d'après l'équation 3-9. En multipliant cet écart standard par le facteur 3,34, on obtient une erreur totale de 4,17 dB d'un niveau de confiance de 95%.

Un tableur MS Excel® 5.0 (fichier EXTERROR.XLS) est fourni sur disquette avec le mélangeur pour simplifier de tels calculs d'erreurs.

Error Calculation for FSE + External Mixer			
		specified error	variance
Inherent errors			
Spectrum analyzer			
Absolute error (IF input for external mixing)	[dB]	1,00	0,33
IF Gain	[dB]	0,20	0,01
Log linearity	[dB]	0,30	0,03
Bandwidth switching error	[dB]	0,20	0,01
Bandwidth error	[%]	10,00	0,07
External mixer			
Calibration accuracy (95% confidence level)	[dB]	3,00	2,34
combined variance			2,80
combined standard uncertainty			1,67
rss error (95% confidence level)			3,28
Error due to source mismatch			
VSWR of external mixer (RF port)		3,50	
VSWR of DUT		1,20	0,10
combined variance			2,90
combined standard uncertainty			1,70
error including source mismatch (95%)			3,34

Les différentes erreurs doivent être entrées dans les cases jaunes avec l'unité indiquée. L'erreur calculée d'un niveau de confiance de 95% est sortie dans les cases en bleu foncé.

L'erreur sortie sous 'erreur moyenne quadratique (niveau de confiance 95%)' tient compte de toutes les erreurs individuelles, y compris la désadaptation dans la branche FI.

Les erreurs dues à une désadaptation entre l'objet sous essai et l'entrée du mélangeur sont prises en compte dans la valeur sortie sous 'erreur contenant la source de désadaptation (95%)'.

4 Maintenance et recherche de défauts

Maintenance

Les mélangeurs d'harmoniques FS-Z60, FS-Z75, FS-Z90 et FS-Z110 n'exigent aucune maintenance. Nettoyer à intervalles réguliers la surface de contact de la bride de guide d'ondes avec de l'alcool et un chiffon doux.

**Attention :**

Ne pas rayer la surface de contact.

Afin de maintenir au minimum les erreurs de mesure, il convient de retourner à intervalles réguliers le mélangeur au fabricant pour recalibrage (voir les indications concernant les intervalles de calibrage dans la fiche technique).

Recherche de défauts

Un recherche de défauts en tant que telle n'est pas possible sur les mélangeurs d'harmoniques de la série FS-Zxx. Les mélangeurs défectueux exigent toujours qu'ils soient réparés et recalibrés par le fabricant.

Les défauts se manifestent généralement par une augmentation de l'atténuation de conversion pouvant aller jusqu'à la panne complète.

**Attention :**

- *Ne pas vérifier la fonction des diodes du mélangeur au moyen d'un ohmmètre. Les diodes peuvent être détruites par la tension de la batterie.*
- *Ne pas desserrer les vis du mélangeur ainsi que les vis de fixation du connecteur SMA*
- *L'autocollant indiquant les valeurs de calibrage sert en même temps de scellé. Le calibrage devient invalide si ce scellé est brisé.*

5 Vérification des caractéristiques nominales

Appareils de mesure et accessoires

Tableau 5-1: Appareils de mesure et accessoires

Repère	Type d'appareil	Caractéristiques recommandées	Appareil recommandé	N° de réf. R&S-	Page
1	Analyseur de spectre	<p>Gamme de fréquence OL 7,5 GHz à 15,2 GHz</p> <p>Niveau OL 15,5 dBm ± 3 dB</p> <p>Entrée FI 741,4 MHz</p> <p>Niveau FI pour régime maximum > -20 dBm</p> <p>Diplexeur interne</p>	<p>FSEM 20 + B21¹⁾ ou FSEM 21 oder FSEM 30 + B21¹⁾ ou FSEM 31 ou FSEK 20 + B21¹⁾ ou FSEK 21 ou FSEK 30 + B21¹⁾ ou FSEK 31 oder FSIQ 26 + B21¹⁾ ou ESIB 26 + B21¹⁾ ou ESIB 40 + B21¹⁾</p> <p>¹⁾ Option FSE-B21</p>	<p>1080.1505.20 1080.1505.21 1079.8500.30 1079.8500.31 1088.1491.20 1088.1491.21 1088.3494.30 1088.3494.31 1119.6001.26 1088.7490.26 1088.7490.40</p> <p>1084.7243.02</p>	18 22
2	Générateur de mesure	Gamme de fréquence jusqu'à 1 GHz	SMT02	1039.2000.02	18
3	Source de signal	<p>Niveau de sortie > 0 dBm</p> <p>ROS de sortie < 2,0 : 1</p> <p>Gamme de fréquence :</p> <p>FS-Z60 : 40 GHz à 60 GHz FS-Z75 : 50 GHz à 75 GHz FS-Z90 : 60 GHz à 90 GHz FS-Z110: 75 GHz bis 110 GHz</p> <p>Connecteur guide d'ondes FS-Z60 : UG-383/U-M FS-Z75 : UG-385/U FS-Z90 : UG-387/U FS-Z110: UG-387/U-M</p>	<p>FS-Z60 : Anritsu 68085B</p> <p>FS-Z75: Anritsu 68085B + Anritsu 54000-5WR15</p> <p>FS-Z90: Anritsu 68085B + Anritsu 54000-5WR15 Anritsu 54000-5WR10</p> <p>FS-Z110: Anritsu 68085B + Anritsu 54000-5WR10</p>		18
4	Wattmètre		NRVD	0857.8008.02	18
5	Tête de mesure de puissance	<p>Gamme de fréquence jusqu'à 1 GHz</p> <p>Erreur moyenne quadratique par rapport à la puissance affichée ≤ 0,8%</p> <p>Affichage de bruit ≤ 20 pW</p>	NRV-Z4	0828.3618.02	18
6	Wattmètre	<p>Adpaté aux têtes de mesure de guides d'ondes destinées à</p> <p>FS-Z60 : 40 GHz à 60 GHz FS-Z75 : 50 GHz à 75 GHz FS-Z90 : 60 GHz à 90 GHz FS-Z110: 75 GHz bis 110 GHz</p>	Anritsu ML4803A		18

FS-Z60; FS-Z75; FS-Z90; FS-Z110 Vérification des caractéristiques nominales

Repère	Type d'appareil	Caractéristiques recommandées	Appareil recommandé	N° de réf. R&S-	Page
7	Tête de mesure de puissance	<p>Gamme de fréquence FS-Z60 : 40 GHz à 60 GHz FS-Z75 : 50 GHz à 75 GHz FS-Z90 : 60 GHz à 90 GHz FS-Z110: 75 GHz bis 110 GHz</p> <p>Connecteur guide d'ondes FS-Z60 : UG-383/U-M FS-Z75 : UG-385/U FS-Z90 : UG-387/U FS-Z110:UG-383/U-M</p> <p>ROS d'entrée < 1,5 : 1</p> <p>Affichage de bruit ≤ -30 dBm</p> <p>Erreur moyenne quadr. ≤ 4 %</p>	<p>FS-Z60 : Anritsu MP715A</p> <p>FS-Z75 : Anritsu MP716A</p> <p>FS-Z90 : Anritsu MP717A</p>		18
8	Atténuateur	<p>Atténuation 10 dB</p> <p>ROS ≤ 1,15 : 1</p> <p>Connecteur guide d'ondes</p> <p>FS-Z60 : UG-383/U-M FS-Z75 : UG-385/U FS-Z90 : UG-387/U FS-Z110: UG-387/U-M</p>	<p>FS-Z60 : Millitech FXA-19-R10G0</p> <p>FS-Z60 : Millitech FXA-15-R10G0</p> <p>FS-Z90 : Millitech FXA-12-R10G0</p>		18
9	Jonctions guide d'ondes	<p>Uniquement pour FS-Z90 : WR12 sur WR15 WR12 sur WR10</p>	<p>Millitech TWT-15-R12R0 TWT-12-R10R0</p>		18

