

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61830

Première édition
First edition
1997-11

**Composants ferrites pour hyperfréquences –
Méthodes de mesure des principales propriétés**

**Microwave ferrite components –
Measuring methods for major properties**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61830:1997

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 ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Accès en ligne*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Accès en ligne)*

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*.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

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

Numbering

As from the 1st 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 revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
On-line access*
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line access)*

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*.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61830

Première édition
First edition
1997-11

**Composants ferrites pour hyperfréquences –
Méthodes de mesure des principales propriétés**

**Microwave ferrite components –
Measuring methods for major properties**

© IEC 1997 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 photocopie 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 Varembe 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

M

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application	6
2 Référence normative	6
3 Facteur d'adaptation	6
3.1 Relation entre impédance, facteur d'adaptation, facteur de réflexion et rapport d'onde stationnaire (VSWR)	6
3.2 Méthode de mesure du facteur d'adaptation	8
3.3 Considérations générales sur le matériel de mesure	8
3.4 Procédure de mesure	10
3.5 Présentation des résultats	10
3.6 Détails à spécifier	12
4 Affaiblissement direct et affaiblissement inverse	12
4.1 Définition et considérations générales	12
4.2 Méthode de mesure	12
4.3 Considérations générales sur l'équipement de mesure	12
4.4 Procédure de mesure	14
4.5 Présentation des résultats	14
5 Déplacement de phase et temps de propagation de groupe	16
5.1 Définition et considérations générales	16
5.2 Méthode de mesure	16
5.3 Présentation des résultats	18

CONTENTS

	Page
FOREWORD.....	5
Clause	
1 Scope.....	7
2 Normative reference	7
3 Return loss	7
3.1 The relationship between impedance, return loss, reflection coefficient and voltage standing wave ratio (VSWR).....	7
3.2 Method of measurement of return loss	9
3.3 General considerations of the measuring equipment.....	9
3.4 Measuring procedure	11
3.5 Presentation of results	11
3.6 Detail to be specified	13
4 Forward loss and reverse loss.....	13
4.1 Definition and general considerations	13
4.2 Method of measurement	13
4.3 General considerations of the measuring equipment.....	13
4.4 Measuring procedure	15
4.5 Presentation of results	15
5 Phase-shift and group-delay.....	17
5.1 Definition and general considerations	17
5.2 Method of measurement	17
5.3 Presentation of results	19

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPOSANTS FERRITES POUR HYPERFRÉQUENCES – MÉTHODES DE MESURE DES PRINCIPALES PROPRIÉTÉS

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes Internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques, représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes Internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61830 a été établie par le Comité d'Etudes 51 de la CEI: Composants magnétiques et ferrites.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
51/486/FDIS	51/494/RVD

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MICROWAVE FERRITE COMPONENTS –
MEASURING METHODS FOR MAJOR PROPERTIES**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61830 has been prepared by IEC technical committee 51: Magnetic components and ferrite materials.

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

FDIS	Report on voting
51/486/FDIS	51/494/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

COMPOSANTS FERRITES POUR HYPERFRÉQUENCES – MÉTHODES DE MESURE DES PRINCIPALES PROPRIÉTÉS

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale sert de guide pour les méthodes de mesure des principales propriétés hyperfréquences, telles que le facteur d'adaptation, l'affaiblissement direct, l'affaiblissement inverse, le déplacement de phase et le temps de propagation de groupe, des composants ferrites pour hyperfréquences.

NOTE 1 – Les méthodes de mesure sont compilées selon le modèle de la CEI 60510-1-3.

NOTE 2 – Les analyseurs de réseau sont actuellement utilisés par la plupart des fabricants pour évaluer de telles propriétés des composants ferrites pour hyperfréquences. Cependant, la connaissance des méthodes de mesure de base est nécessaire pour comprendre le but général des mesures, y compris l'emploi des analyseurs de réseau. Pour cette raison, des méthodes de mesure usuelles sont décrites ci-après.

