

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

60835-1-2

1992

AMENDEMENT 1
AMENDMENT 1

1995-02

Amendement 1

**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

Amendment 1

**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

© CEI 1995 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

L

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

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le sous-comité 12E: Systèmes de communications par faisceaux hertziens et satellites, du comité d'études 12 de la CEI: Radiocommunications.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
12E(BC)164	12E/250/RVD

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

Page 2

SOMMAIRE

Ajouter le titre de l'article 6 suivant:

6 Température de bruit et facteur de bruit

Page 28

Ajouter, après 5.2.5, le nouvel article suivant:

6 Température de bruit et facteur de bruit

6.1 Introduction

Le présent article traite des méthodes de mesure à employer pour évaluer le facteur de bruit de sous-systèmes ou d'un ensemble de sous-systèmes dans leurs régimes linéaires lorsque les accès appropriés sont disponibles.

La température de bruit est un paramètre important dans les systèmes de télécommunication par satellite, qui apporte une bonne indication de la puissance de bruit produite par un système ou un sous-système. Elle est généralement exprimée sous forme de température «équivalente» de préférence à une température réelle, car ce sont les effets de toutes les sources de bruit, thermique ou non, qui sont mesurés.

6.2 Définitions

La performance d'un récepteur est généralement caractérisée par son facteur de bruit, *NF*, exprimé en décibels. Sur un dispositif à deux accès, il est défini comme étant le rapport entre le rapport signal/bruit en entrée et le rapport signal/bruit en sortie, les conditions d'adaptation étant satisfaites. Le facteur de bruit indique donc dans quelle mesure le rapport signal/bruit en sortie est inférieur à celui présent en entrée. En conséquence, *NF* est toujours supérieur à 0 dB.

FOREWORD

This amendment has been prepared by sub-committee 12E: Radio relay and satellite communication systems, of IEC technical committee 12: Radiocommunications.

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

DIS	Report on voting
12E(CO)164	12E/250/RVD

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

Page 3

CONTENTS

Add the title of clause 6 as follows:

6 Noise temperature and noise figure

Page 29

Add, after 5.2.5, the following new clause:

6 Noise temperature and noise figure**6.1 Introduction**

This clause concentrates on the methods of measurement to be used in order to evaluate the noise figure of sub-systems and/or combinations of sub-systems under linear conditions where appropriate ports are available.

Noise temperature is an important parameter in satellite systems and is a convenient indication of the noise power produced by a system or sub-system. It is usually expressed in terms of an "equivalent" temperature rather than an "actual" temperature, since it is a measure of the effects of all the thermal and non-thermal noise sources.

6.2 Definitions

The performance of a receiver is generally characterized by its noise figure NF , expressed in decibels. For a two-port device it is defined as the ratio of the signal-to-noise ratio at the input to the signal-to-noise ratio at the output under matched conditions. The noise figure therefore indicates how much the signal-to-noise ratio at the output is lower than at the input. NF is therefore always greater than 0 dB.

La température équivalente de bruit, T_E , est liée au facteur de bruit F , exprimé en valeur numérique, par l'expression:

$$T_E = 290 (F-1) \quad (7-1)$$

Le facteur de bruit, NF , exprimé en décibels, est défini comme suit:

$$NF = 10 \log_{10} \left(1 + \frac{T_E}{290} \right) \quad (7-2)$$

6.2.1 Température équivalente de bruit d'un dispositif à deux accès

La température équivalente de bruit T_E d'un dispositif à deux accès est une température de bruit fictive qui, lorsqu'elle est ajoutée à celle de la source d'entrée reliée à un dispositif à deux accès théoriquement parfait (exempt de bruit), ayant la même impédance d'entrée et le même gain que le dispositif réel, produit la même densité de puissance de bruit en sortie que le dispositif réel.

La densité de puissance de bruit en sortie N_o d'un dispositif à deux accès ayant une température équivalente de bruit en entrée T_E lorsqu'il est relié à une source de bruit de température T_{SOURCE} est obtenue comme suit:

$$N_o = (T_{SOURCE} + T_E) kG \quad (W/Hz) \quad (7-3)$$

où

k est la constante de Boltzmann, $1,38 \times 10^{-23}$ Ws/K;

G est le gain du dispositif à deux accès.

Si T_E est la température équivalente *moyenne* de bruit en entrée dans une largeur de bande donnée B , la puissance de bruit en sortie P_{no} d'un dispositif à deux accès est alors égale à:

$$P_{no} = (T_{SOURCE} + T_E) kGB \quad (7-4)$$

où B est la largeur de bande de bruit, en hertz.

On considère que T_{SOURCE} est constante sur la largeur de bande de bruit B .

