

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60835-1-2

Première édition
First edition
1992-04

**Méthodes de mesure applicables au matériel
utilisé pour les systèmes de transmission
numérique en hyperfréquence**

Partie 1:

Mesures communes aux faisceaux hertziens
terrestres et aux stations terriennes de
télécommunications par satellite

Section 2: Caractéristiques de base

**Methods of measurement for equipment used in
digital microwave radio transmission systems**

Part 1:

Measurements common to terrestrial radio-relay
systems and satellite earth stations

Section 2: Basic characteristics



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60835-1-2: 1992

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60835-1-2

Première édition
First edition
1992-04

**Méthodes de mesure applicables au matériel
utilisé pour les systèmes de transmission
numérique en hyperfréquence**

Partie 1:

Mesures communes aux faisceaux hertziens
terrestres et aux stations terriennes de
télécommunications par satellite
Section 2: Caractéristiques de base

**Methods of measurement for equipment used in
digital microwave radio transmission systems**

Part 1:

Measurements common to terrestrial radio-relay
systems and satellite earth stations
Section 2: Basic characteristics

© IEC 1992 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni
utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun
procédé, électronique ou mécanique, y compris la photo-
copie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in
any form or by any means, electronic or mechanical,
including photocopying and microfilm, without permission in
writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

R

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION.....	6
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Fréquence de la porteuse	8
3 Spectre	10
4 Impédance (admittance)	16
5 Niveau (tension/puissance/gain)	22
Figures	30
Annexe A – Bibliographie	36

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60835-1-2:1992

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	9
2 Carrier frequency	9
3 Spectrum	11
4 Impedance (admittance)	17
5 Level (voltage/power level, gain)	23
Figures	31
Annex A – Bibliography	37

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES DE MESURE APPLICABLES AU MATÉRIEL UTILISÉ POUR LES SYSTÈMES DE TRANSMISSION NUMÉRIQUE EN HYPERFRÉQUENCE

Partie 1: Mesures communes aux faisceaux hertziens terrestres et aux stations terriennes de télécommunications par satellite

Section 2: Caractéristiques de base

AVANT-PROPOS

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La présente section de la Norme internationale CEI 835-1 a été établie par le Sous-Comité 12E: Faisceaux hertziens et systèmes fixes de télécommunication par satellite, du Comité d'Etudes n° 12 de la CEI: Radiocommunications.

Le texte de cette section est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
12E(BC)132	12E(BC)138

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette section.

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**METHODS OF MEASUREMENT FOR EQUIPMENT USED
IN DIGITAL MICROWAVE RADIO TRANSMISSION SYSTEMS****Part 1: Measurements common to terrestrial radio-relay systems
and satellite earth stations****Section 2: Basic characteristics**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

This section of International Standard IEC 835-1 has been prepared by Sub-Committee 12E: Radio relay and fixed satellite communications systems, of IEC Technical Committee No. 12: Radiocommunications.

The text of this section is based on the following documents:

DIS	Report on Voting
12E(CO)132	12E(CO)138

Full information on the voting for the approval of this section can be found in the Voting Report indicated in the above table.

Annex A is for information only.

INTRODUCTION

Les bancs de mesure modernes comprennent souvent plusieurs appareils de mesure commandés par un même microprocesseur. Cela permet en général, grâce à un programme spécifique, de sélectionner et d'analyser pas à pas plusieurs paramètres.

Le résultat des mesures est imprimé automatiquement sous forme de texte ou de graphiques, ainsi que la description du programme et l'analyse des tolérances. Un exemple d'un tel matériel spécialisé est l'analyseur de réseau, qui regroupe les fonctions nécessaires aux mesures sur les dipôles et les quadripôles en un seul ensemble contrôlé par microprocesseur.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60835-1-2:1992

INTRODUCTION

Modern test sets often combine a number of different measurement functions under the control of a microprocessor. In this way generally more than one parameter is checked and analysed step-by-step in accordance with specific software programmes.

The results of the measurements are printed or plotted automatically and the programme description and tolerance analysis form part of the presentation of results. An example of such specialized equipment is a network analyser which combines two and four-port measurement facilities in one microprocessor-controlled unit.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60835-1-2:1992

MÉTHODES DE MESURE APPLICABLES AU MATÉRIEL UTILISÉ POUR LES SYSTÈMES DE TRANSMISSION NUMÉRIQUE EN HYPERFRÉQUENCE

Partie 1: Mesures communes aux faisceaux hertziens terrestres et aux stations terriennes de télécommunications par satellite

Section 2: Caractéristiques de base

1 Domaine d'application

La présente section de la CEI 835-1 traite des mesures des caractéristiques de base applicables aux faisceaux hertziens terrestres et aux stations terriennes de télécommunication par satellite, dans tous les domaines de fréquences utilisés dans ces systèmes radio-électriques, c'est-à-dire:

- fréquence radioélectrique;
- fréquence intermédiaire;
- bande de base (par exemple fréquence d'horloge du signal numérique).

Dans la mesure du possible, la méthode de mesure d'un paramètre (par exemple l'affaiblissement d'adaptation) fait l'objet d'un seul article applicable aux trois domaines de fréquences ci-dessus. Exceptionnellement, il est fait usage de plusieurs articles.

2 Fréquence de la porteuse

2.1 Définition et généralités

La fréquence de la porteuse est la fréquence du spectre du signal en r.f. qui est modulée par le signal d'information en bande de base. On mesure normalement la fréquence de la porteuse en l'absence de modulation. Si l'on emploie une dispersion d'énergie, on doit si possible la mettre hors-service avant de procéder à la mesure.

2.2 Méthodes de mesure

Le montage de mesure de la fréquence au moyen d'un compteur ou fréquencesmètre numérique est indiqué à la figure 1. Le filtre passe bande n'est utile qu'en présence de signaux parasites. L'amplificateur ou l'atténuateur ne sont nécessaires que si la gamme des niveaux d'entrée du fréquencesmètre ne recouvre pas la gamme des niveaux rencontrés au cours de la mesure.

Il convient de laisser au matériel à l'essai et au fréquencesmètre le temps d'atteindre leur équilibre thermique avant le début des mesures.

L'information affichée par le fréquencesmètre numérique est alors notée, pour un temps d'intégration donné, par exemple une seconde.

En variante, on peut enregistrer les indications du fréquencesmètre numérique correspondant à plusieurs périodes de comptage. Le nombre de périodes de comptage dépend de la présence ou non de bruit, et du fait que ce bruit module le signal ou lui soit superposé.

METHODS OF MEASUREMENT FOR EQUIPMENT USED IN DIGITAL MICROWAVE RADIO TRANSMISSION SYSTEMS

Part 1: Measurements common to terrestrial radio-relay systems and satellite earth stations

Section 2: Basic characteristics

1 Scope

This section of IEC 835-1 deals with the measurement of basic characteristics common to terrestrial radio-relay systems and satellite earth stations. These basic characteristics apply to all of the frequency ranges employed in the radio systems, i.e:

- radio frequency;
- intermediate frequency;
- baseband (e.g. clock frequency of the digital baseband signal).

The method of measurement for each parameter (e.g. return loss) is presented, wherever possible, as a single clause which is applicable to any of the above frequency ranges. Where exceptions occur, they will be given in the relevant clauses.