2 Référence normative

Le document normatif suivant contient des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente du document normatif indiqué ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60510-1-3: 1980, *Méthodes de mesure pour les équipements radioélectriques utilisés dans les stations terriennes de télécommunication par satellites - Partie 1: Mesures communes aux sous-ensembles et à leurs combinaisons - Section trois: Mesures dans la bande des fréquences intermédiaires*
Modification n° 1 (1988)

3 Facteur d'adaptation

3.1 Relation entre impédance, facteur d'adaptation, facteur de réflexion et rapport d'onde stationnaire (VSWR)

Pour les composants ferrites pour hyperfréquences, l'intérêt réside essentiellement dans la mesure du facteur d'adaptation plutôt que dans celle de l'impédance, du facteur de réflexion ou du VSWR.

Le facteur d'adaptation L , en décibels, d'une impédance Z par rapport à sa valeur nominale Z_0 est donné par:

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

Comme alternative, le facteur d'adaptation, en décibels, est donné par:

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

MICROWAVE FERRITE COMPONENTS – MEASURING METHODS FOR MAJOR PROPERTIES

1 Scope

This International Standard gives guidance on the measuring methods for major microwave properties, such as return loss, forward loss, reverse loss, phase shift and group delay, of microwave ferrite components.

NOTE 1 – The methods of measurement are compiled after the model of IEC 60510-1-3.

NOTE 2 – Network analyzers are being used by most manufacturers to evaluate such properties of microwave ferrite components at present. However, knowledge of basic measuring methods is necessary for understanding the general purpose of measurements including the use of network analyzers. Therefore, orthodox methods of measurement are described herein.

2 Normative reference

The following normative document contains provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this standard. At the time of publication, the edition indicated was valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent edition of the normative document indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60510-1-3: 1980, *Methods of measurement for radio equipment used in satellite earth stations – Part 1: Measurements common to sub-systems and combinations of sub-systems – Section three: Measurements in the i.f. range*
Amendment 1 (1988)

3 Return loss

3.1 The relationship between impedance, return loss, reflection coefficient and voltage standing wave ratio (VSWR)

In microwave ferrite components, interest is essentially in the measurement of return loss rather than that of impedance, reflection coefficient, or VSWR.

The return loss L in decibels of an impedance Z relative to its nominal value Z_0 is given by:

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

Alternatively, the return loss in decibels is given by:

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

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

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

VSWR est donné par:

$$VSWR = \frac{1 + |\rho|}{1 - |\rho|} \quad (4)$$

3.2 Méthode de mesure du facteur d'adaptation

Les mesures peuvent être effectuées en utilisant soit la méthode du point par point, soit la méthode de la fréquence de balayage. Pour ce dernier cas, un exemple est décrit dans les paragraphes suivants, mais toute méthode de remplacement capable de fournir la précision exigée (typiquement ± 1 dB) peut être utilisée. Pour le présent exemple, il faut les équipements énumérés ci-dessous et indiqués sur la figure 1:

- un générateur à fréquence de balayage;
- un pont de mesure pour hyperfréquences;
- un atténuateur calibré;
- un détecteur d'amplitude;
- un oscilloscope.

La méthode est destinée à mesurer le facteur d'adaptation des accès linéaires et passifs, par exemple l'impédance d'entrée d'un isolateur. Elle peut aussi être utilisée pour mesurer le facteur d'adaptation des dispositifs linéaires, actifs et passifs, par exemple à la sortie du dispositif (impédance de la source), à condition qu'aucun signal ne soit présent et que le dispositif en essai puisse être considéré comme un réseau passif linéaire.

Le facteur d'adaptation des câbles, des atténuateurs, des adaptateurs, etc., utilisés pendant les mesures, aussi bien que le facteur d'adaptation à l'entrée et à la sortie du matériel de mesure, peut être vérifié en utilisant la même méthode.

3.3 Considérations générales sur le matériel de mesure

3.3.1 Générateur à fréquence de balayage

Sur une gamme spécifiée de fréquences, il convient que le générateur soit capable de générer la radiofréquence sinusoïdale, et que son niveau de sortie soit constant.

Il convient que la fréquence des répétitions f_s du balayage soit dans la gamme de 10 Hz à 100 Hz, à condition que la bande passante de la partie récepteur, c'est-à-dire détecteur d'amplitude et oscilloscope, soit environ de 50 à 100 fois la vitesse de balayage choisie.

3.3.2 Pont de mesure pour hyperfréquences

Sur une gamme spécifiée de niveaux de signal, il convient que la tension à la sortie du pont soit proportionnelle à l'amplitude du facteur de réflexion de l'impédance en essai.