Déroulement du test

- Avant la vérification des caractéristiques nominales, effectuer un calibrage intégral sur le FSE utilisé à cet effet, après au moins 30 minutes de mise en température.
Les caractéristiques garanties du mélangeur d'harmoniques peuvent être ainsi déterminées de manière sûre.
- Les réglages du FSE s'effectuent à partir du réglage Preset.
- Conventions pour les réglages à effectuer sur le FSE pendant la mesure :
 - [<TASTE>] Enfoncer une touche en face avant, par ex. [SPAN]
 - [<SOFTKEY>] Appuyer sur une touche logicielle, par ex. [MARKER -> PEAK]
 - [<nn unité>] Entrer une valeur et confirmer en entrant l'unité, par ex. [12 kHz]
 Les entrées consécutives sont séparées par [:], par ex.[**SPAN**: 15 kHz]
- Les valeurs spécifiées dans les paragraphes ci-après ne sont pas garanties, seules les caractéristiques de la fiche technique font foi.

Vérification de l'atténuation de conversion

Appareils de mesure :	- Analyseur de spectre (tableau 5-1, repère 1)
	- Générateur de mesure (tableau 5-1; repère 2) Gamme de fréquence jusqu'à 1 GHz
	- Wattmètre (tableau 5-1; repère 4)
	- Tête de mes. de puiss. (tableau 5-1; repère 5) Gamme de fréquence jusqu'à 1 GHz Erreur moyenne quadr. par rapport à la puiss. affichée $\leq 0,8 \%$ Affichage de bruit $\leq 20 \text{ pW}$
Source de signal	(tableau 5-1; repère 3) Niveau de sortie $> 0 \text{ dBm}$ ROS de sortie $< 2,0 : 1$ Gamme de fréquence FS-Z60 : 40 GHz à 60 GHz FS-Z75 : 50 GHz à 75 GHz FS-Z90 : 60 GHz à 90 GHz FS-Z110: 75 GHz bis 110 GHz . FS-Z60 : UG-383/U-M FS-Z75 : UG-385/U FS-Z90 : UG-387/U FS-Z110: UG-387/U-M-
Atténuateur	(tableau 5-1; repère 8) Atténuation 10 dB ROS $\leq 1,15 : 1$ Gamme de fréquence FS-Z60 : 40 GHz à 60 GHz FS-Z75 : 50 GHz à 75 GHz FS-Z90 : 60 GHz à 90 GHz FS-Z110: 75 GHz bis 110 GHz . FS-Z60 : UG-383/U-M FS-Z75 : UG-385/U FS-Z90 : UG-387/U FS-Z110: UG-387/U-M

FS-Z60; FS-Z75; FS-Z90; FS-Z110 ***Vérification des caractéristiques nominales***

- Wattmètre (tableau 5-1; repère 6)
adapté pour têtes de mesure de guides d'ondes
- Tête de mes. de puiss. (tableau 5-1; repère 7)
 - Affichage de bruit ≤ -30 dBm
 - Erreur moyenne quadratique ≤ 4 %
 - ROS d'entrée $< 1,5 : 1$
 - Gamme de fréquence
 - FS-Z60 : 40 GHz à 60 GHz
 - FS-Z75 : 50 GHz à 75 GHz
 - FS-Z90 : 60 GHz à 90 GHz
 - FS-Z110: 75 GHz bis 110 GHz
 - Connecteur guide d'ondes
 - FS-Z60 : UG-383/U-M
 - FS-Z75 : UG-385/U
 - FS-Z90 : UG-387/U
 - FS-Z110: UG-387/U-M
- Jonctions guide d'ondes (tableau 5-1; repère 9)
requis uniquement pour FS-Z90
 - WR12 sur WR15
 - WR12 sur WR10

Détermination de l'erreur absolue de niveau

Cette mesure permet de déterminer l'erreur totale de niveau causée par l'erreur de niveau du FSE, ainsi que l'atténuation d'insertion du câble dans le chemin FI.

- Montage de mesure :
- Brancher la tête de mesure de puissance (tableau 5-1, repère 5) sur le wattmètre (tableau 5-1, repère 4) et activer la fonction 'ZERO' si aucun signal n'est appliqué à la tête de mesure de puissance.
 - Brancher la tête de mesure de puissance sur la sortie RF du générateur de signaux (tableau 5-1, repère 2).

Réglages sur le générateur de mesure :

- Fréquence 741,4 MHz
- Niveau -30 dBm

- Mesure :
- Déterminer la puissance de sortie du générateur de signaux au moyen du wattmètre. Pour obtenir une précision supérieure, il est recommandé de compenser la réponse en fréquence de la tête de mesure de puissance.
 - Brancher la sortie RF du générateur de signaux sur le connecteur 'LO OUT / IF IN' du FSE. Utiliser le câble coaxial livré avec le FSE ou l'option FSE-B21.

FS-Z60; FS-Z75; FS-Z90; FS-Z110 **Vérification des caractéristiques nominales**

- Réglage sur le FSE :
- [**SYSTEM PRESET**]
 - [**INPUT : EXTERNAL MIXER : BAND LOCK ON / OFF**]
Commuter sur BAND LOCK OFF
 - [**INPUT : EXTERNAL MIXER : AVG CONV LOSS : 0 dB**]
 - [**INPUT : EXTERNAL MIXER : PORTS 2/3**]
Sélectionnement de mélangeurs deux ports
 - [**LEVEL REF : -20 dBm**]
 - [**FREQUENCY SPAN : 1 MHz**]
 - [**SWEEP COUPLING : RES BW MANUAL : 10 kHz**]
 - Régler le marqueur sur la valeur crête du signal.
[**MARKER SEARCH : PEAK**]

Évaluation: L'écart entre les niveaux de signal mesurés au wattmètre et sur le FSE (niveau du marqueur 1) indique l'erreur absolue de niveau du FSE. Il se calcule comme suit :

$$\text{Erreur absolue} = L_{\text{FSE}} - L_{\text{wattmètre}}$$

Inscrire dans le tableau 5-2 (repère 1) du procès-verbal d'essai de performance l'erreur absolue déterminée.

Mesure du niveau de sortie de la source de signal

- Montage de mesure :
- Brancher la tête de mesure de puissance (tableau 5-1, repère 7) sur le wattmètre (tableau 5-1, repère 6) et activer la fonction 'ZERO' si aucun signal n'est appliqué à l'entrée de la tête de mesure de puissance.
 - Brancher la sortie RF de la source de signal (tableau 5-1, repère 3) sur l'entrée de la tête de mesure de puissance via l'atténuateur.

Sur FS-Z90 : *Utiliser des jonctions de guide d'ondes (tableau 5-1, repère 9) pour brancher l'atténuateur sur la sortie de la source de signal.*

Réglages sur la source de signal :

- Niveau 0 dBm
- Fréquence $f_{\text{répfr.}}$

Voir le tableau 5-2 (repère 2) du procès-verbal d'essai de performance pour les valeurs de $f_{\text{répfr.}}$.

Réglages sur le wattmètre : Déterminer le niveau de signal $L_{\text{gén}}$. Pour obtenir une précision supérieure, il est recommandé de compenser la réponse en fréquence de la tête de mesure de puissance.