2 Carrier frequency

2.1 Definition and general consideration

The carrier frequency is that frequency in the r.f. signal spectrum which is modulated by the information, or baseband, signal. The carrier frequency is normally measured without modulation. If energy dispersal is employed, it should be rendered inoperative, if possible, before making measurements.

2.2 Methods of measurement

The arrangement for measuring frequency using a counter or digital frequency-meter is shown in figure 1. The band-pass filter is required only if spurious signals are present. The amplifier and/or attenuator are required only if the input range of the frequency-meter does not cover the range of levels concerned.

Both the equipment under test and the test equipment itself should be allowed to attain thermal stability before making any measurements.

The digital frequency-meter indications are then read during an interval of, for example, one second, depending upon the integrating time of the instrument used.

Alternatively, a recorder may be used to record the indications of the digital frequency-meter for a number of counts. The number of counts will depend upon whether noise is present or not, and whether this modulates the signal or is superimposed upon it.

Généralement, l'analyse statistique d'une série de moyennes effectuées sur plusieurs périodes de comptage met en évidence l'aspect répétitif des résultats.

NOTE - La méthode ci-dessus peut aussi être employée lorsque la porteuse r.f. est modulée par un signal en bande de base, de moyenne zéro, pourvu que le fréquencemètre numérique n'introduise pas d'erreurs dues au signal modulant. Le temps d'intégration du fréquencemètre numérique doit être supérieur à 100 périodes de la fréquence du signal modulant. En variante, et par exemple en cas de mesure de fréquence de la bande de base, lorsqu'il faut compter pendant une longue durée (10 s ou plus), on peut effectuer plusieurs comptages de durée courte et calculer la moyenne des résultats.

Il existe aussi d'autres méthodes applicables à la mesure d'une fréquence porteuse modulée. Par exemple la méthode de substitution ou d'interférence utilisant un analyseur de spectre, et un synthétiseur comme source de fréquence de référence.

2.3 Présentation des résultats

Les lectures du fréquencemètre numérique seront notées à la main, ou enregistrées automatiquement en fonction du temps. Le temps d'intégration et la précision du fréquencemètre numérique seront indiqués. Lorsqu'on lit plusieurs valeurs sur le fréquencemètre, elles seront présentées sous forme de table, et on indiquera leur moyenne calculée.

La précision de mesure doit être exprimée en valeur absolue, par exemple 50 kHz, ou en valeur relative, par exemple 10^{-5} . Il convient d'indiquer également la fréquence nominale.

2.4 Détails à spécifier

Lorsque cette mesure est exigée, les détails suivants seront inclus dans le cahier des charges du matériel:

- a) valeur nominale de la fréquence, et précision exigée;
- b) partie du matériel à mesurer et accès de mesure;
- c) tolérance de fréquence.

3 Spectre

Il convient d'évaluer le spectre émis par un faisceau hertzien ou une station terrienne de télécommunication par satellite en termes de signaux désirés et de signaux non désirés. Les signaux désirés, à l'intérieur de la largeur de bande nécessaire, sont traités à l'article «spectre du signal», et les signaux non désirés qui apparaissent en dehors de la bande nécessaire, sont traités à l'article «rayonnement non essentiel».

3.1 Spectre du signal

3.1.1 Définitions et généralités

Le spectre d'un signal modulé est caractérisé par le paramètres suivants, définis à la référence 1:

- largeur de bande nécessaire;
- largeur de bande occupée;
- émission hors bande;
- rayonnements non désirés.

Generally, the analysis of a statistical series averaged over several measuring intervals will provide evidence of the repeatability of the results.

NOTE - The above method may also be used when the r.f. carrier is modulated by a zero mean baseband signal, provided that the digital frequency-meter does not introduce errors which depend upon the modulating signal. The averaging interval of the digital frequency-meter should exceed 100 cycles of the modulating signal. Alternatively, e.g. when performing frequency measurements on baseband signals, where a long time is required (10 s or more), several counter readings with a short averaging time can be taken and the average of these readings calculated.

There are also other methods applicable for carrier frequency measurement with modulation. For example, the substitution or interference method using a spectrum analyser as an indicator in conjunction with a synthesizer as a reference frequency source.

2.3 *Presentation of results*

The readings of the digital frequency-meter should be recorded manually or automatically as a function of time. The integrating time and the accuracy of the digital frequency-meter should be stated. When several counter readings are taken they should be tabulated, together with the calculated average value.

The measured accuracy can be expressed as an absolute value, e.g. 50 kHz, or as a fractional value, e.g. one part in 10^{-5} . The nominal carrier frequency should also be stated.

2.4 *Details to be specified*

The following items should be included, as required, in the detailed equipment specification:

- a) nominal value of frequency and required accuracy;
- b) the part of the equipment to be measured and the port at which the measurement is to be made;
- c) permitted frequency tolerance.

3 **Spectrum**

It is necessary to evaluate the spectrum which is to be transmitted by the radio-relay or satellite earth station in terms of wanted or unwanted signals. Wanted signals within the necessary bandwidth are treated under "signal spectrum", and unwanted signals which appear outside the necessary bandwidth are treated under "spurious emissions".

3.1 *Signal spectrum*

3.1.1 *Definitions and general considerations*

In accordance with reference 1 the spectrum of a modulated signal is defined by the following characteristics:

- necessary bandwidth;
- occupied bandwidth;
- out-of-band signal;
- unwanted spectrum components.

La *largeur de bande nécessaire* est une valeur théorique, correspondant à une transmission de l'information avec la qualité spécifiée. Au contraire, la *largeur de bande occupée* est une valeur mesurable: c'est la bande dans laquelle se trouve une fraction spécifiée de la puissance totale du signal, par exemple 99 %.

L'*émission hors-bande* est la partie du spectre du signal située en dehors de la largeur de bande nécessaire, provenant du processus de modulation et/ou produite par rétablissement spectral ou étalement spectral.

On mesure aussi des *rayonnements non désirés* à l'intérieur de la largeur de bande passante nécessaire.

NOTE - Les rayonnements non désirés de niveau excessivement fort accompagnant le signal d'émission ont généralement un effet néfaste sur le taux d'erreur. Ces rayonnements ont donc une signification différente dans les systèmes numériques et les systèmes analogique.

3.1.2 Méthodes de mesure

La figure 2 indique un montage de mesure approprié.

Pour la mesure du spectre du signal modulé, on module l'émetteur par une séquence aléatoire de bits. Cette séquence provient généralement d'un générateur de suite pseudo-aléatoire (par exemple une séquence de $2^{23} - 1$ bits pour un signal à 140 Mbit/s). Il convient que la bande passante de l'analyseur de spectre soit supérieure à la fréquence de répétition de la suite pseudo-aléatoire dans un rapport de 50 à 100 (pour un débit numérique de 34 Mbit/s et une suite pseudo-aléatoire de longueur $2^{15} - 1$ bits, la fréquence de répétition est $(50:100) \times 34 \cdot 10^6 / 2^{15} - 1$ soit 50:100 kHz environ).

Pour la mesure du niveau des rayonnements non désirés dans la largeur de bande nécessaire, il faut couper la modulation du matériel à l'essai.