3.3.3 Sensibilité du détecteur

Il convient que le niveau minimal détectable par le détecteur soit au moins 20 dB au dessous du niveau minimal prévu du pont dans les conditions données en 3.4.3.

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

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

VSWR is given by:

$$VSWR = \frac{1 + |\rho|}{1 - |\rho|} \quad (4)$$

3.2 Method of measurement of return loss

Measurements may be made by using either point-by-point or sweep-frequency methods. For the latter case, an example is described in following subclauses, but any alternative method capable of providing the required accuracy (typically ± 1 dB) may be used. In this example, the equipments listed below and shown in figure 1, are needed:

- a sweep-frequency generator;
- a microwave bridge;
- a calibrated attenuator;
- an amplitude detector;
- an oscilloscope.

The method is intended for measuring the return loss of linear and passive ports, for example the input impedance of an isolator. It also may be used for measuring the return loss of linear, active and passive devices, for example at the output of device (source impedance) provided that no signal is present and that the device under test can be considered as a linear, passive network.

The return loss of cables, attenuators, adapters, etc., used during the measurements, as well as the return loss at the input and the output of measuring equipment, may be checked using the same method.

3.3 General considerations of the measuring equipment

3.3.1 Sweep-frequency generator

Over a specified frequency range, the generator should be able to generate a sinusoidal, radio frequency signal, and its output level should be constant.

The repetition rate f_s of the sweep should be in the range 10 Hz to 100 Hz provided that the passband of the receiver section, i.e., amplitude detector and oscilloscope, is about 50 times to 100 times the chosen sweep rate.

3.3.2 Microwave bridge

Over a specified range of signal levels, the voltage at the output of the bridge should be proportional to the magnitude of the reflection coefficient of the impedance under test.

3.3.3 Detector sensitivity

The minimum level detectable by the detector should be at least 20 dB below the minimum level expected from the bridge under conditions given in 3.4.3.

3.4 Procédure de mesure

3.4.1 Généralités

La procédure de mesure comprend trois étapes: à savoir, la calibration, la vérification de l'équilibre du pont de mesure et la mesure.

3.4.2 Calibration

Le niveau de sortie du générateur à fréquence de balayage est ajusté pour obtenir la tension désirée à travers une impédance Z dans le pont. Il convient de faire attention d'éviter la surcharge de l'équipement en essai.

Le bras d'essai du pont est maintenu court-circuité et l'atténuateur calibré est alors ajusté pour obtenir un niveau de tension continue convenable à la sortie du détecteur d'amplitude.

3.4.3 Vérification du facteur d'adaptation résiduel du pont de mesure

Une charge adaptée Z_0 , coaxiale ou guide d'onde, est reliée au pont à la place de l'impédance inconnue Z .

Le facteur d'adaptation résiduel est alors vérifié par ajustage de l'atténuateur calibré jusqu'à ce que les traces sur l'écran de l'oscilloscope approchent la coïncidence. Il est possible d'obtenir la coïncidence exacte seulement si une sensibilité suffisante du récepteur est disponible.

Il convient que le réglage de l'atténuateur soit noté lorsqu'il y a coïncidence des traces ou lorsque la limite de sensibilité du récepteur est atteinte. Ce réglage détermine la valeur maximale du facteur d'adaptation qui peut être mesuré avec une précision spécifiée. Les valeurs du facteur d'adaptation jusqu'à 20 dB inférieures à la valeur obtenue ci-dessus peuvent être mesurées avec une précision de ± 1 dB. Par exemple, lorsque la valeur est de 50 dB, les valeurs du facteur d'adaptation jusqu'à 30 dB peuvent être mesurées avec une précision de ± 1 dB.

3.4.4 Mesure du facteur d'adaptation

Un accès du dispositif en essai avec une impédance inconnue Z est relié au pont et le ou les autres accès du dispositif sont terminés par une ou des charges adaptées Z_0 . L'atténuateur calibré est ajusté jusqu'à ce que la trace de mesure et la trace de référence sur l'écran de l'oscilloscope coïncident à la fréquence spécifiée comme indiqué par le marqueur de fréquence.

La différence entre le présent réglage de l'atténuateur et celui obtenu en 3.4.2 est égale au facteur d'adaptation de l'impédance inconnue Z .