Sauf spécification contraire, l'expression «température équivalente de bruit» sera comprise comme étant la température moyenne de bruit en entrée dans une largeur de bande donnée.

6.2.2 Facteur de bruit moyen

Le facteur de bruit moyen $\bar{F}$ d'un dispositif à deux accès est le rapport entre la puissance de bruit totale P_o issue du dispositif dans une charge adaptée – lorsque la température de bruit de l'impédance reliée à son entrée est de 290 K – et la puissance de bruit P_s issue dans les mêmes conditions de l'accès de sortie d'un dispositif idéal exempt de bruit.

$$\bar{F} = \frac{P_o}{P_s} = \frac{P_o}{kTGB} \quad (7-5)$$

où T est égal à 290 K.

The equivalent noise temperature, T_E , is related to the noise figure F , expressed in linear numerals, by the expression:

$$T_E = 290 (F-1) \quad (7-1)$$

The noise figure NF , expressed in decibels, is defined as:

$$NF = 10 \log_{10} \left(1 + \frac{T_E}{290} \right) \quad (7-2)$$

6.2.1 Equivalent noise temperature of a two-port device

The equivalent noise temperature T_E of a two-port device is a fictitious noise temperature which, when added to that of the input source connected to a theoretically ideal noise-free, two-port device having the same input impedance and gain as the actual device, will produce the same output noise power density as the actual device.

The output noise power density N_o of a two-port device with an equivalent noise temperature T_E when connected to a noise source of temperature T_{SOURCE} is given by:

$$N_o = (T_{SOURCE} + T_E) kG \quad (\text{W/Hz}) \quad (7-3)$$

where

k is the Boltzmann's constant, $1,38 \times 10^{-23}$ Ws/K;

G is the gain of the two-port device.

If T_E is the equivalent *average* input noise temperature over a given bandwidth B , the output noise power P_{no} of a two-port device is then:

$$P_{no} = (T_{SOURCE} + T_E) kGB \quad (7-4)$$

where B is the noise bandwidth in hertz.

T_{SOURCE} is assumed constant over the noise bandwidth B .

Unless otherwise specified, the term "equivalent noise temperature" will be taken to mean the average input noise temperature over a given bandwidth.

6.2.2 Average noise figure

The average noise figure $\bar{F}$ of a two-port device is the ratio of the total noise power P_o delivered by the device into a matched load, when the noise temperature of its input termination is 290 K, to the noise power P_s available under the same conditions at the output port of an ideal noise-free device.

$$\bar{F} = \frac{P_o}{P_s} = \frac{P_o}{kTGB} \quad (7-5)$$

where T is equal to 290 K.

Pour du matériel présentant du gain sur plusieurs bandes de fréquence, par exemple une fréquence image dans un système hétérodyne, le dénominateur P_s ne tient compte que de la puissance de bruit à l'accès d'entrée couvrant la même bande de fréquence que le signal modulé. Cela s'applique aux systèmes de télécommunication par satellite et est appelé «facteur de bruit à bande latérale unique».

Le rapport entre le facteur de bruit moyen $\bar{F}$ et la température équivalente de bruit moyenne en entrée T_E est obtenu comme suit:

$$P_o = kGB \cdot 290 + kT_E GB = kGB (290 + T_E) \quad (7-6)$$

A partir des équations précédentes:

$$\bar{F} = \frac{kGB (290 + T_E)}{kGB \cdot 290} = 1 + \frac{T_E}{290} \quad (7-7)$$

où

$$T_E = 290 (\bar{F} - 1) \quad (7-8)$$

Sauf spécification contraire, l'expression «facteur de bruit» sera prise comme le facteur de bruit moyen dans une largeur de bande donnée.

6.3 Généralités

Les méthodes employées pour mesurer le facteur de bruit F se répartissent en deux groupes: les techniques à large bande et les techniques à bande étroite. De manière générale, les techniques à large bande font appel à des générateurs de bruit comme signaux de mesure, alors que les techniques à bande étroite recourent à des générateurs d'ondes entretenues.

Les méthodes les plus employées pour les mesures à large bande sont:

- a) la méthode du facteur Y ;
- b) la méthode par affaiblissement de 3 dB.

A bande étroite, la méthode par onde entretenue qui utilise un signal non modulé est la technique la plus courante pour la mesure à bande latérale unique. Cette méthode est applicable depuis de très basses fréquences jusqu'à des dizaines de GHz.

Il existe des appareils de mesure automatiques du facteur de bruit utilisant les techniques ci-dessus. En général, ces appareils commutent périodiquement le générateur de bruit (ou générateur de signaux) sur deux niveaux de sortie connus et mesurent les niveaux de bruit en sortie du récepteur. Le facteur de bruit est alors calculé automatiquement et affiché directement sur un indicateur.