3.2 Spectre du rayonnement non essentiel

3.2.1 Définition et généralités

D'après le règlement des radiocommunications, le rayonnement non essentiel est une émission sur une ou des fréquences situées en dehors de la largeur de bande nécessaire et dont le niveau peut être réduit sans affecter la transmission de l'information correspondante. Ces rayonnements comprennent les rayonnements harmoniques, les rayonnements parasites, les produits d'intermodulation et de conversion de fréquence, à l'exclusion des émissions hors bande.

Les composantes du rayonnement non essentiel peuvent être classées en deux catégories:

- i) le *rayonnement non essentiel* proprement dit, à l'exclusion des produits d'intermodulation, et comprenant:
 - les signaux harmoniques;
 - les signaux parasites;
 - les produits de conversion de fréquence.
- ii) les *produits d'intermodulation*

The *necessary bandwidth* is a theoretical value which ensures that the information will be transmitted with the required quality, whereas the *occupied bandwidth* is a measurable value within which a specified percentage of the total power of a given signal should lie (e.g. 99 %).

The *out-of-band signal* is that part of the signal which is outside the necessary bandwidth and results from the modulation process and/or caused by spectral restoration or spectral spreading.

Unwanted spectrum components within the necessary bandwidth are also measured.

NOTE - Unwanted components with an inadmissibly high level in the transmitted signal usually adversely affect the error ratio. These components therefore have a different significance in digital systems than in analogue systems.

3.1.2 *Methods of measurement*

A suitable measuring arrangement is shown in figure 2.

To measure the spectrum of the modulated signal, a random bit sequence modulation may be applied. This bit sequence is usually generated by a pseudo-random generator (e.g. a sequence of $2^{23} - 1$ bits for 140 Mbit/s systems). The resolution bandwidth of the analyser should be greater than the bit rate of the pseudo-random bit sequence by a factor of 50 to 100 (e.g. for a bit rate of 34 Mbit/s and a sequence of $2^{15} - 1$ bits, the resolution bandwidth is $(50:100) \times 34 \cdot 10^6 / (2^{15} - 1)$, approximately 50:100 kHz).

To measure the level of the unwanted components within the necessary bandwidth it is necessary to operate the equipment under test without modulation.

3.2 *Spectrum of spurious components*

3.2.1 *Definition and general considerations*

According to the Radio Regulations, a spurious emission is an emission on a frequency or frequencies which are outside the necessary bandwidth and the level of which may be reduced without affecting the corresponding transmission of information. Spurious emissions include harmonic emissions, parasitic emissions, intermodulation products and frequency conversion products, *but exclude out-of-band emissions*.

Unwanted signal components may be divided into two categories:

- i) *Spurious components* excluding intermodulation products but including:
 - harmonic signals;
 - parasitic signals;
 - frequency conversion products.
- ii) *Intermodulation products*

Les harmoniques sont les signaux situés à une fréquence n fois plus élevée que celle du signal désiré, n étant un entier supérieur à l'unité.

Les produits d'intermodulation sont créés lorsque deux ou plus de deux signaux transitent simultanément par un réseau non linéaire. On les identifie par leur ordre, par exemple le troisième ordre pour les produits aux fréquences $(2 \times f_1) - f_2$ ou $(2 \times f_2) - f_1$, etc.

3.2.2 Méthode de mesure

Le montage de mesure de la figure 2 peut aussi servir à la mesure du rayonnement non essentiel, produits d'intermodulation exceptés. On peut employer un appareil de mesure de niveau sélectif à la place de l'analyseur de spectre. Il convient que la dynamique de l'appareil de mesure soit supérieure d'environ 10 dB au rapport puissance du signal/puissance des signaux non désirés à mesurer, par exemple 70 dB pour une spécification de 60 dB, et il convient de prendre en compte toute variation de la caractéristique amplitude/fréquence.

NOTE - Pour la mesure des harmoniques, l'impédance d'entrée de l'appareil de mesure (analyseur de spectre ou appareil de mesure de niveau sélectif) aux fréquences harmoniques sera égale à l'impédance de sortie nominale du matériel à l'essai. Si l'accès de sortie du matériel à l'essai est en guide d'onde, il convient d'employer les transformateurs de mode ad hoc.

Le filtre passe haut trouve son utilité lorsque le signal fondamental a tendance à saturer l'analyseur de spectre.

Le montage de la figure 3 est adapté à la mesure des produits d'intermodulation. On peut insérer des atténuateurs ou des isolateurs additionnels aux sorties de générateurs 1 et 2 si le coupleur 3 dB et les atténuateurs internes des générateurs ne présentant pas une isolation suffisante pour éviter une interaction mutuelle entre les deux générateurs. Il est parfois souhaitable d'insérer un isolateur ou un atténuateur à l'entrée de l'analyseur de spectre. Il convient d'adapter la dynamique de l'analyseur de spectre (ou de l'appareil de mesure de niveau sélectif) au rapport signal/intermodulation à mesurer.

Le générateur de référence sert à identifier les fréquences des produits d'intermodulation qui apparaissent sur l'écran de l'analyseur de spectre. Si nécessaire, on peut aussi l'utiliser pour identifier le niveau de ces produits. La précision de calibration de ce générateur, en fréquence et en niveau, doit être compatible avec la précision demandée pour la mesure.

NOTES

- 1 Le générateur de référence n'est pas nécessaire lorsque la précision de l'étalonnage en fréquence et en niveau de l'analyseur de spectre est suffisante.
- 2 Si le gain du matériel à l'essai n'est pas constant sur la bande de fréquence spécifiée, on emploiera des signaux d'entrée inégaux dans le montage de la figure 3.
- 3 Si les niveaux de sortie des deux signaux appliqués à l'entrée sont inégaux, c'est le plus faible qui servira de référence.

3.3 Présentation des résultats

Il convient de présenter les résultats de mesure de préférence sous la forme d'une photographie, d'une feuille imprimée ou d'une copie de l'écran calibré de l'analyseur de spectre, comprenant les axes de calibration vertical et horizontal appropriés.

Dans le cas d'utilisation d'un appareil de mesure de niveau sélectif, on indiquera les combinaisons de fréquences et les niveaux des rayonnements non essentiels.

Harmonics are components having a frequency n times that of the wanted signal, where n is an integer greater than 1.

Intermodulation products are generated when two or more signals pass through a non-linear network. They are identified by their order, e.g. third order $(2 \times f_1) - f_2$ or $(2 \times f_2) - f_1$ etc.

3.2.2 Method of measurement

For measuring spurious emissions, excluding intermodulation products, the arrangement of figure 2 can again be used. A selective level-meter may be used instead of the spectrum analyser. The dynamic range of the measuring instrument should be approximately 10 dB more than the measured spurious signal ratio, e.g. 70 dB for 60 dB specification, and any non-uniformity of its amplitude/frequency characteristic should be taken into account.

NOTE - For measuring harmonics, the input impedance of the measuring instrument (spectrum analyser or selective level-meter) at harmonic frequencies should be nominally the same as the output impedance of the equipment under test. If the output circuit of the equipment under test is a waveguide, suitable mode transducers will be required.

In cases where the fundamental signal tends to overload the spectrum analyser, the high-pass filter should be used.

For measuring intermodulation products, the measuring arrangement shown in figure 3 is suitable. Additional attenuators or isolators may be inserted at the output of generators 1 and 2 if the 3 dB coupler and the internal attenuators of the signal generators do not provide sufficient isolation to prevent mutual interaction between the two generators. It is sometimes desirable to insert an isolator or an attenuator at the input of the spectrum analyser. The spectrum analyser (or selective level-meter) should have a dynamic range appropriate to the intermodulation ratio to be measured.