Lorsqu'il est nécessaire de mesurer le facteur d'adaptation d'un autre accès du dispositif, répéter la procédure ci-dessus pour l'accès à mesurer.

3.5 Présentation des résultats

Il convient que les résultats des mesures soient présentés de préférence comme une courbe ou une photographie de l'écran de l'oscilloscope avec une échelle verticale comme celle présentée à la figure 2 ou avec une échelle inversée. Les lignes de référence peuvent être ajoutées sur l'affichage de l'oscilloscope.

Il convient que, dans chacun des cas, la courbe du facteur d'adaptation de même que la courbe mesurée soient montrées.

3.4 Measuring procedure

3.4.1 General

The measuring procedure comprises three steps: namely, calibration, balance check of the bridge and measurement.

3.4.2 Calibration

The output level of the sweep-frequency generator is adjusted to obtain the desired voltage across the impedance Z in the bridge. Care should be taken to avoid overloading the equipment under test.

The test arm of the bridge is left short-circuited and the calibrated attenuator is then adjusted to obtain a suitable d.c. level at the output of the amplitude detector.

3.4.3 Checking the residual return loss of the bridge

A matched load Z_0 , coaxial or waveguide, is connected to the bridge in place of the unknown impedance Z .

The residual return loss is then checked by adjusting the calibrated attenuator until the traces on the screen of the oscilloscope approach coincidence. It is possible to obtain exact coincidence only if sufficient receiver sensitivity is available.

The setting of the attenuator should be noted when coincidence of the traces occurs or when the limit of receiver sensitivity is reached. This setting determines the maximum value of return loss which can be measured with specified accuracy. Return loss values up to 20 dB less than the value obtained above can be measured with an accuracy of ± 1 dB. For example, when the value is 50 dB, return loss values up to 30 dB can be measured with an accuracy of ± 1 dB.

3.4.4 Measurement of return loss

One port of the device under test with unknown impedance Z is connected to the bridge and the other port(s) of the device should be terminated by matched load(s) Z_0 . The calibrated attenuator is adjusted until the measuring trace and the reference trace on the screen of the oscilloscope coincide at the specified frequency as indicated by the frequency marker.

The difference between this attenuator setting and that obtained under 3.4.2 is equal to the return loss of the unknown impedance Z .

When it is necessary to measure return loss of the other ports of the device, repeat the above procedure regarding the port to be measured.

3.5 Presentation of results

The results of the measurements should be presented preferably as a curve or photograph of the oscilloscope display with the vertical scale as shown in figure 2 or with this scale inverted. Reference lines may be added on the oscilloscope display.

In every case the residual return loss curve should be shown as well as the measured curve.

Lorsque les résultats des mesures ne sont pas présentés par des graphiques, il convient qu'ils soient donnés comme dans l'exemple suivant:

- a) facteur d'adaptation supérieur à 23 dB de 3,5 GHz à 4,5 GHz;
- b) facteur d'adaptation résiduel supérieur à 45 dB.

3.6 Détails à spécifier

Il convient que les détails suivants soient inclus comme cela est exigé dans la spécification détaillée de l'équipement:

- a) limites du facteur d'adaptation;
- b) limites de la bande de fréquences.

4 Affaiblissement direct et affaiblissement inverse

4.1 Définition et considérations générales

L'affaiblissement direct et l'affaiblissement inverse sont donnés par la courbe représentant la différence, exprimée en décibels, entre le niveau de sortie et un niveau de référence, comme une fonction de la fréquence pour un niveau d'entrée constant.

4.2 Méthode de mesure

Les mesures peuvent être effectuées en utilisant soit la méthode du point par point, soit la méthode de la fréquence de balayage. Pour ce dernier cas, un exemple de la disposition de l'équipement de mesure est représenté à la figure 3. L'utilisation des isolateurs aux accès d'entrée et de sortie du dispositif en essai est recommandée pour réduire les erreurs de désadaptation.

4.3 Considérations générales sur l'équipement de mesure

Si l'on utilise les méthodes de la fréquence de balayage, la fréquence des répétitions du générateur à fréquence de balayage, il convient que la forme d'onde du signal de balayage, la bande passante du détecteur et l'oscilloscope soient conformes à 3.3.1.