Vérification de l'atténuation de conversion du mélangeur

Montage de mesure : ➤ Brancher le mélangeur d'harmoniques sur la source de signal (tableau 5-1, repère 3).

Sur FS-Z90 : *Utiliser des jonctions de guide d'ondes (tableau 5-1, repère 9) pour brancher l'atténuateur sur la sortie de la source de signal.*

➤ Brancher le connecteur 'LO/IF' du mélangeur d'harmoniques sur le connecteur 'LO OUT / IF IN' du FSE. Utiliser le câble coaxial livré avec le FSE ou l'option FSE-B21.

Réglages sur la source de signal : - Fréquence $f_{répfr.}$

Voir le tableau 5-2 (repère 3) du procès-verbal d'essai de performance pour les valeurs de $f_{répfr.}$.

Réglage sur le FSE :

- [**SYSTEM PRESET**]
- [**INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : DEFAULT SETTINGS**]
- [**INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : BAND**]
Choisir la bande désirée de guide d'ondes avec les touches de gestion de curseur/bouton rotatif et ENTER.

FS-Z60 : Bande U
FS-Z75 : Bande V
FS-Z90 : Bande E
FS-Z110: Band W

- [**INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : AVG CONV LOSS : 0 dB**]
- [**INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : PORTS 2/3**]
Sélectionnement de mélangeurs deux ports
- [**FREQUENCY SPAN : 100 kHz**]
- [**SWEEP COUPLING : RES BW MANUAL : 10 kHz**]
- [**FREQUENCY CENTER : { $f_{répfr.}$ }**]

Voir le tableau 5-2 (repère 3) du procès-verbal d'essai de performance pour les valeurs de $f_{répfr.}$.

➤ Régler le marqueur sur la valeur crête du signal.
[**MARKER SEARCH : PEAK**]

Le niveau de signal L_{FSE} est indiqué par le niveau du marqueur 1.

Évaluation:

L'atténuation de conversion se calcule comme suit :

$$a_{conv} = L_{gén} - (L_{FSE} - \text{erreur absolue})$$

Voir le tableau 5-2 (repère 3) du procès-verbal d'essai de performance pour les valeurs nominales .

Vérification de l'affichage de bruit

- Appareil de mesure : - Analyseur de spectre (tableau 5-1; repère 1)
- Montage de mesure : Brancher le connecteur 'LO/IF' du mélangeur d'harmoniques sur le connecteur 'LO OUT / IF IN' du FSE. Utiliser le câble coaxial livré avec le FSE ou l'option FSE-B21.
- Réglage sur le FSE :
- [**SYSTEM PRESET**]
 - [**INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : DEFAULT SETTINGS**]
 - [**INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : BAND**]
Choisir la bande désirée de guide d'ondes avec les touches de gestion de curseur/bouton rotatif et ENTER.
 - FS-Z60 : Bande U
 - FS-Z75 : Bande V
 - FS-Z90 : Bande E
 - FS-Z110: Band W
 - [**INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : PORTS 2/3**]
Sélectionnement de mélangeurs deux ports
 - [**FREQUENCY SPAN : 10 kHz**]
 - [**SWEEP COUPLING : RES BW MANUAL : 1 kHz**]
 - [**SWEEP COUPLING : VIDEO BW MANUAL : 10 Hz**]
 - [**TRACE 1 : AVERAGE**]
 - [**TRACE 1 : SWEEP COUNT : 30 ENTER**]
 - [**LEVEL REF : -60 dBm**]
 - [**FREQUENCY CENTER : { $f_{répfr}$ }**]
Voir le tableau 5-2 (repère 4) du procès-verbal d'essai de performance pour les valeurs de $f_{répfr}$.
 - [**INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : AVG CONV LOSS : { a_{conv} }**]
Voir le tableau 5-2 (repère 3) du procès-verbal d'essai de performance pour les valeurs de a_{conv} .
 - Régler le marqueur sur la valeur crête du signal.
[**MARKER SEARCH : PEAK**]
- Évaluation: L'affichage de bruit est indiqué par le niveau du marqueur 1. Voir le tableau 5-2 (repère 4) du procès-verbal d'essai de performance pour les valeurs nominales .

FS-Z60; FS-Z75; FS-Z90; FS-Z110 **Vérification des caractéristiques nominales**

Repère	Caractéristique	Mesure selon page	Valeur min.	Valeur réelle	Valeur max.	Unité
2	Prüfen der Umsetz- dämpfung Generatorpegel f_{fresp} FS-Z110:	18				
	75 GHz		-	_____	-	dBm
	76 GHz		-	_____	-	dBm
	77 GHz		-	_____	-	dBm
	78 GHz		-	_____	-	dBm
	79 GHz		-	_____	-	dBm
	80 GHz		-	_____	-	dBm
	81 GHz		-	_____	-	dBm
	82 GHz		-	_____	-	dBm
	83 GHz		-	_____	-	dBm
	84 GHz		-	_____	-	dBm
	85 GHz		-	_____	-	dBm
	86 GHz		-	_____	-	dBm
	87 GHz		-	_____	-	dBm
	88 GHz		-	_____	-	dBm
	89 GHz		-	_____	-	dBm
	90 GHz		-	_____	-	dBm
	91 GHz		-	_____	-	dBm
	92 GHz		-	_____	-	dBm
	93 GHz		-	_____	-	dBm
	94 GHz		-	_____	-	dBm
	95 GHz		-	_____	-	dBm
	96 GHz		-	_____	-	dBm
	97 GHz		-	_____	-	dBm
	98 GHz		-	_____	-	dBm
	99 GHz		-	_____	-	dBm
	100 GHz		-	_____	-	dBm
	101 GHz		-	_____	-	dBm
	102 GHz		-	_____	-	dBm
	103 GHz		-	_____	-	dBm
	104 GHz		-	_____	-	dBm
	105 GHz		-	_____	-	dBm
	106 GHz		-	_____	-	dBm
	107 GHz		-	_____	-	dBm
	108 GHz		-	_____	-	dBm
	109 GHz		-	_____	-	dBm
	110 GHz		-	_____	-	dBm



Products FSEM21/31 and FSEK21/31 or FSEM20/30 and FSEK20/30 with FSE-B21

Frequency Range Extension of Spectrum Analyzers with Harmonic Mixers

Application Note

This application note describes the principle of harmonic mixing and the requirements to be met by spectrum analyzers and external mixers.



Contents

1	Introduction	2
2	Fundamentals	3
	Waveguides	3
	Harmonic Mixing	5
	Signal Identification	8
	Characteristics of Mixers	11
	Spectrum Analyzer Requirements and their Realization in FSE.....	12
	Measurement Hints	14
3	Operation of External Mixers on FSE	15
4	References.....	18
5	Ordering Information	18

1 Introduction

The growing number of applications using wireless signal transmission, eg radiocommunication or collision avoidance systems, calls for an ever increasing number of frequencies. Since frequency requirements can no longer be met by the lower frequency bands alone, frequencies in the millimeter range are used to a growing extent. So this frequency range is not only employed by military users but opened up also for civil applications. So far, the frequencies up to 110 GHz have been of main interest. However, with demands made on harmonic suppression getting higher and EMC directives becoming more stringent (eg FCC CFR47 Part 15), this frequency limit is shifted to 200 GHz.

The frequency range above 40 to 50 GHz is covered by spectrum analyzers usually by means of external mixers because the fundamental mixing commonly employed in the lower frequency range is too complex and expensive or required components such as preselectors are not available.

This application note describes the principle of harmonic mixing and the criteria to be taken into account.