The reference signal generator is used to examine the frequencies of the intermodulation products shown by the spectrum analyser. If necessary, it can also be used to examine the levels of the intermodulation products. The calibration accuracy of the signal generator, both in frequency and level, needs to be compatible with the required accuracy of the measurements.

NOTES

- 1 The reference generator is not needed when the spectrum analyser has adequate frequency and level measurement accuracy.
- 2 If the gain of the equipment under test is not uniform over the specified frequency band, the measurement procedure described above requires the input signal levels to be unequal.
- 3 If the output levels at the frequencies of the applied signals are not equal, the lower signal is used as the reference.

3.3 Presentation of results

The results of the measurement should be presented preferably as a photograph, print-out or copy of the calibrated spectrum analyser display with appropriate vertical and horizontal calibration.

If a selective level-meter is used the frequencies, frequency combinations and levels of the spurious emissions should be given.

Il convient d'exprimer les résultats de mesure par la valeur en décibels du rapport entre le niveau d'une composante individuelle du rayonnement non essentiel et le niveau du signal désiré.

NOTES

- 1 On peut aussi indiquer la largeur de bande occupée, dans laquelle est comprise une fraction spécifiée de la puissance totale du signal.
- 2 Lorsqu'on emploie des transformateurs de mode pour mesurer les harmoniques, leurs caractéristiques seront indiquées.

3.4 Détails à spécifier

Lorsque cette mesure est exigée, les détails suivants seront inclus dans le cahier des charges du matériel:

- a) gamme de fréquence balayée, dynamique et bande passante de l'analyseur de spectre ou de l'appareil de mesure de niveau sélectif;
- b) domaine des fréquences, dans la bande et hors bande, dans lequel il faut faire la mesure de signaux spécifiés;
- c) niveau toléré pour les signaux non désirés et pour les produits d'intermodulation;
- d) fréquences et niveaux des signaux appliqués à l'entrée auxquels se réfèrent, le cas échéant, les produits d'intermodulation et/ou les signaux non désirés;
- e) gabarit du spectre du signal modulé (largeur de bande nécessaire), le cas échéant;
- f) débit numérique et longueur de la séquence du signal de modulation à l'entrée, le cas échéant;
- g) parties du matériel à l'essai mises en jeu, et accès utilisés.

4 Impédance (admittance)

4.1 Définitions et généralités

L'impédance (admittance) d'entrée ou de sortie d'un matériel utilisé dans un système de transmission radioélectrique s'exprime habituellement en termes d'affaiblissement d'adaptation rapporté à la valeur nominale de l'impédance du matériel à l'essai, ou en termes de taux d'onde stationnaire (t.o.s.). L'affaiblissement d'adaptation L de l'impédance Z rapportée à sa valeur nominale Z_0 s'écrit:

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{Z + Z_0}{Z - Z_0} \right| \text{ (dB)} \quad (5-1)$$

ou aussi:

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{1}{\rho} \right| \text{ (dB)} \quad (5-2)$$

où ρ est le coefficient de réflexion de l'impédance Z par rapport à Z_0 , c'est-à-dire:

$$\rho = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} \quad (5-3)$$

The results of the measurement should be expressed in decibels as the ratio of the individual spurious emissions to the corresponding wanted signals.

NOTES

- 1 The occupied bandwidth within which a specified percentage of the total signal power is contained may also be presented.
- 2 When harmonics are measured via mode transducers, the characteristics of the transducer should be stated.

3.4 Details to be specified

The following items should be included, as required, in the detailed equipment specification:

- a) displayed frequency range, dynamic range and resolution bandwidth of the spectrum analyser or selective level-meter;
- b) range of in-band and out-of-band frequencies within which specified signals are to be measured;
- c) permitted level of unwanted signal components and/or intermodulation products;
- d) frequencies and levels of applied input signals, if applicable, to which intermodulation products and/or unwanted signals are referred;
- e) permitted limits of modulated signal power distribution (e.g. necessary bandwidth), if applicable;
- f) bit-rate and sequence length of modulating input signal, if applicable;
- g) part of the equipment under test and designation of connected port or ports.

4 Impedance (admittance)

4.1 Definitions and general considerations

The input or output impedance (admittance) of equipment used in microwave transmission systems is usually expressed either in terms of return loss relative to the nominal value of the impedance of the equipment under test or as a voltage standing-wave ratio (v.s.w.r.). The return loss (L) of an impedance (Z) relative to its nominal value (Z_0) is given by:

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{Z + Z_0}{Z - Z_0} \right| \quad (\text{dB}) \quad (5-1)$$

or alternatively by:

$$L = 20 \log_{10} \left| \frac{1}{\rho} \right| \quad (\text{dB}) \quad (5-2)$$

where ρ is the voltage reflection coefficient of the impedance (Z) relative to Z_0 , i.e.

$$\rho = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} \quad (5-3)$$

L'affaiblissement d'adaptation L est lié au taux d'onde stationnaire t.o.s., par l'équation:

$$L = 20 \log_{10} \frac{\text{t.o.s.} + 1}{\text{t.o.s.} - 1} \quad (\text{dB}) \quad (5-4)$$

Le coefficient de réflexion et l'impédance caractéristique (Z_0) du système de mesure peuvent être utilisés pour déterminer la valeur réelle de l'impédance inconnue (Z), étant donné qu'il est possible de résoudre l'équation (5-3) pour Z :

$$Z = Z_0 (1 + \rho) / (1 - \rho) \quad (5-5)$$

4.2 Méthodes de mesure

Les méthodes de mesure de l'affaiblissement d'adaptation ou du taux d'onde stationnaire décrites ci-après s'appliquent aux circuits linéaires. Pour les circuits non linéaires ou lorsque les mesures doivent s'effectuer en présence de signaux étrangers, il existe des procédés de mesure spéciaux qui ne sont pas décrits dans ce qui suit.

On peut effectuer les mesures en employant la méthode point par point ou la méthode avec balayage en fréquence. La méthode point par point exige un plus grand nombre de mesures et prend beaucoup de temps. On peut utiliser une ligne fendue ou un réflectomètre pour chacune de ces deux méthodes. Avec les techniques de mesure modernes, on peut apprécier un taux d'onde stationnaire de 0,01.

4.2.1 Méthode du réflectomètre

Un exemple de montage de mesure utilisant un réflectomètre et un balayage en fréquence est donné à la figure 4. Un coupleur directif à quatre accès permet à la fois de disposer d'échantillons du signal incident et du signal réfléchi. Pour chaque fréquence, on déduit l'affaiblissement d'adaptation de la puissance de ces échantillons.

Pour calibrer le banc de mesure, le matériel à l'essai est remplacé par un court-circuit, et l'atténuateur est réglé de façon à simuler un affaiblissement d'adaptation connu: une atténuation de 26 dB, par exemple, correspond à un affaiblissement d'adaptation de 26 dB. Cette méthode de calibration est préférable à une méthode nécessitant la connaissance des caractéristiques du détecteur. Si nécessaire une commande automatique de gain sera utilisée pour réguler la puissance d'entrée (voir ligne en tirets de la figure 4). Dans ce cas, l'amplitude du signal réfléchi est proportionnelle au coefficient de réflexion. Sans commande automatique de gain, on peut observer les deux signaux, un incident et un réfléchi, sur l'écran d'oscilloscope à deux traces Y1 et Y2, et le coefficient de réflexion, ou l'affaiblissement d'adaptation, peut être calculé à partir du rapport de ces deux quantités.