Il convient de prendre soin de s'assurer que les résultats des mesures ne sont pas affectés par les harmoniques du signal d'essai.

Avant de commencer les mesures sur l'équipement à essayer, il convient que l'amplitude des erreurs inhérentes à l'équipement de mesure, y compris les câbles, les atténuateurs et les autres accessoires qui sont à utiliser, soit calibrée en raccordant la sortie du générateur de signaux à l'entrée du détecteur.

Si les mesures sont effectuées sur des dispositifs n'ayant pas de connecteurs tels que la ligne à ruban ou les dispositifs à goupille, il convient que l'installation appropriée fournie avec des connecteurs soit utilisée.

Les limites des erreurs de désadaptation E , en décibels, sont données par:

$$E = 20 \log_{10} (1 - |\rho_1 \rho_2|) \quad (5)$$

où

ρ_1 est le facteur de réflexion en tension de l'accès de sortie du dispositif en essai;

ρ_2 est le facteur de réflexion en tension du détecteur, y compris l'isolateur.

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

- a) return loss more than 23 dB from 3,5 GHz to 4,5 GHz;
- b) residual return loss more than 45 dB.

3.6 Detail to be specified

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

- a) return loss limits;
- b) frequency band limits.

4 Forward loss and reverse loss

4.1 Definition and general considerations

The forward loss and reverse loss are given by the curve representing the difference, expressed in decibels, between the output level and a reference level, as a function of frequency for a constant input level.

4.2 Method of measurement

Measurements may be made using either point-by-point or sweep-frequency methods. For the latter case, an example of the arrangement of the measuring equipment is shown in figure 3. Use of isolators at the input and output port of the device under test is recommended to reduce mismatch errors.

4.3 General considerations of the measuring equipment

When using the sweep-frequency methods, repetition of the sweep-frequency generator, the waveform of the sweep signal and the pass-band of the detector and the oscilloscope should conform to 3.3.1.

Care should be taken to ensure that the results of the measurements are not affected by harmonics of the test signal.

Before commencing the measurements on the equipment to be tested, the magnitude of the inherent errors of the measuring equipment including the cables, attenuators and other accessories which are to be used, should be calibrated by connecting the output of the signal generator to the input of the detector.

When measurements are made on the devices having no connectors such as stripline or pin type devices, appropriate test fixture furnished with connectors should be used.

Mismatch error limits E in decibels are given by:

$$E = 20 \log_{10} (1 - |\rho_1 \rho_2|) \quad (5)$$

where

ρ_1 is the voltage reflection coefficient of the output port of the device under test;

ρ_2 is the voltage reflection coefficient of the detector including isolator.

Par exemple, lorsque $\rho_1\rho_2$ est inférieur à 0,0023, en d'autres termes lorsque la somme des facteurs d'adaptation du dispositif en essai et du détecteur, y compris l'isolateur, est supérieure à 53 dB, l'affaiblissement direct peut être mesuré dans les limites de $\pm 0,02$ dB.

4.4 Procédure de mesure

4.4.1 Généralités

La procédure de mesure comprend deux étapes: l'étalonnage et la mesure.

4.4.2 Etalonnage

Le niveau de sortie du générateur de signaux est relié au détecteur, y compris l'isolateur, pour étalonner les erreurs inhérentes à l'équipement de mesure et pour établir le niveau de sortie de référence. Il convient que l'atténuateur étalonné soit réglé à une atténuation suffisante pour réaliser la mesure.

Lorsqu'il est nécessaire de ne pas retenir les pertes de l'installation d'essai, il convient que l'étalonnage soit effectué en incluant les pertes de l'installation d'essai.

Un tel étalonnage peut être effectué en utilisant une installation d'essai ayant une ligne droite de Z_0 raccordée entre l'accès d'entrée et l'accès de sortie de l'installation d'essai.

4.4.3 Mesures de l'affaiblissement direct et de l'affaiblissement inverse

Le dispositif en essai est raccordé entre le générateur du signal et le détecteur. L'atténuateur étalonné est alors ajusté jusqu'à ce que la trace de mesure et la trace de référence sur l'écran de l'oscilloscope coïncident à la fréquence spécifiée indiquée par le marqueur de fréquence.

La différence entre le présent réglage de l'atténuateur et celui obtenu en 4.4.2 est égale à l'affaiblissement direct ou inverse du dispositif en essai.