2 Fundamentals

Waveguides

Wired signal transmission in the millimeter range is preferably realized by means of waveguides because they offer low attenuation and high reproducibility. Unlike coaxial cables, the frequency range in which waveguides can be used is limited also towards lower frequencies (highpass filter characteristics). Wave propagation in the waveguide is not possible below a certain cutoff frequency where attenuation of the waveguide is very high. Beyond a certain upper frequency limit, several wave propagation modes are possible so that the behaviour of the waveguide is no longer unambiguous. In the unambiguous range of a rectangular waveguide, only H_{10} waves are capable of propagation. The following formula applies to the lower cutoff frequency $f_{c,1}$, from which such waves are capable of propagation:

$$f_{c,1} = \frac{c}{2 \cdot a \cdot \sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{Equation 2-1})$$

where $f_{c,1}$ Lower cutoff frequency (in Hz)
 c Velocity of light (in m/s)
 a Length of larger dimension of waveguide (in m)
 ϵ_r Dielectric constant of medium in waveguide (= 1 for air)

From a limit frequency of $f_{c,2}$, the H_{01} wave can propagate in addition to the H_{10} wave. $f_{c,2}$ is therefore the upper limit frequency of the unambiguous range. The following applies:

$$f_{c,2} = \frac{c}{2 \cdot b \cdot \sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{Equation 2-2})$$

where $f_{c,2}$ Upper limit frequency (in Hz)
 b Length of smaller dimension of waveguide (in m)

Usually, a ratio of $a/b = 2$ of the edge lengths is selected, so that $f_{c,2} = 2 \cdot f_{c,1}$.

Because of the high wave attenuation near the lower cutoff frequency $f_{c,1}$, and to allow for mechanical tolerances, the following transmission range is usually selected in practice [1]:

$$1.25 \cdot f_{c,1} \leq f \leq 1.9 \cdot f_{c,1} \quad (\text{Equation 2-3})$$

The dimensions of rectangular and circular waveguides are defined by international standards such as 153-IEC for various frequency ranges. These frequency ranges are also referred to as waveguide bands. They are designated using different capital letters depending on the standard. Table 2-1 provides an overview of the different waveguide bands together with the designations of the associated waveguides and flanges.

For rectangular waveguides, which are mostly used in measurements, harmonic mixers with matching flanges are available. For connecting harmonic mixers to circular waveguides, transitions are to be used whose attenuation has to be taken into account in the evaluation of results.

Frequency Range Extension of Spectrum Analyzers

Table 2-1 Waveguide bands and associated waveguides

Band	Frequency in GHz	Designations				Internal dimensions of waveguide		Designations of frequently used flanges		
		MIL-W-85	EIA	153-IEC	RCSC (British)	in mm	in inches	MIL-F-3922	UG-XXX /U equivalent (reference)	Remarks
Ka	26.5 - 40.0	3-006	WR-28	R320	WG-22	7.11 x 3.56	0.280 x 0.140	54-003 68-002 67B-005	UG-599 /U - UG-381 /U	Rectangular Rectangular Round
Q	33.0 - 50.0	3-010	WR-22	R400	WG-23	5.69 x 2.84	0.224 x 0.112	67B-006	UG-383 /U	Round
U	40.0 - 60.0	3-014	WR-19	R500	WG-24	4.78 x 2.388	0.188 x 0.094	67B-007	UG-383 /U-M	Round
V	50.0 - 75.0	3-017	WR-15	R620	WG-25	3.759 x 1.879	0.148 x 0.074	67B-008	UG-385 /U	Round
E	60.0 - 90.0	3-020	WR-12	R740	WG-26	3.099 x 1.549	0.122 x 0.061	67B-009	UG-387 /U	Round
W	75.0 - 110.0	3-023	WR-10	R900	WG-27	2.540 x 1.270	0.100 x 0.050	67B-010	UG-383 /U-M	Round
F	90.0 - 140.0	3-026	WR-08	R1200	WG-28	2.032 x 1.016	0.080 x 0.040	67B-M08 / 74-001	UG-383 /U-M	Round, pin contact
D	110.0 - 170.0	3-029	WR-06	R1400	WG-29	1.651 x 0.826	0.065 x 0.0325	67B-M06 / 74-002	UG-383 /U-M	Round, pin contact
G	140.0 - 220.0	3-032	WR-05	R1800	WG-30	1.295 x 0.635	0.051 x 0.0255	67B-M05 / 74-003	UG-383 /U-M	Round, pin contact
Y	170.0 - 260.0		WR-04	R2200	WG-31	1.092 x 0.5461	0.043 x 0.0215	67B-M04 / 74-004	UG-383 /U-M	Round, pin contact
J	220.0 - 325.0		WR-03	R2600	WG-32	0.8636 x 0.4318	0.034 x 0.017	67B-M03 / 74-005	UG-383 /U-M	Round, pin contact

Harmonic Mixing

In harmonic mixers, a harmonic of the local oscillator (LO) is used for signal conversion to a lower intermediate frequency (IF). The advantage of this method is that the frequency range of the local oscillator may be much lower than with fundamental mixing, where the LO frequency must be of the same order (with low IF) or much higher (with high IF) than the input signal (RF). Microwave spectrum analyzers use harmonic mixing also in the fundamental frequency range, FSEK for example from 26.5 GHz. To ensure image- and spurious-free spectrum display in the fundamental frequency range, a tracking preselection is provided at the RF input of the spectrum analyzer. In this way, signals are displayed at the desired frequency only. Image-frequency signals, which the mixer is not capable of distinguishing from signals at the desired frequency, are suppressed by the preselector. Preselection is not commonly used with external harmonic mixers because of the high frequencies involved. Preselection would be very costly in this case and hardly possible to realize at extremely high frequencies.

Fig. 2-1 shows the test setup for measurements using an external harmonic mixer. The mixer is fed a high-level LO signal. The harmonics generated in the mixer because of its nonlinearity are used for conversion.

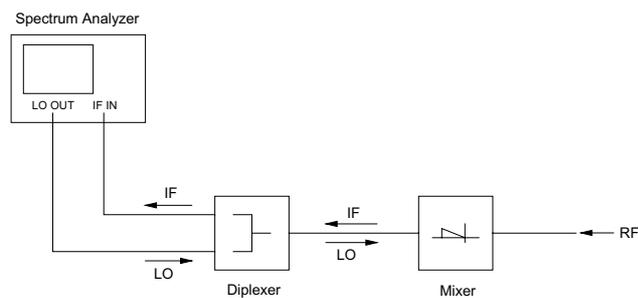


Fig. 2-1: Test setup for measurements using an external two-port mixer

The signal converted to the IF is coupled out of the line which is also used for feeding the LO signal. Because of the great frequency spacing between the LO and the IF signal, the two signals can be separated by means of a simple diplexer. The diplexer may be realized as part of the mixer or the spectrum analyzer, or as a separate component. Mixers with an integrated diplexer are also referred to as three-port mixers, mixers without diplexers as two-port mixers. To enable the use of both types of mixer, FSEM and FSEK offer a separate IF input as well as an integrated diplexer.

The LO path of harmonic mixers often contains a lowpass filter for the suppression of harmonics of the incoming LO signal. This is to prevent LO harmonics to be superimposed on the mixer-generated harmonics. Depending on the phase of the harmonics, this may cause blanking, which leads to higher conversion loss or produces notches in the frequency response characteristic. When selecting an external mixer, therefore, care should be taken that the limit frequency of the integrated lowpass filter is higher than the maximum LO frequency of the spectrum analyzer.