NOTES

1 La précision de la mesure est fonction croissante de l'écart entre la directivité du coupleur directif et l'affaiblissement d'adaptation à mesurer. Par exemple, une directivité de 40 dB permet de mesurer un affaiblissement d'adaptation de 26 dB à ± 2 dB près.

2 Il existe des réflectomètres permettant d'effectuer des mesures en amplitude et en phase et qui affichent les résultats sous la forme d'une abaque de Smith.

Il existe des systèmes complets basés sur la méthode du réflectomètre avec balayage en fréquence, qui rendent les mesures plus aisées. Ils sont disponibles sur le marché sous les noms d'analyseurs de réseau scalaires ou vectoriels, et contiennent le générateur balayé en fréquence, l'oscilloscope, le circuit de mesure, l'alimentation, etc.

Return loss, L , is related to voltage standing-wave ratio, v.s.w.r., as follows:

$$L = 20 \log_{10} \frac{\text{v.s.w.r.} + 1}{\text{v.s.w.r.} - 1} \quad (\text{dB}) \quad (5-4)$$

The voltage reflection coefficient, and the characteristic impedance (Z_0) of the measuring system, may be used to determine the actual value of the unknown impedance (Z), since we may solve equation (5-3) for Z :

$$Z = Z_0 (1 + \rho) / (1 - \rho) \quad (5-5)$$

4.2 Methods of measurement

The following methods of measurement are valid for linear devices for measuring their return loss or v.s.w.r. Special methods, which are not given here, are required for the measurement of non-linear devices or measurements in the presence of extraneous signals.

Measurements may be made using either point-by-point or swept-frequency methods. The point-by-point method requires a large number of measurements and is time-consuming. Slotted-line or reflectometer techniques may be used for either method. When measuring with modern equipment techniques, the v.s.w.r. may be measured to about 0,01.

4.2.1 Reflectometer method

A typical arrangement for the reflectometer swept-frequency method is shown in figure 4. Samples of both the incident and reflected power are obtained using a four-port directional network. From these samples of incident and reflected power, the return loss is measured at each frequency.

To calibrate the test equipment, the equipment under test is replaced by a short-circuit and the attenuator is set to simulate a known return loss, e.g. 26 dB attenuation corresponds to 26 dB return loss. This method of calibration is preferable to one which requires a knowledge of the characteristic of the detector. If necessary automatic level control (a.l.c.) should be used for constant incident power level (indicated by the dashed line in figure 4). In this case, the reflected voltage sample is then proportional to the voltage reflection coefficient. Without automatic level control, both the incident and reflected signals are displayed by two oscilloscope traces, Y1 and Y2, and the voltage reflection coefficient or return loss can be calculated from the ratio of these two quantities.

NOTES

1 The extent to which the directivity of the directional network exceeds the return loss to be measured determines the accuracy attainable. For example, 40 dB directivity enables a return loss of 26 dB to be measured with an accuracy of ± 2 dB.

2 Reflectometers enabling both amplitude and phase measurements to be made may be used which provide a Smith-chart presentation.

For more convenient measurements complete systems are available based on this method. Systems called either scalar or vector network analysers, which contain the sweep-frequency generator, oscilloscope, measuring circuit, and power supply etc., are commercially available.

4.2.2 Méthode du pont

On peut calculer l'affaiblissement d'adaptation à partir du résultat de la mesure du module du coefficient de réflexion. Il est cependant préférable d'employer la méthode suivante qui permet la mesure directe de l'affaiblissement d'adaptation et qui est applicable à tous les domaines de fréquence (voir figure 5).

Si le matériel à l'essai et l'appareil de mesure de niveau sélectif ont tous deux une borne à la terre, comme c'est couramment le cas, le générateur doit avoir ses deux bornes isolées de la terre. Aux fréquences supérieures à 1 kHz, cela est obtenu au moyen d'un transformateur, qui est souvent incorporé dans le pont de mesure ou dans le générateur. Aux fréquences plus basses, on fait souvent une mesure de l'impédance complexe Z et on détermine l'affaiblissement d'adaptation par le calcul.

Pour les mesures en bande de base, on utilise couramment un banc de mesure intégré comprenant un générateur balayé en fréquence, un récepteur et le pont de mesure de l'affaiblissement d'adaptation.

Pour la calibration, on substitue au matériel à l'essai une charge de référence, d'affaiblissement d'adaptation connu, par exemple 20 dB. On remplace ensuite la charge de référence par un court-circuit, ce qui correspond à un affaiblissement d'adaptation nul. Les indications correspondantes de l'appareil de mesure sélectif de niveau sont notées ou imprimées sous la forme d'une ligne de référence.

Pour vérifier l'équilibrage du pont, on connecte à son accès de mesure une charge adaptée d'impédance Z_0 , à la place du matériel à l'essai. On règle l'atténuateur d'entrée de l'appareil de mesure sélectif de niveau de façon à lire la même indication qu'au cours de la calibration décrite plus haut, ou de telle façon que le point de la courbe affichée sur l'écran de l'oscilloscope correspondant au plus faible affaiblissement d'adaptation de la bande de fréquences balayée soit situé sur la ligne de référence de la calibration. L'affaiblissement d'adaptation propre à l'appareil de mesure est égal à la différence entre les valeurs d'atténuation correspondant au court-circuit et à la charge adaptée. Si cet affaiblissement est X dB, le montage de mesure permet la mesure d'un affaiblissement d'adaptation de $X - 20$ dB à ± 1 dB près.

La procédure décrite ci-dessus prend en compte les effets dus à une désadaptation entre les deux charges adaptées, à l'équilibrage du pont, aux fuites du pont, etc.

NOTE - Ce montage de mesure est peu sensible à une même erreur sur les impédances de ces deux charges. Il ne vérifie que leur égalité relative, et non pas leur égalité à une valeur spécifiée, par exemple 75 Ω résistifs.

Pour les mesures point par point, on lit l'affaiblissement d'adaptation sur l'échelle de l'appareil de mesure sélectif de niveau, sans se servir de l'oscilloscope. Pour les mesures avec balayage en fréquence, l'échelle verticale de l'oscilloscope est calibrée comme indiqué précédemment et l'affaiblissement d'adaptation est affiché en fonction de la fréquence.

4.3 Présentation des résultats

Il convient de présenter le résultat des mesures de préférence sous la forme d'une courbe, et on décrira l'opération de calibration.

4.2.2 Bridge method

It is possible to calculate the return loss from a measurement of the magnitude of the reflection coefficient. The bridge method described below which measures return loss directly is preferred and is applicable to all frequency ranges (figure 5).

If both the equipment under test and the selective level-meter have one terminal earthed, as is usually the case, the frequency generator shall have both terminals isolated from earth. At frequencies above 1 kHz this may be accomplished by means of a transformer, which in many cases is incorporated within the measuring bridge or the generator. At lower frequencies, a measurement of complex impedance Z is often made and the return loss is then calculated.

For measurement at baseband frequencies it is customary to use a complete measuring set consisting of a sweep generator, receiver and return loss bridge.