Dans le cas des circulateurs qui ont trois accès ou plus, il convient que le ou les accès, à l'exception de l'accès d'entrée et de l'accès de sortie, soient terminés par une ou des charges adaptées et que les mesures ci-dessus soient répétées, lorsque les accès à mesurer changent comme décrit en 3.4.4.

4.5 Présentation des résultats

4.5.1 Affaiblissement direct et affaiblissement inverse

Il convient que les résultats des mesures soient présentés de préférence comme une courbe ou une photographie de l'écran de l'oscilloscope comme cela est présenté à la figure 4. Il convient que les échelles horizontale et verticale de l'affichage de l'oscilloscope soient toutes les deux étalonnées.

Lorsque les résultats des mesures ne sont pas présentés par des graphiques, il convient qu'ils soient donnés comme dans l'exemple suivant:

- a) affaiblissement direct (accès 1 à accès 2) inférieur à 0,2 dB de 3,5 GHz à 4,5 GHz;
- b) affaiblissement inverse (accès 2 à accès 1) supérieur à 23 dB de 3,5 GHz à 4,5 GHz.

4.5.2 Composants d'ondulation

Lorsque les composants d'ondulation sont aisément identifiables à partir des caractéristiques mesurées, il convient de les exprimer en décibels, crête à crête. Il convient d'indiquer les fréquences d'ondulation.

For example, when $\rho_1\rho_2$ is less than 0,0023, in other words the sum of return losses of the device under test and the detector including isolator is larger than 53 dB, forward loss can be measured to within $\pm 0,02$ dB.

4.4 Measuring procedure

4.4.1 General

The measuring procedure comprises two steps: calibration and measurement.

4.4.2 Calibration

The output level from the signal generator is connected to the detector (including isolator to calibrate the inherent errors of the measuring equipment and to establish reference output level. The calibrated attenuator should be set at an adequate attenuation to achieve measurement.

When it is necessary to exclude the loss of the test fixture, calibration should be made including the loss of the test fixture.

Such a calibration can be made by using a test fixture having a straight line of Z_0 connected between input port and output port of the test fixture.

4.4.3 Measurement of forward loss and reverse loss

The device under test is connected between the signal generator and the detector. Then the calibrated attenuator is adjusted until the measuring trace and the reference trace on the screen of the oscilloscope coincide at the specified frequency indicated by the frequency marker.

The difference between this attenuator setting and that obtained under 4.4.2 is equal to the forward loss or reverse loss of the device under test.

In the case of the circulators which have three or more ports, the port(s) except the input port and output port should be terminated by matched load(s) and the above measurement should be repeated changing the ports to be measured as described in 3.4.4.

4.5 Presentation of results

4.5.1 Forward loss and reverse loss

The results of the measurements should be presented, preferably, as a curve or photograph of the oscilloscope display as shown in figure 4. Both the horizontal and the vertical scales of the oscilloscope display should be calibrated.

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

- a) forward loss (port 1 to port 2) less than 0,2 dB from 3,5 GHz to 4,5 GHz;
- b) reverse loss (port 2 to port 1) larger than 23 dB from 3,5 GHz to 4,5 GHz.

4.5.2 Ripple components

When ripple components are easily identifiable from the measured characteristic, they should be expressed in decibels, peak-to-peak. The ripple frequencies should be stated.

5 Déplacement de phase et temps de propagation de groupe

5.1 Définition et considérations générales

Pour un réseau linéaire, la fonction de transfert $H(j\omega)$ s'écrit comme:

$$H(j\omega) = A(\omega) e^{-jB(\omega)} \quad (6)$$

où $A(\omega)$ dépend de sa caractéristique amplitude/fréquence et $B(\omega)$ de sa caractéristique phase/fréquence (considérée comme positive si le signal de sortie est en retard par rapport au signal d'entrée).

Le déplacement de phase $\phi(\omega)$ en radians est défini comme suit:

$$\phi(\omega) = B(\omega) - 2\pi n \quad (7)$$

où n est un nombre entier.

Il est d'usage de mesurer la variation de phase, qui est la différence entre la phase mesurée et la phase de référence, comme une fonction de la fréquence. Le temps de propagation de groupe $\tau(\omega)$ du réseau est défini comme la dérivée première de $B(\omega)$ par rapport à ω , à savoir:

$$\tau(\omega) = \frac{dB(\omega)}{d\omega} \quad (8)$$

et est exprimé en secondes.