The RF signal applied to the input of the external mixer together with its harmonics is mixed with all harmonics of the LO signal. The mixer products that fall within the IF of the spectrum analyzer are displayed. They must fulfil the following criterion:

Frequency Range Extension of Spectrum Analyzers

$$|m \cdot f_{LO} \pm n \cdot f_{RF}| = f_{IF} \quad (\text{Equation 2-4})$$

where $m, n = 1, 2, \dots$

f_{LO} Frequency of LO signal (in Hz)

f_{RF} Frequency of input signal (in Hz)

f_{IF} Intermediate frequency (in Hz)

The local oscillator of FSEM and FSEK is tunable between 7.5 and 15.2 GHz. The intermediate frequency is 741.4 MHz. For an input signal with a frequency of 39 GHz, the criterion according to equation 2-4 is fulfilled for the LO frequencies listed in Table 2-2.

The variable m corresponds to the order of the harmonic of the LO signal by which the input signal is converted to the IF. The criterion is fulfilled twice for each harmonic. The input signal is represented as the upper sideband (normal position) and also as the lower sideband (inverted position) of the local oscillator signal. Components with $n \neq 1$ are harmonics of the input signal that are generated, for example, in the mixer. It can be seen that these harmonics are converted to the desired IF only by LO harmonics of a comparatively high order m . If the level of the input signal is well below the 1 dB compression point of the mixer, such components have a markedly lower level since the harmonics of the input signal are sufficiently attenuated with respect to the fundamental and in addition the conversion loss of the mixer increases with increasing order m . Therefore, only responses with $n \leq 4$ are listed in Table 2-2. While components with higher m and n exist, they can be neglected because of their low level.

Table 2-2: LO frequencies for which the criterion according to equation 2-4 is fulfilled ($f_{IF} = 741.4$ MHz, $n \leq 4$, $m \leq 12$)

m	n	f_{LO} / GHz	m	n	f_{LO} / GHz	m	n	f_{LO} / GHz
3	1	12.7529	8	2	9.6573	10	3	11.6259
3	1	13.2471	8	2	9.8427	10	3	11.7741
4	1	9.5647	8	3	14.5323	11	3	10.5690
4	1	9.9354	8	3	14.7177	11	3	10.7038
5	1	7.6517	9	2	8.5843	11	4	14.1144
5	1	7.9483	9	2	8.7490	11	4	14.2492
6	2	12.8764	9	3	12.9176	12	3	9.6882
6	2	13.1236	9	3	13.0824	12	3	9.8118
7	2	11.0369	10	2	7.7259	
7	2	11.2488	10	2	7.8741			

Spectrum analyzers however display the received spectrum not versus the LO frequency but versus the input frequency. For this, the user has to enter on the spectrum analyzer the order m' of the harmonic by which the input signal is to be converted. For the representation of signals in the lower sideband at the correct frequency f_{RF}' , the following equation applies (derived from equation 2-4):

$$f_{RF}' = m' \cdot f_{LO} - f_{IF} \quad (\text{Equation 2-5})$$

where m' Harmonic set by user

f_{RF}' Frequency at which a spectral component is displayed on the analyzer (in Hz)

The LO frequency f_{LO} , which is required for conversion of a signal in the lower sideband, is obtained from equation 2-4 as follows:

Frequency Range Extension of Spectrum Analyzers

$$f_{LO} = \frac{f_{IF} + n \cdot f_{RF}}{m} \quad (\text{Equation 2-6})$$

By substituting equation 2-6 in equation 2-5, the following is obtained for f_{RF}' :

$$f_{RF}' = m' \cdot \frac{f_{IF} + n \cdot f_{RF}}{m} - f_{IF} \quad (\text{Equation 2-7})$$

The following applies to components converted as the lower sideband by means of a harmonic of the order $m = m'$:

$$f_{RF}' = n \cdot f_{RF} \quad (\text{Equation 2-8})$$

Such components are therefore represented at the correct frequency. For image frequency response, the following corresponding equations apply:

$$f_{LO} = \frac{n \cdot f_{RF} - f_{IF}}{m} \quad (\text{Equation 2-9})$$

and

$$f_{RF}' = m' \cdot \frac{n \cdot f_{RF} - f_{IF}}{m} - f_{IF} \quad (\text{Equation 2-10})$$

The following is then obtained for $m = m'$:

$$f_{RF}' = n \cdot f_{RF} - 2 \cdot f_{IF} \quad (\text{Equation 2-11})$$

If $m = 3$ is selected, the spectrum displayed on the analyzer contains components at the frequencies listed in Table 2-3 (see also Fig. 2-2 on next page). Components lying within the corresponding waveguide band (Ka band in this case) are highlighted grey.

Table 2-3: Displayed components for $m' = 3$ (lower sideband, $f_{IF} = 741.4$ MHz); sinewave input signal with $f_{RF} = 39$ GHz

m	n	f_{LO} / GHz	f_{RF}' / GHz	m	n	f_{LO} / GHz	f_{RF}' / GHz	m	n	f_{LO} / GHz	f_{RF}' / GHz
3	1	12.7529	37.5172	8	2	9.6573	28.2306	10	3	11.6259	34.1362
3	1	13.2471	39.0000	8	2	9.8427	28.7866	10	3	11.7741	34.5810
4	1	9.5647	27.9526	8	3	14.5323	42.8556	11	3	10.5690	30.9655
4	1	9.9354	29.0647	8	3	14.7177	43.4116	11	3	10.7038	31.3699
5	1	7.6517	22.2138	9	2	8.5843	25.0115	11	4	14.1144	41.6019
5	1	7.9483	23.1034	9	2	8.7490	25.5057	11	4	14.2492	42.0063
6	2	12.8764	37.8879	9	3	12.9176	38.0115	12	3	9.6882	28.3233
6	2	13.1236	38.6293	9	3	13.0824	38.5057	12	3	9.8118	28.6940
7	2	11.0369	32.3694	10	2	7.7259	22.4362		
7	2	11.2488	33.0049	10	2	7.8741	22.8810				

The input signal converted by means of the 3rd harmonic of the LO signal is displayed at the correct frequency $f_{RF}' = 39$ GHz. The image signal is displayed below this signal at a spacing of $2 \cdot f_{IF} = 1.4828$ GHz (cf. Equation 2-11).

Frequency Range Extension of Spectrum Analyzers

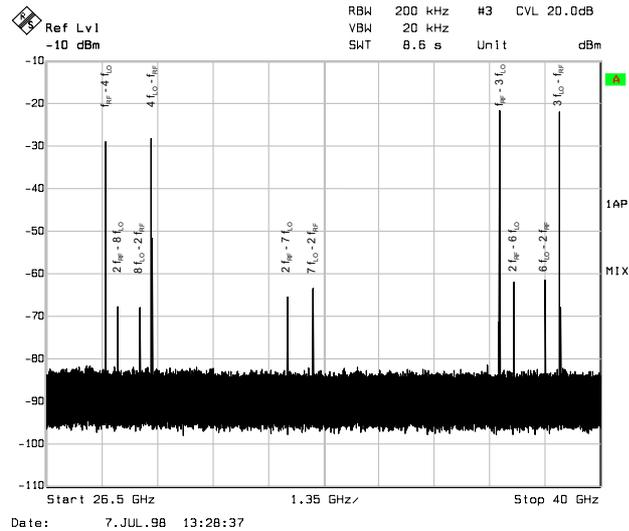


Fig. 2-2: Spectrum of 39 GHz CW signal recorded with harmonic mixer

The above example illustrates that even a simple sinewave signal produces a large number of responses. If the input signal itself contains several spectral components, intermodulation products may be generated in the mixer in addition to harmonics, such products too being converted to the IF. If the input signal consists of two sinewave carriers, the following applies:

$$\left| m \cdot f_{LO} \pm \left| n \cdot f_{RF,1} \pm k \cdot f_{RF,2} \right| \right| = f_{IF} \quad (\text{Equation 2-12})$$

where k, n 0, 1, 2, ...

m 1, 2, ...

f_{LO} Frequency of LO signal (in Hz)

$f_{RF,1}, f_{RF,2}$ Frequencies of input signals (in Hz)

f_{IF} Intermediate frequency (in Hz)

The number of components increases considerably. It is advisable, therefore, to make use of the highpass filter characteristic of waveguides to suppress unwanted input signals.