For calibration purposes, a standard mismatch termination, i.e. one having an impedance of known return loss, e.g. 20 dB, is used in place of the equipment under test. The standard mismatch termination is then replaced by a short-circuit, creating a return loss of 0 dB. The readings of the selective level-meter are noted or plotted as reference lines in order to check the balance of the bridge.

A standard impedance of Z_0 is connected to the measuring bridge in place of the equipment under test. The input attenuator of the selective level-meter is adjusted to produce the same reading as that obtained for calibration above, or until the point on the oscilloscope trace representing the worst return loss within the swept band coincides with the calibration line. The difference between attenuator settings for the short-circuit and for the standard impedance is the return loss of the measuring arrangement itself. If this loss is X dB, the measuring arrangement is suitable for measuring return loss up to $X - 20$ dB with an accuracy of ± 1 dB.

This check includes the effects of a mismatch between the two standard impedances, as well as the balance of the bridge, leakage in the bridge, etc.

NOTE - This arrangement is not very sensitive to an identical error in both impedances since it tests whether they are equal but not necessarily whether they have a specified value, such as 75 Ω resistive.

During the point-by-point measurements, the return loss is read off the scale of the selective level-meter, and the oscilloscope is not used. During sweep measurements, the oscilloscope display vertical scale is calibrated (by similar means), and the return loss/frequency function is displayed.

4.3 Presentation of results

The results of the measurements should be presented graphically together with the calibration.

Si les résultats ne sont pas donnés sous la forme d'une courbe, il convient de le faire comme dans l'exemple suivant:

L'affaiblissement d'adaptation est supérieur à 26 dB dans la gamme de fréquence 6,1 à 6,2 GHz.

On indiquera toujours la valeur maximale de l'erreur de mesure.

4.4 Détails à spécifier

Lorsque cette mesure est exigée, les détails suivants seront inclus dans le cahier des charges du matériel:

- a) impédance nominale;
- b) affaiblissement d'adaptation minimal spécifié;
- c) domaine de fréquence dans lequel on doit faire la mesure;
- d) partie du matériel à mesurer et accès de mesure.

5 Niveau (tension/puissance/gain)

5.1 Définitions et généralités

Dans cette section, les niveaux, le gain ou la perte d'insertion, l'isolation et le niveau de sortie sont définis comme suit:

Niveau d'entrée

Le niveau d'entrée est le niveau délivré par un générateur d'impédance de sortie adaptée à l'impédance d'entrée nominale Z_0 du matériel à l'essai.

NOTE - Si le matériel à l'essai ne présente pas une impédance adaptée au générateur, la puissance délivrée ne sera pas maximale.

Niveau de sortie

Le niveau de sortie est le niveau appliqué par le matériel à l'essai à une charge adaptée à l'impédance caractéristique nominale de la ligne de transmission de son accès de sortie.

Gain

Le gain d'un matériel ou d'un sous-système est le rapport de la puissance de sortie à la puissance d'entrée, exprimé d'habitude en décibels. Si le matériel à l'essai est non linéaire, il convient d'indiquer les conditions dans lesquelles le gain est défini, par exemple le «gain à saturation» ou le «gain en régime linéaire».

Si le gain exprimé en décibels est négatif, on a coutume de nommer «perte» sa valeur absolue.

Gain d'insertion

Le gain d'insertion d'un matériel ou d'un sous-système est le rapport des puissances absorbées par une charge réelle dans les deux conditions suivantes:

If the results are not presented graphically, they should be given as in the following example:

The return loss is greater than 26 dB over the frequency range 6,1 to 6,2 GHz.

The maximum error in the results should be given in all cases.

4.4 *Details to be specified*

The following items should be included as required in the detailed equipment specification:

- a) nominal impedance;
- b) permitted minimum return loss;
- c) frequency range within which the measurement is required;
- d) the part of the equipment to be measured and the port at which the measurement is to be made.

5 **Level (voltage/power level, gain)**

5.1 *Definitions and general considerations*

For the purpose of this standard the definitions of level, power gain insertion gain (or loss), isolation and output power are as follows:

Input level

Input level is defined as the level delivered by a generator having an output impedance which is matched to the nominal input impedance Z_0 of the equipment under test.

NOTE - If the equipment under test does not present a matched load to the generator, the power delivered will not be a maximum.

Output level

Output level is the level delivered by the equipment under test to a load matched to the nominal transmission line characteristic impedance of the equipment output port.

Power gain

The power gain of an equipment or subsystem is defined as the ratio of output power to input power, usually expressed in decibels. If the equipment under test is non-linear, the conditions under which the power gain is defined are stated as, for instance, "saturated power gain" or "small-signal power gain".

If the gain expressed in decibels is a negative number, it is customary to change the sign and to refer to the number as a "power loss".

Insertion gain

The insertion gain of an equipment or subsystem is defined as the ratio of the power P absorbed in an actual load under two conditions:

- i) lorsque la charge est connectée directement à la source de signal, P_1 ;
- ii) lorsque la charge est connectée à la même source, mais par l'intermédiaire du matériel à l'essai, P_2 .

Le gain d'insertion, exprimé en décibels, s'écrit:

$$10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1} \quad (\text{dB}) \quad (6-1)$$

Si le gain d'insertion exprimé en décibels est négatif, on a coutume de nommer «perte d'insertion» sa valeur absolue.

Isolation (entre deux accès d'un matériel)

L'isolation entre deux accès d'un matériel est le rapport, exprimé en décibels, entre le niveau du signal appliqué à un des accès et le niveau du signal résultant, obtenu de façon indésirable au second accès, tous les autres accès étant chargés par leurs impédances nominales.

5.2 Méthodes de mesure

Les puissances se mesurent habituellement au moyen de wattmètres. La puissance indiquée par ces appareils est indépendante de la forme d'onde du signal. L'emploi d'effets thermiques associés à une résistance de précision permet d'obtenir une haute précision de mesure.

L'impédance effective d'une tête de wattmètre est voisine de son impédance nominale. Ce type d'appareil est donc bien adapté à la mesure de la puissance disponible à un accès. Les wattmètres peuvent mesurer des puissances comprises entre un microwatt ou moins et plusieurs watts. Si nécessaire, on peut étendre ce domaine vers les puissances plus élevées en employant des atténuateurs de précision ou des coupleurs directifs étalonnés.

Si l'on désire une plus grande sensibilité ou si des signaux parasites sont présents à l'accès de mesure, on peut employer d'autres appareils, comme un appareil de mesure sélectif de niveau, ou un analyseur de spectre convenablement calibré.

NOTE - Dans le cas de mesure en r.f. une conversion de mode peut se produire lorsque le signal traverse un guide d'onde, une partie de la puissance étant transférée vers des modes différents du mode fondamental. Il faut alors employer des transformateurs de mode pour s'assurer que l'on mesure bien la puissance totale du signal r.f. Cependant, et en général, seule la puissance recueillie dans le mode fondamental présente de l'intérêt.

5.2.1 Niveau d'entrée

Le niveau d'entrée est réglé en connectant le générateur à une charge adaptée d'impédance nominale Z_0 . Le générateur est ensuite connecté à l'entrée du matériel à l'essai, sans retoucher son niveau. Il convient que l'affaiblissement d'adaptation de la charge adaptée soit supérieur à 30 dB, par rapport à l'impédance nominale Z_0 .