Il est d'usage de mesurer la variation du temps de propagation de groupe, qui est la différence entre le temps de propagation de groupe comme indiqué ci-dessus et le temps de propagation de groupe à la fréquence de référence.

5.2 Méthode de mesure

Les mesures peuvent être effectuées en utilisant soit la méthode du point par point, soit la méthode de la fréquence de balayage. Pour ce dernier cas, un exemple de la disposition de l'équipement de mesure est représenté à la figure 5.

5.2.1 Considérations générales sur l'équipement de mesure

Il convient d'appliquer les conditions suivantes:

- il convient de choisir l'indice de modulation et la fréquence de modulation f_m pour assurer que le spectre correspondant occupe une largeur de bande dans les limites desquelles les caractéristiques amplitude/fréquence et temps de propagation de groupe du dispositif en essai peuvent se rapprocher d'une ligne droite;
- il convient que la modulation d'amplitude synchrone générée par le modulateur soit négligeable par rapport à l'amplitude des effets de la conversion de phase, et par rapport à la capacité de transmission du dispositif en essai. Il convient que le démodulateur soit insensible à la modulation d'amplitude synchrone, et les démodulateurs du type à fréquence suiveuse conviennent bien à ce but;
- il convient que le détecteur de phase soit insensible à la modulation d'amplitude qui est synchrone avec la fréquence de balayage;
- il convient que le modulateur et le démodulateur représentés à la figure 5 soient de la plus haute qualité. En particulier, il convient qu'ils soient conçus pour une réponse à temps de propagation de groupe constant.

5 Phase-shift and group-delay

5.1 Definition and general considerations

For a linear network, the transfer function $H(j\omega)$ is written as:

$$H(j\omega) = A(\omega) e^{-jB(\omega)} \quad (6)$$

Where $A(\omega)$ is related to its amplitude/frequency characteristic and $B(\omega)$ is related to its phase/frequency characteristic (considered positive if the output signal lags the input signal).

The phase-shift $\phi(\omega)$ in radians is defined as follows:

$$\phi(\omega) = B(\omega) - 2\pi n \quad (7)$$

where n is an integer.

It is usual to measure the phase variation, which is the difference between the measured phase and the reference phase as a function of frequency. The group-delay $\tau(\omega)$ of the network is defined as the first derivative of $B(\omega)$, with respect to ω , namely:

$$\tau(\omega) = \frac{dB(\omega)}{d\omega} \quad (8)$$

and is expressed in seconds.

It is usual to measure group-delay variation, which is the difference between the group-delay as stated above and the group-delay at a reference frequency.

5.2 Method of measurement

Measurements may be made using either point-by-point or sweep-frequency methods. For the latter case, an example of the arrangement of the measuring equipment is shown in figure 5.

5.2.1 General considerations of the measuring equipment

The following conditions should apply:

- a) the modulation index and modulating frequency f_m should be chosen to ensure that the corresponding spectrum occupies a bandwidth within which the amplitude/frequency and group-delay characteristics of the device under test can be approximated by a straight line;
- b) synchronous amplitude modulation generated by the modulator should be negligible in relation to the amplitude to phase conversion effects, and to the transmission capacity of the device under test. The demodulator should be insensitive to synchronous amplitude modulation, and demodulators of the frequency-following type are well suited to this purpose;
- c) the phase detector should be insensitive to amplitude modulation which is synchronous with the sweep frequency;
- d) the modulator and the demodulator shown in figure 5 should be of the highest quality. In particular, they should be designed for a constant group-delay response.

Lorsque les conditions ci-dessus sont remplies, la tension de sortie V du détecteur de phase (voir la figure 5) dépend du temps de propagation de groupe $\tau(\omega)$ du dispositif en essai comme suit:

$$V = k \mu \tau(\omega) \quad (9)$$

où k est une constante représentant la pente du détecteur de phase en V/rad et $\mu = 2\pi f_m$.