Signal Identification

In the previous example, the type of input signal was known, and so it was easy to distinguish the true (or wanted) displayed signal from unwanted mixer products obtained as a result of image frequency response and mixing by other harmonics.

Frequently, the spectrum to be measured is not known however so that criteria have to be found to distinguish unwanted mixer products from spectral components that are true components of the input signal. From equation 2-10 it can be seen that for each mixture product there exist image frequencies which appear at a spacing of $f_{IF} \cdot (m'/m+1)$ below the mixture product. For $m = m'$, the spacing is exactly $2 \cdot f_{IF}$ (equation 2-11). The same applies to harmonics of the input signal, ie to $n \neq 1$. However, since the frequency ranges of the standardized waveguide bands are considerably smaller than one octave, such mixer products will not become apparent even if the full band is displayed.

Frequency Range Extension of Spectrum Analyzers

Based on this criterion, the following algorithm can be realized: Apart from the actual test sweep, in which the lower sideband is defined as “wanted”, a reference sweep is performed. For the reference sweep, the frequency of the LO signal is tuned such that the user-selected harmonic of the LO signal (order m') is shifted downwards by $2 \cdot f_{IF}$ relative to the test sweep (see Fig. 2-3).

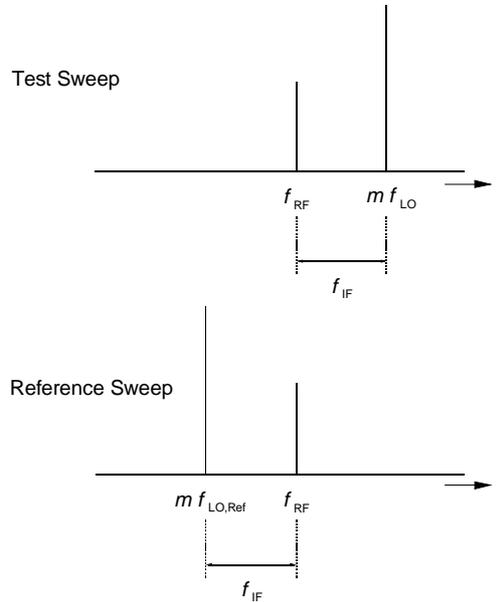


Fig. 2-3: Signal identification by means of reference sweep

For this reference sweep, the upper sideband is the wanted sideband. Equation 2-5 is therefore modified to take the following form:

$$f_{RF,Ref}' = m' \cdot f_{LO,Ref} + f_{IF} \quad (\text{Equation 2-13})$$

where $f_{RF,Ref}'$ Frequency, at which a spectral component is displayed in reference sweep (in Hz)

$f_{LO,Ref}$ LO frequency in reference sweep (in Hz)

Equation 2-6 is modified accordingly to:

$$f_{LO,Ref} = \frac{n \cdot f_{RF} - f_{IF}}{m} \quad (\text{Equation 2-14})$$

By substituting equation 2-14 in equation 2-13, the following results:

$$f_{RF,Ref}' = m' \cdot \frac{n \cdot f_{RF} - f_{IF}}{m} + f_{IF} \quad (\text{Equation 2-15})$$

The following applies to image frequency responses:

$$f_{LO,Ref} = \frac{n \cdot f_{RF} + f_{IF}}{m} \quad (\text{Equation 2-16})$$

and therefore:

$$f_{RF,Ref}' = m' \cdot \frac{n \cdot f_{RF} + f_{IF}}{m} + f_{ZF} \quad (\text{Equation 2-17})$$

By selecting $m' = m$ in equation 2-17, it will be seen that, unlike the test sweep, image frequency responses are displayed at a spacing of $2 \cdot f_{IF}$ above the actual input signal (cf. equation 2-8). This allows image

Frequency Range Extension of Spectrum Analyzers

frequency responses and other unwanted mixer products to be identified (see Fig. 2-4).

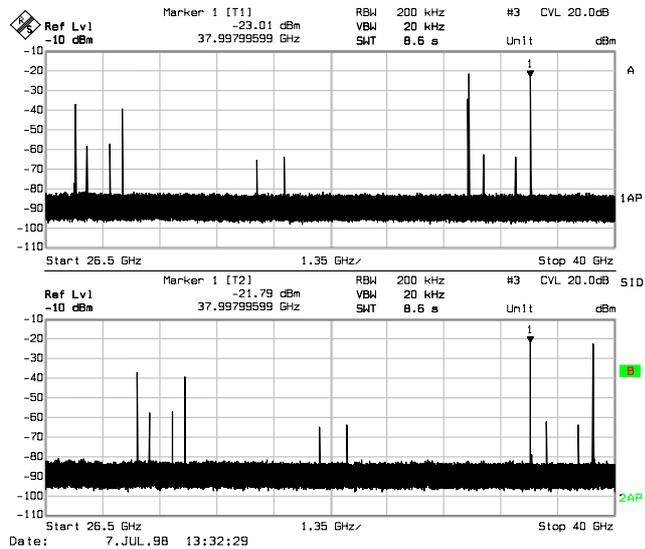


Fig. 2-4: Test sweep (top) and reference sweep (bottom)
Input signal with $f_{RF} = 38$ GHz

A true signal should be displayed at the same frequency in the test sweep and the reference sweep, ie $f_{RF}' = f_{RF,Ref}'$. If m' is the same for both sweeps, the following is obtained for the LO frequency $f_{LO,Ref}$ to be set for the reference sweep:

$$f_{LO,Ref} = f_{LO} - \frac{2 \cdot f_{IF}}{m'} \quad (\text{Equation 2-18})$$

Apart from this method of signal identification by variation of the LO frequency, it is possible to vary the level of the input signal to identify displayed components.

By varying the level of the input signal by ΔL / dB, the level of displayed true components will vary to the same extent. The levels of intermodulation products and harmonics generated in the mixer, on the other hand, will vary according to their order n , ie a variation of the input level by 1 dB will cause a level variation of n dB. This is subject to the condition that such intermodulation products and harmonics are generated exclusively in the mixer. Care must be taken, therefore, that the input signal is free from such products. Moreover, it must be ensured that the IF input of the spectrum analyzer is not overloaded.

Since the input level can be varied only by the user, this method, unlike signal identification by varying the LO frequency, is not suitable for being implemented in a spectrum analyzer.

Characteristics of Mixers

Harmonic mixers are divided into single-diode and double-diode mixers. Most commercially available mixers are single-diode mixers, because these are easier to realize. Single-diode mixers basically operate with both even and odd harmonics of the LO signal.

The disadvantage of this concept is that it requires biasing. To this end, the mixer is fed with a DC voltage via the LO line. The DC voltage is to be adjusted frequency-dependent for minimum conversion loss of the mixer, which complicates automatic measurements at different frequencies.

Double-diode mixers are more complex but require no biasing; they are therefore also referred to as zero-bias mixers. To attain minimum conversion loss, such mixers should normally be operated with even harmonics.

Moreover, the following characteristics should be taken into account in selecting the mixer:

- required as well as maximum permissible LO power,
- permissible LO frequency range,
- conversion loss,
- frequency response of conversion loss across small frequency spans,
- order of harmonic for which the specified conversion loss is valid,
- sensitivity of conversion loss to changes of LO level,
- permissible intermediate frequency.