Le choix de la méthode à employer dans une situation donnée dépend de plusieurs facteurs dont:

- a) la précision souhaitée;
- b) les instruments de mesure exigés;

For equipment having gain in more than one frequency band, such as an image frequency in a heterodyne system, the denominator P_s includes only the noise power from the input termination which lies in the same frequency band as the modulated signal. This case is applicable to satellite communication systems and is known as the "single-sideband noise figure".

The relationship between the average noise figure $\bar{F}$ and the average equivalent input noise temperature T_E can be obtained as follows:

$$P_o = kGB \cdot 290 + kT_E GB = kGB (290 + T_E) \quad (7-6)$$

From the above equations:

$$\bar{F} = \frac{kGB (290 + T_E)}{kGB \cdot 290} = 1 + \frac{T_E}{290} \quad (7-7)$$

where

$$T_E = 290 (\bar{F} - 1) \quad (7-8)$$

Unless otherwise specified, the term "noise figure" will be taken to mean the average noise figure over a given bandwidth.

6.3 General considerations

The methods employed to measure the noise figure F are divided into two groups: broadband and narrowband techniques. Broadband techniques typically use noise generators as measurement signals, whereas narrowband techniques employ continuous wave (c.w.) signal generators.

The most widely used methods for broadband measurements are:

- a) the Y-factor method;
- b) the 3 dB loss method.

As a narrowband technique the c.w. method using an unmodulated signal is the most widely used single-sideband measurement. This method is applicable from very low frequencies to tens of GHz.

Automatic noise figure measuring equipment is available which uses the above measurement techniques. Such equipment usually switches the noise generator (or signal generator) periodically between two known output levels and measures the receiver output noise levels. The noise figure is then computed automatically and is displayed directly on an indicator.

The choice of method for a given situation will depend upon many factors including:

- a) desired accuracy;
- b) instrumentation required;

- c) la bande de fréquences;
- d) le type d'équipement à l'essai;
- e) la facilité de mise en oeuvre;
- f) la rapidité de mesure.

Ces méthodes ainsi que leurs avantages et leurs inconvénients sont décrites en 6.4 de manière à faciliter une compréhension globale des procédures de base entrant en jeu dans chacune des méthodes. L'«équipement à l'essai» peut alors être soit un seul sous-système, par exemple un amplificateur à faible bruit, soit un ensemble de sous-systèmes, par exemple un amplificateur à faible bruit suivi d'un convertisseur abaisseur de fréquence.

6.4 Méthode de mesure

Les méthodes de mesure du facteur de bruit sont présentées dans les paragraphes suivants. La température équivalente de bruit peut, le cas échéant, être calculée par l'équation (7-1) donnée en 6.2.

Toutes les mesures sont fondées sur des méthodes selon lesquelles on applique soit un signal de bruit à large bande soit un signal sinusoïdal permanent sur l'entrée de l'équipement à l'essai et on enregistre l'augmentation de la puissance de sortie provoquée par le signal ainsi appliqué. Le facteur de bruit est alors obtenu par calcul ou par lecture directe de l'indicateur, suivant la méthode spécifique employée, expliquée ci-après.

6.4.1 Méthode du facteur Y

Un couple de générateurs de bruit aléatoire et un wattmètre sont reliés à l'équipement à l'essai comme présenté sur la figure 7. L'un des générateurs de bruit, qualifié de «chaud», produit une température de bruit, T_h , plus élevée que celle de l'autre générateur, qualifié de «froid», dont la température de bruit est T_c .

NOTE 1 – Le terme «générateur de bruit "chaud" ou "froid"» correspond à la différence relative des températures de bruit entre les générateurs. Le générateur de bruit peut être une simple charge adaptée à la température ambiante.

Exemples de générateurs de bruit froid et chaud:

froid: une charge adaptée refroidie dans l'azote liquide;

chaud: une charge adaptée chauffée dans un four, une diode saturée en courant ou un tube à gaz.

Les générateurs de bruit chaud et froid fournissent des puissances de bruit disponibles connues à l'équipement à l'essai. Les niveaux de puissance de bruit en sortie de l'équipement à l'essai sont mesurés par le wattmètre. Le facteur Y est le rapport entre les deux niveaux de puissance de bruit en sortie correspondant aux deux conditions en entrée. T_E et F sont calculés à partir du facteur Y mesuré et des températures de bruit connues des deux sources de bruit.

Cette méthode peut procurer une grande précision, et des incertitudes de mesure aussi faibles que 1 % (0,04 dB) peuvent être obtenues dans les meilleures conditions. Les incertitudes typiques de mesure sont comprises entre 2 % (0,1 dB) et 8 % (0,36 dB). Cette méthode est donc généralement préférée lorsqu'une très grande précision est requise.