NOTE – Le détecteur de phase (voir la figure 5) peut être utilisé pour mesurer la différence de phase ($\mu\tau$) en addition à la variation du temps de propagation de groupe τ . Si une fréquence de modulation de 0,277 778 MHz est utilisée, la tension de sortie du détecteur, pour une différence de phase de 1° , sera la même que celle pour une variation du temps de propagation de groupe de 10 ns. D'autres fréquences d'essai satisfaisant à la condition du paragraphe a) ci-dessus sont acceptables pour f_m , mais pas les très faibles valeurs (par exemple 10 kHz), afin d'éviter les effets d'un bruit excessif.

5.2.2 Procédure de mesure

Dans la méthode préférentielle représentée à la figure 5, un signal radiofréquence (r.f.) ayant une fréquence f et un signal d'essai de modulation ayant une fréquence f_m alimentent un modulateur haute qualité qui génère un signal r.f. modulé en fréquence à un faible indice de modulation par le signal d'essai de modulation.

Le signal r.f. modulé en fréquence alimente le dispositif en essai et est alors démodulé par un démodulateur haute qualité qui récupère le signal d'essai de modulation f_m .

Comme le signal r.f. est balayé sur une largeur de bande spécifiée, le signal d'essai de modulation démodulé subit des variations d'amplitude et de phase. Le signal du détecteur de phase est proportionnel au déplacement de phase r.f. et au temps de propagation de groupe.

5.3 Présentation des résultats

5.3.1 Caractéristiques de déplacement de phase et de temps de propagation de groupe

Il convient de représenter les caractéristiques de déplacement de phase et de temps de propagation de groupe de préférence comme une reproduction de l'affichage de l'oscilloscope avec la fréquence en abscisses, comme représenté à la figure 6.

Lorsque les résultats des mesures ne sont pas présentés par des graphiques, il convient de les donner comme dans l'exemple suivant:

- a) le déplacement de phase est de 90° à 4 GHz et la variation du déplacement de phase est de $\pm 5^\circ$ dans la bande de fréquences de 3,5 GHz à 4,5 GHz;
- b) la variation totale du temps de propagation de groupe est de 2,5 ns dans la bande de fréquences de 3,5 GHz à 4,5 GHz.

Il convient de donner la fréquence de modulation f_m et l'indice de modulation correspondant.

When the above conditions are fulfilled, the output voltage V from the phase detector (see figure 5) is related to the group-delay $\tau(\omega)$ of the device under test as follows:

$$V = k \mu \tau(\omega) \quad (9)$$

where k is a constant representing the phase-detector slope in V/rad and $\mu = 2\pi f_m$.

NOTE – The phase detector (see figure 5) may be used to measure the phase difference ($\mu\tau$) in addition to group-delay variation τ . If a modulating frequency of 0,277 778 MHz is used, the output voltage from the detector for a 1° phase difference will be the same as that for a group-delay variation of 10 ns. Other test frequencies satisfying condition of item a) above are acceptable for f_m , but not very low values (e.g. 10 kHz), in order to avoid the effects of excessive noise.

5.2.2 Measuring procedure

In the preferred method shown in figure 5, a radio frequency (r.f.) signal having a frequency f and a modulation test signal having a frequency f_m are fed to a high-quality modulator which generates a frequency-modulated r.f. signal at a low modulation index by the modulation test signal.

The modulated r.f. signal is fed to the device under test and is then demodulated by a high-quality demodulator which recovers the modulation test signal f_m .

As the r.f. signal is swept over the specified bandwidth, the demodulated modulation test signal undergoes amplitude and phase variations. The signal from the phase detector is proportional to the r.f. phase-shift and group-delay.

5.3 Presentation of results

5.3.1 Phase-shift and group-delay characteristics

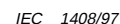
The phase-shift and/or group-delay characteristic should be presented preferably as a reproduction of the oscilloscope display with frequency on the abscissa, as shown in figure 6.

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

- a) phase-shift is 90° at 4 GHz and phase-shift variation is $\pm 5^\circ$ in the frequency band 3,5 GHz to 4,5 GHz;
- b) total group-delay variation is 2,5 ns in the frequency band 3,5 GHz to 4,5 GHz.

The modulating frequency f_m and the corresponding modulation index should be given.

Lorsque les composants d'ondulation sont identifiables à partir des caractéristiques mesurées, il convient d'exprimer leurs amplitudes en degrés et/ou nanosecondes, crête à crête. Il convient d'indiquer les fréquences d'ondulation.



IEC 1409/97