- i) when the load is connected directly to the signal source P_1 ;
- ii) when the same load is connected to the same source via the equipment under test P_2 .

The insertion gain, expressed in decibels, is then

$$10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1} \quad (\text{dB}) \quad (6-1)$$

If the insertion gain expressed in decibels is a negative number, it is usual to change the sign and to refer to the number as an "insertion loss".

Isolation (between two ports of a device)

The isolation between two ports of a device is the ratio, expressed in decibels, between the level of a wave incident at one port and the resulting level of that wave appearing spuriously at the other port, when all ports are terminated by the nominal impedance.

5.2 *Methods of measurement*

Power levels are usually measured by means of power-meters, in which the measured power is independent of the signal waveform and high accuracy is achieved using thermal effects associated with a precision resistor.

The actual impedance of power-meter heads is close to their nominal impedance and they are well-suited to the measurement of available power at a port under test. Power-meters may be used to measure power of less than one microwatt up to several watts. Precision attenuators and/or calibrated directional couplers of an appropriate power rating may be used to extend the range upwards if higher powers are encountered.

If higher sensitivity is required, or if spurious signals are present at the measuring port, other measuring instruments may be used, such as selective level-meters or suitably-calibrated spectrum analysers.

NOTE - For measurements at r.f. when the signal traverses a waveguide, mode-conversion may occur, i.e. part of the power is transferred to modes other than the fundamental mode. In such cases, mode-transducers are required to ensure that the total power of the r.f. signal has been measured. In general, however, only the power received in the fundamental mode is of interest.

5.2.1 *Input level*

The level of the input test signal should be established across a termination having a nominal impedance Z_0 and the output of the signal generator should then be transferred to the input port of the equipment under test without further adjustment of level. The return loss of the termination relative to the nominal impedance Z_0 should exceed 30 dB.

5.2.2 Niveau de sortie

On branche un wattmètre à l'accès de mesure, à travers un atténuateur étalonné et d'impédance adaptée et, pour de fortes puissances, à travers un atténuateur additionnel fixe.

L'atténuateur est alors réglé pour obtenir une déviation convenable de l'appareil de mesure, que l'on relève.

Parfois, par exemple lorsque la puissance à mesurer dépasse la valeur maximale supportée par le wattmètre, on insère un coupleur directif entre l'accès de mesure et une charge adaptée. On mesure alors la puissance en branchant un wattmètre à l'accès de mesure du coupleur directif. Cette méthode n'est utilisable qu'en f.i. ou en r.f., gammes de fréquences pour lesquelles des coupleurs directifs convenables sont disponibles. Si nécessaire, on insère des atténuateurs étalonnés et des filtres (pour éliminer des rayonnements non essentiels, des harmoniques ou tous rayonnements non désirés) entre l'accès de mesure du coupleur directif et le wattmètre.

Il convient de corriger les lectures pour tenir compte des pertes d'insertion du coupleur directif et des atténuateurs utilisés.

Au lieu d'employer des filtres externes pour éliminer les signaux indésirables, ou pour la mesure de signaux sinusoïdaux de très faible puissance, on peut employer un appareil de mesure sélectif de niveau. Dans ce cas, il importe que l'impédance d'entrée de l'appareil de mesure soit bien adaptée à l'impédance nominale spécifiée, au moyen d'un transformateur ou d'un réseau de résistances si besoin est. Dans ce dernier cas, il convient de tenir compte de l'atténuation du réseau.

Les appareils de mesure sélectifs de niveau indiquant en général la tension aux bornes de leur impédance d'entrée, et l'expriment en décibels, dBm référés à l'impédance d'entrée de l'appareil, ou en volts.

5.2.3 Gain, atténuation et isolation

On mesure l'isolation entre deux accès en appliquant un signal au premier d'entre eux et en mesurant le niveau du signal résultant au second. Tous les autres accès doivent être connectés à une charge adaptée à leur impédance nominale pendant la mesure.

Le niveau des signaux parasites doit être négligeable si l'on emploie un détecteur à large bande. Sinon, on emploiera un appareil sélectif.

Un exemple de montage de mesure du gain d'insertion en fonction de la fréquence est donné par la figure 6. La figure montre le cas particulier de la mesure du gain d'insertion au moyen d'un générateur balayé en fréquence, qui peut être modulé en amplitude, et d'une charge, tous deux adaptés à l'impédance nominale de la ligne de transmission.

Les résultats peuvent être présentés sur un enregistreur XY ou un oscilloscope à deux traces comme indiqué par les lignes en tirets de la figure. La tension de balayage est appliquée à l'amplificateur de la voie X de l'enregistreur ou de l'oscilloscope. Lorsqu'on emploie un enregistreur XY, il convient que la vitesse de balayage soit compatible avec l'inertie des parties mobiles. La fréquence porteuse du signal à la sortie du générateur est balayée en synchronisme avec l'enregistreur sur la gamme de fréquences spécifiée.

5.2.2 *Output level*

A level-meter is connected via a matched variable attenuator, and for high levels via an additional fixed power attenuator, to the port to be measured.

The attenuator is then adjusted to obtain a convenient meter reading, which is then recorded.

In some cases, for example when the power to be measured exceeds the maximum which can be applied to the power-meter, a calibrated directional coupler is connected between the port under test and a matched load. The power is then measured by a power-meter connected to the measuring port of the coupler. This method is restricted to frequencies in the i.f. or r.f. range because of the availability of suitable directional couplers. If necessary, calibrated attenuators and suitable filters (to remove spurious, harmonic or other unwanted emissions) are connected to the measuring arm of the directional coupler in front of the power-meter.

Readings obtained should be corrected to take into account the overall insertion loss of the directional coupler and of any attenuators used.

Instead of using external filters to remove unwanted signals, or for the measurement of very low level sinusoidal signals, a selective level-meter may be used, but it is important that the input impedance of the meter is matched to the nominal required load impedance, if necessary by a transformer or a resistor network. In the latter case the attenuation of the network needs to be taken into account.

Selective level-meters in general measure the voltage at their input impedance and the level is indicated in decibels, dBm referred to the input impedance of the instrument or volts.

5.2.3 *Gain, attenuation and isolation*

Isolation is measured by applying a signal to the appropriate port and then measuring the resulting signal level at a second port. Measurements should be made when all other ports are terminated with their nominal impedances.

The level of any unwanted signals should be negligible for wideband detection. If this is not the case, a selective level-meter should be used.

A typical arrangement for measuring insertion gain as a function of frequency is shown in figure 6. The figure refers to the particular case where a sweep-frequency generator, which can be amplitude-modulated, and a load, both matched to the nominal impedance of the transmission line, are used to measure the insertion gain.

The results may be presented either on an XY recorder or a dual-trace oscilloscope, as shown by dotted lines in the figure. The sweep voltage is fed to the X-amplifier of the oscilloscope or recorder. When an XY recorder is used, the sweep rate should be compatible with its slewing rate. The carrier signal at the output of the generator is swept synchronously with the recorder over the specified frequency range.

A la sortie du détecteur, on obtient un signal en courant continu, ou dans le cas d'une modulation, le signal à basse fréquence d'origine, qui est amplifié et détecté par l'amplificateur en courant continu ou par l'amplificateur logarithmique en b.f. (un amplificateur logarithmique est préférable lorsqu'il faut afficher une grande variation de la perte d'insertion). L'amplitude du signal d'entrée en courant continu ou en basse fréquence est liée au signal du détecteur et est donc liée au gain ou à la perte d'insertion.