In addition to the optimum LO level, at which minimum conversion loss is obtained, the maximum LO power is normally specified at which the mixer can be used without any damage being caused. Because of the lowpass filter contained in the LO path of the mixer (see section "Harmonic mixing"), the usable LO frequency range must be taken into account. If the mixer incorporates a diplexer, it must further be ensured that the IF frequency of the spectrum analyzer is within the bandwidth of the IF port of the mixer.

To ensure a small level error, not only the conversion loss should be as small as possible for high sensitivity, but a continuous frequency response is equally important. Narrowband notches or steps of the frequency response can only with difficulty be taken into account in the level correction of the spectrum analyzer.

The specified conversion loss applies only to a specific order of the harmonic. If a different harmonic is selected on the spectrum analyzer, level correction by means of the values supplied for the frequency-dependent conversion loss will lead to erroneous results. To obtain reproducible results, dependence of conversion loss on the LO level should be as small as possible.

Spectrum Analyzer Requirements and their Realization in FSE

Order of LO Harmonic

To obtain low conversion loss of the external mixer, the order of the harmonic used for converting the input signal should be as low as possible. For this, the frequency range of the local oscillator must be as high as possible. Spectrum Analyzers FSEM and FSEK fully meet this requirement with an LO frequency range of 7.5 to 15.2 GHz.

A wide LO frequency range and thus a low order m' is of advantage also in phase noise measurements of microwave signals.

Multiplication of the signal causes an increase of the phase noise by the multiplication factor. For a harmonic of the order m' , SSB phase noise is obtained as follows [2]:

$$L_{PNm'}(f_{off}) = L_{LO}(f_{off}) + 20 \lg(m') \text{dB} \quad (\text{Equation 2-19})$$

where $L_{PNm'}(f_{off})$ SSB phase noise of harmonic of the order m' at a carrier offset f_{off} (in dBc(Hz))

$L_{LO}(f_{off})$ SSB phase noise of LO signal at a carrier offset f_{off} (in dBc(Hz))

Fig. 2-5 shows the typical SSB phase noise of the local oscillator of FSE.

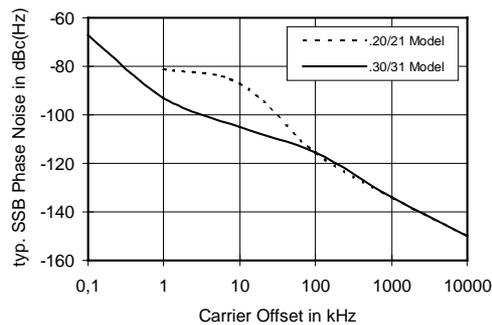


Fig. 2-5: Typical SSB phase noise of local oscillator of FSEM / FSEK

The overall noise figure of the system, which consists of a spectrum analyzer and external mixer, is composed as follows: noise figure at IF input of spectrum analyzer, plus conversion loss of mixer, plus feedthrough of LO SSB noise to the intermediate frequency. Sensitivity is usually specified as **Displayed Average Noise Level** (L_{DAN}) for a specific IF bandwidth. The following applies:

$$L_{DAN} = -174 \text{ dBm(Hz)} + a_{CVL} + NF_{SA} + (10 \cdot \lg \frac{B_{IF}}{\text{Hz}}) \text{dB} - 2,5 \text{ dB} \quad (\text{Equation 2-20})$$

where L_{DAN} Displayed average noise level (in dBm)

a_{CVL} Conversion loss of external mixer (in dB)

NF_{SA} Noise figure of analyzer at IF input (in dB)

B_{IF} Noise bandwidth of IF filter (in Hz)

The value of -174 dBm corresponds to the noise power over 1 Hz bandwidth of a 50Ω resistance at an ambient temperature of 290 K. The correction value of 2.5 dB is necessary because of averaging of logarithmic level values.

FSEM and FSEK have a noise figure of typically 7.5 dB at their IF inputs.

Frequency Range Extension of Spectrum Analyzers

The effects of broadband noise of the local oscillator are not taken into account in equation 2-20. Such effects may lead to further reduction of sensitivity. If the IF input is open and the two-port mixer is selected, the noise displayed on FSEM and FSEK is about 3 dB higher than with a three-port mixer.

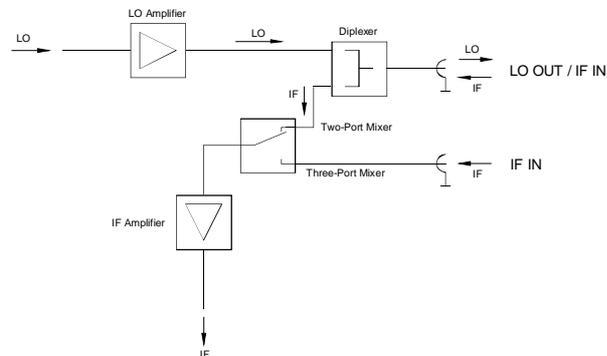


Fig. 2-6: LO amplifier and diplexer in FSE

If the signal path for a two-port mixer is selected, broadband noise at the output of the LO amplifier is applied directly to the IF path in the diplexer and leads to a higher displayed noise as described above (see Fig. 2-6).

Intermediate Frequency

The higher the IF frequency of the spectrum analyzer, the greater the spacing at which image frequency response is displayed on the frequency axis (cf. equation 2-11). Mixer products generated by conversion of the fundamental of the input signal ($n = 1$ in equation 2-4) by means of harmonics of the LO signal have a level clearly above that of other mixer products and are therefore easy to identify.

For a single modulated or unmodulated input signal displayed on the frequency axis, an image-free range of $2 \cdot f_{IF}$ is obtained around this signal in which no signal identification is necessary. Because of the high IF of 741.4 MHz, the image-free range for FSEM and FSEK is 1.4828 GHz. This is sufficient for many applications, doing away with the need for signal identification.

Local Oscillator Level

The level of the LO signal must be sufficiently high to ensure proper functioning of the mixer, taking into account the loss due to the cable for feeding the LO signal to the mixer. The frequency response of the LO level should be as flat as possible.

If a two-port mixer is used, it is of advantage if a diplexer is integrated in the spectrum analyzer. This does away with the need for an external diplexer, and thus no extra insertion loss needs to be taken into account in level measurements.

FSEM and FSEK both feature an internal diplexer as well as an additional IF signal input ("IF IN" connector, see Fig. 2-6). This allows the use of either two-port or three-port mixers without the need for any external components.

Signal Identification Methods

Apart from hardware requirements, signal identification methods play an important role for the efficient use of harmonic mixers. In FSEM and FSEK, the method described in section "Signal Identification" is implemented. The test and the reference sweep can be compared "manually" by the user and also automatically. Unwanted mixer products are blanked in the displayed spectrum. This enables fast, continuous signal identification.

Measurement Hints

To obtain accurate and reproducible results, the following points should be observed:

- A low-loss cable with a flat frequency response should be used for feeding the LO signal to the mixer. The conversion loss of the mixer is normally specified for a defined LO level. It is therefore important to maintain this level at the LO port of the mixer in order to achieve the desired accuracy.
- In level correction on the spectrum analyzer, the insertion loss of the cable used for tapping the IF signal is to be taken into account.
- If an external diplexer is used for connecting a two-port mixer, the insertion loss of the IF path of the diplexer is to be taken into account in level correction on the spectrum analyzer.