On peut utiliser un second détecteur pour réguler de façon automatique le niveau de sortie du générateur balayé en fréquence et donc rendre constant le niveau appliqué à l'entrée du matériel à l'essai. Le signal de sortie du détecteur est appliqué à l'entrée optionnelle de commande automatique de niveau du générateur.

L'oscilloscope ou l'enregistreur peuvent aussi servir à vérifier que le niveau d'entrée du matériel à l'essai reste bien constant en connectant également la sortie du second détecteur à l'entrée Y2 (optionnelle).

Avant de commencer la mesure, il convient d'étalonner le montage de mesure en reliant directement le coupleur de sortie au coupleur d'entrée comme indiqué par les points A et B sur la figure 6. L'atténuateur de précision est alors réglé à la demande à plusieurs valeurs, pour établir des références étalonnées, par exemple à 0,1 dB, 0,2 dB, 0,3 dB, 1 dB, 2 dB, etc. Cet étalonnage se fait à des fréquences fixes spécifiées du générateur balayé en fréquence.

On insère alors le matériel à l'essai entre les points A et B et l'atténuateur est réglé à la plus faible des atténuations utilisées au cours de l'étalonnage. On relève alors le gain ou la perte d'insertion du matériel à l'essai en fonction de la fréquence.

Dans le montage de la figure 6, la puissance de sortie est mesurée à l'accès de mesure d'un coupleur directif, comme indiqué en 5.2.2 (mesure du niveau de sortie). Pour les mesures de gain d'insertion, on peut remplacer le coupleur et la charge adaptée par un atténuateur fixe ou un isolateur connectés entre la sortie du matériel à l'essai et l'atténuateur variable r.f.

La plupart des matériels de la figure 6 peuvent être remplacés par des analyseurs de réseaux scalaires ou vectoriels.

5.2.4 *Présentation des résultats*

Le gain, la perte ou le niveau seront présentés en décibels, ou en décibels rapportés à une puissance déterminée, selon le cas.

5.2.5 *Détails à spécifier*

Lorsque cette mesure est exigée, les détails suivants seront inclus dans le cahier des charges du matériel:

- a) domaines spécifiés pour les niveaux, gains et pertes;
- b) domaine de fréquences;
- c) domaine de niveau, par rapport au niveau nominal;
- d) partie du matériel à mesurer et accès de mesure.

The output of the detector is a d.c. signal, or, in the case of modulation, the original low-frequency signal, which is then amplified and detected by the d.c. or low-frequency logarithmic amplifier. (A logarithmic amplifier is preferred for convenience in displaying large insertion-loss variations.) The amplitude of the d.c. or low-frequency signal is related to that of the output signal at the detector input and therefore can be related to the insertion gain (or loss).

A second monitor detector may be used to automatically control the output level of the sweep-frequency generator and thus ensure that the input signal to the equipment under test remains constant. The detector output signal is connected to the (optional) a.l.c. input of the sweep-frequency generator.

The oscilloscope or recorder may also be used to verify that the input level to the equipment under test remains constant by also connecting the monitoring detector output signal to the (optional) Y2 input.

Before making any measurements, the test equipment should be calibrated by connecting the output coupler directly to the input coupler as shown by connection points A and B in figure 6. The precision variable attenuator is then set to various values, as required, to establish level calibrations, e.g. calibrations at 0,1 dB, 0,2 dB, 0,3 dB, 1 dB, 2 dB, etc. This calibration is carried out at specified fixed frequencies of the sweep-frequency generator.

The equipment under test is then connected between points A and B and the attenuator set to the lowest value used in the calibration procedure. The insertion gain (or loss) of the equipment under test is then plotted against frequency.

In the test arrangement of figure 6, output power is measured in the measuring arm of a directional coupler as explained in 5.2.2 (output-level measurements). For insertion gain measurements, the coupler and the matched load may be replaced by a fixed attenuator or isolator connected between the equipment output and the r.f. variable attenuator.

Most of the equipment in figure 6 can be replaced by either scalar or vector network analysers.

5.2.4 *Presentation of results*

The gain, loss or level should be presented in decibels, or decibels relative to a stated power, as required.

5.2.5 *Details to be specified*

The following items should be included as required in the detailed equipment specification:

- a) permissible range of levels, gains and losses;
- b) frequency ranges;
- c) range of levels relative to the nominal level;
- d) the part of the equipment to be measured and the port at which the measurement is to be made.

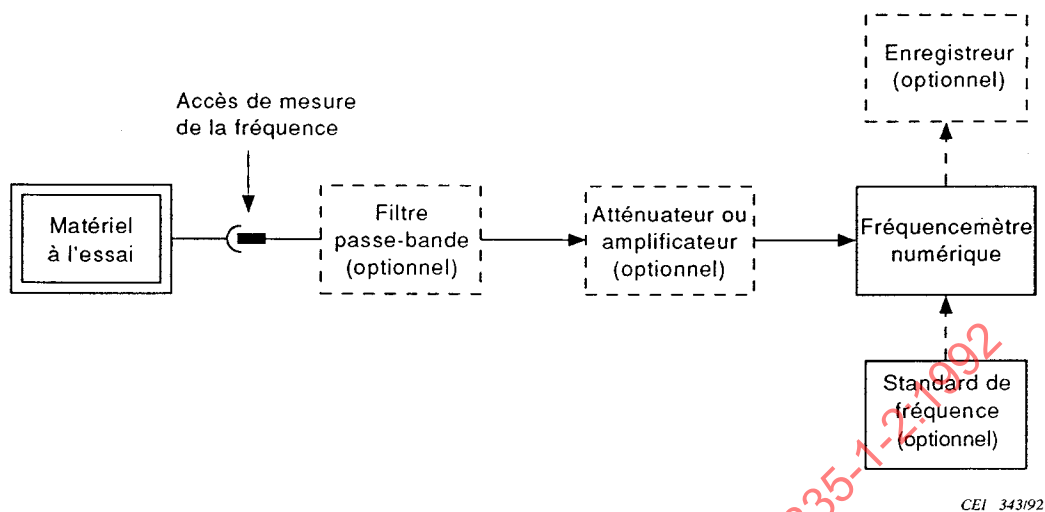
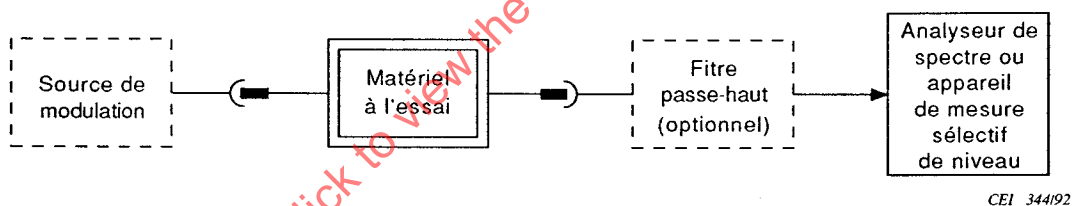


Figure 1 – Montage de mesure de la fréquence



NOTE - Lorsque le matériel à l'essai comprend deux accès comme un modulateur, un émetteur etc., son entrée doit être attaquée par une source de modulation.

Figure 2 – Montage de mesure du spectre