Harmonic mixers frequently have a low return loss (typ. VSWR > 2.5:1). If in addition the DUT has poor output matching, the actual conversion loss may markedly deviate from specified values. It is therefore expedient to insert an attenuator or isolator between the mixer and the DUT in order to increase measurement accuracy. However, the insertion loss caused by such a component will reduce the sensitivity of the spectrum analyzer and mixer setup. This insertion loss has also to be taken into account in level correction on the spectrum analyzer.

3 Operation of External Mixers on FSE

The operation of external mixers on FSE will be explained by means of the following example.

A sinewave signal with $f = 14.5$ GHz is applied to the input of a multiplier. The spectrum at the output of the multiplier is to be measured in the range 52 to 60 GHz by means of FSE and a two-port mixer for the V band. The mixer used is a double-diode mixer. Its frequency-dependent conversion loss is stored in a file on the FSE hard disk (file name: "EXTMIX_V").

First, the mixer is connected to the waveguide output of the signal source. The LO/IF port is connected to the "LO OUT / IF IN" connector of FSE using a low-loss coaxial cable.

External mixing is activated by:

➤ [**INPUT : EXTERNAL MIXER**] (1)

Then the BAND LOCK ON MODE is activated:

➤ [**INPUT : EXTERNAL MIXER : BAND LOCK ON / OFF**]. (2)

With

➤ [**INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND**] (3)

the table with the parameters for the individual waveguide bands is called up. From this table the desired band, in this case band V, is selected.

➤ [**INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : BAND**] (4)
Selection of band by means of cursor keys and ENTER

After selecting the band, the frequency-dependent conversion loss is to be activated. To this end, the file containing the conversion loss of the mixer used is selected.

➤ [**INPUT : EXTERNAL MIXER : SELECT BAND : CONV LOSS TABLE**] (5)
Selection of file "EXTMIX_V" with cursor keys and ENTER

The file contains all the required parameters, so that no further settings are necessary. The selected file remains stored for the selected band. If the same mixer is selected in later measurements, only steps 1 to 4 have to be executed.

After leaving the selection table with the key $\hat{\uparrow}$ (menu up), a span is set automatically by which the complete V band is covered, ie 50 to 75 GHz. The frequency range to be investigated is set with

➤ [**FREQUENCY START : 52 GHz**]

and

➤ [**FREQUENCY STOP : 60 GHz**]

To ensure reliable signal identification by means of the AUTO ID function, the video bandwidth is reduced as follows:

➤ [**SWEEP COUPLING : VIDEO BW MANUAL : 1 MHz**]

The spectrum shown in Fig. 3-1 is obtained.

Frequency Range Extension of Spectrum Analyzers

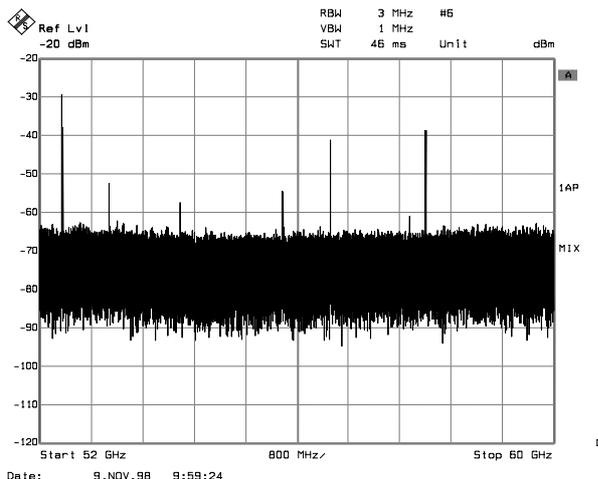


Fig. 3-1: Output spectrum of multiplier, measured by means of external mixer

To identify the true input signal, the AUTO ID function is activated:

➤ [**INPUT** : EXTERNAL MIXER : SIGNAL ID : AUTO ID]

AUTO ID operates on the principle described in section 2.3. In addition to the test sweep, a reference sweep is performed in which the LO frequency is shifted downwards in accordance with equation 2-18. The spectra measured in the two sweeps are compared with each other automatically and the result is displayed. Unwanted mixer products are blanked in the displayed trace. The display shown in Fig. 3-2 is obtained.

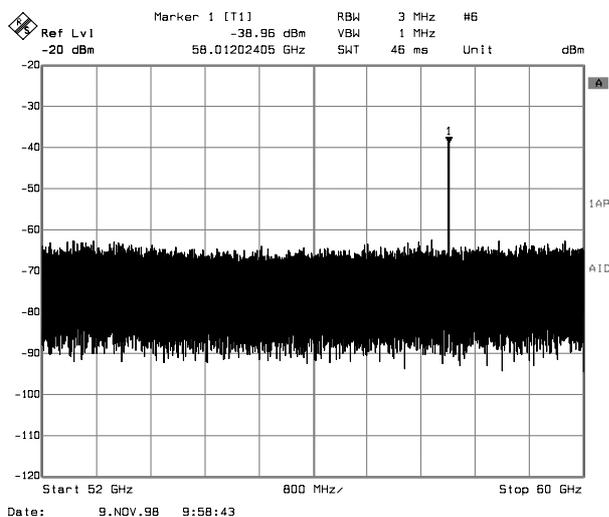


Fig. 3-2: Output spectrum of multiplier, measured by means of external mixer and AUTO ID function

Since the LO frequency is shifted downwards in the reference sweep, the mixer conversion loss may turn out to be different for the test and the reference sweep. The reasons for this are the LO output power of the spectrum analyzer varying with the frequency and the non-ideal characteristics of the mixer. A certain tolerance should therefore be allowed in the comparison of the signal levels of the test sweep and the reference sweep. The user can set this tolerance with:

➤ [**INPUT** : EXTERNAL MIXER : SIGNAL ID : AUTO ID THRESHOLD : {value} dB]

Frequency Range Extension of Spectrum Analyzers

The tolerance must be at least as large as the difference between the conversion losses obtained for the test sweep and the reference sweep. If this is not observed, the true input signal might be displayed with an incorrect level. In the above example, a tolerance of 5 dB was selected.

Mixer conversion loss is already taken into account in the display. Only the insertion loss a_0 @ 741.4 MHz of the cable used for tapping the IF signal is to be taken into account in determining the signal level. The actual level of the input signal is higher by a_0 .

4 References

- [1] Janssen, W.: Hohlleiter und Streifenleiter. Dr. Alfred Hüthig Verlag Heidelberg, 1977
- [2] Engelson, M.: Sideband noise measurement using the spectrum analyzer. Application note 26W-7047, Tektronix

5 Ordering Information

Spectrum Analyzer

FSEM 20	(9 kHz to 26.5 GHz)	1080.1505.20
FSEM 21	(9 kHz to 26.5 GHz, with output for external mixer)	1080.1505.21
FSEM 30	(20 Hz to 26.5 GHz)	1079.8500.30
FSEM 31	(20 Hz to 26.5 GHz, with output for external mixer)	1079.8500.31
FSEK 20	(9 kHz to 40 GHz)	1088.1491.20
FSEK 21	(9 kHz to 40 GHz, with output for external mixer)	1088.1491.21
FSEK 30	(20 Hz to 40 GHz)	1088.3494.30
FSEK 31	(20 Hz to 40 GHz, with output for external mixer)	1088.3494.31

Required Accessories for FSEM / FSEK Models 20 / 30:

FSE-B21	(Output for external mixer)	1084.7243.02
---------	-----------------------------	--------------



ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG · Mühlhofstraße 15 · D-81671 München
P.O.B. 80 14 69 · D-81614 München · Telephone +49 89 4129 -0 · Fax +49 89 4129 - 3777 · Internet: <http://www.rsd.de>