NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60510-2-7

Première édition
First edition
1989-01

Méthodes de mesure pour les équipements radioélectriques utilisés dans les stations terriennes de télécommunication par satellites

Deuxième partie:
Mesures sur les sous-ensembles
Section sept – Amplificateur de forte puissance

Methods of measurements for radio equipment used in satellite earth stations

Part 2:
Measurements for sub-systems
Section Seven – High-power amplifier

Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60510-2-7: 1989

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

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.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60510-2-7

Première édition
First edition
1989-01

Méthodes de mesure pour les équipements radioélectriques utilisés dans les stations terriennes de télécommunication par satellites

Deuxième partie:
Mesures sur les sous-ensembles
Section sept – Amplificateur de forte puissance

Methods of measurements for radio equipment used in satellite earth stations

Part 2:
Measurements for sub-systems
Section Seven – High-power amplifier

© IEC 1989 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 3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 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 N

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

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

SOMMAIRE

Pages

PREAMBULE 4

PREFACE 4

SECTION SEPT - AMPLIFICATEUR DE FORTE PUISSANCE

Articles

1. Domaine d'application 6
2. Puissance d'entrée et de sortie 6
3. Affaiblissement d'adaptation 6
4. Gain en puissance 8
5. Signaux parasites 8
6. Puissance de sortie 8
7. Rendement 8
8. Caractéristique amplitude/fréquence 10
9. Caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence 10
10. Modulation résiduelle 12
11. Facteur de conversion modulation d'amplitude/modulation de phase 16
12. Rapport d'intermodulation multiporteuses 16
13. Facteur de bruit 16
14. Contrôle automatique de niveau (c.a.n.) 18
15. Stabilité du gain 18
16. Radiation ionisante 20
17. Rayonnement aux radiofréquences (rayonnement de l'armoire) .. 22

FIGURES 26

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

CONTENTS

Page

FOREWORD 5

PREFACE 5

SECTION SEVEN - HIGH POWER AMPLIFIER

Clause

1. Scope 7
2. Input and output power 7
3. Return loss 7
4. Power gain 9
5. Spurious signals 9
6. Output power 9
7. Efficiency 9
8. Amplitude/frequency characteristic 11
9. Group-delay/frequency characteristic 11
10. Residual modulation 13
11. Amplitude modulation/phase modulation conversion factor 17
12. Multi-carrier intermodulation ratio 17
13. Noise figure 17
14. Automatic levelling control (a.l.c.) 19
15. Gain stability 19
16. Ionizing radiation 21
17. Stray r.f. emission (cabinet radiation) 23

FIGURES 26

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

METHODES DE MESURE POUR LES EQUIPEMENTS RADIOELECTRIQUES UTILISES DANS LES STATIONS TERRIENNES DE TELECOMMUNICATION PAR SATELLITES

Deuxième partie: Mesures sur les sous-ensembles

Section sept - Amplificateur de forte puissance

PREAMBULE

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 voeu 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.

PREFACE

La présente norme 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 norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
12E(BC)98	12E(BC)109

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

La publication suivante de la CEI est citée dans la présente norme:

Publication n° 510-1-2 (1984): Méthodes de mesure pour les équipements radioélectriques utilisés dans les stations terriennes de télécommunication par satellites, Première partie: Mesures communes aux sous-ensembles et à leurs combinaisons. Section deux - Mesures aux fréquences radioélectriques.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METHODS OF MEASUREMENT FOR RADIO EQUIPMENT USED IN SATELLITE EARTH STATIONS

Part 2: Measurements for sub-systems

Section Seven - High-power amplifier

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.

PREFACE

This standard 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 standard is based on the following documents:

Six Months' Rule	Report on Voting
12E(CO)98	12E(CO)109

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

The following IEC publication is quoted in this standard:

Publication No. 510-1-2 (1984): Methods of measurement for radio equipment used in satellite earth stations, Part 1: Measurements common to sub-systems and combinations of sub-systems. Section Two - Measurements in the r.f. range.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

METHODES DE MESURE POUR LES EQUIPEMENTS RADIOELECTRIQUES UTILISES DANS LES STATIONS TERRIENNES DE TELECOMMUNICATION PAR SATELLITES

Deuxième partie: Mesures sur les sous-ensembles

SECTION SEPT - AMPLIFICATEUR DE FORTE PUISSANCE

1. Domaine d'application

La présente section définit et décrit les mesures normalement effectuées sur les amplificateurs de forte puissance utilisés dans les émetteurs de station terrienne de télécommunication par satellites.

2. Puissance d'entrée et de sortie

Se reporter à la Première partie, section deux de cette publication: Mesures aux fréquences radioélectriques.

3. Affaiblissement d'adaptation

Se reporter à la Première partie, section deux de cette publication: Mesures aux fréquences radioélectriques.

Les mesures doivent être effectuées dans les deux conditions, "chaud" et "froid" (voir note ci-dessous).

Quand on mesure l'affaiblissement d'adaptation d'entrée à chaud, des précautions doivent être prises afin d'éviter d'amener l'amplificateur au-delà de la puissance maximale de sortie spécifiée.

Quand on mesurera l'affaiblissement d'adaptation de sortie à chaud, l'amplificateur à l'essai ne devra pas être excité et l'entrée devra être fermée par une charge ayant les caractéristiques spécifiées.

Note.- Quand les termes "chaud" et "froid" sont indiqués, "chaud" signifie que toutes les tensions sont appliquées aux électrodes.

"Froid" signifie qu'aucune tension n'est appliquée aux électrodes. La mesure de sortie à chaud implique qu'il n'est pas appliqué de puissance d'entrée à l'amplificateur.

La charge de sortie est habituellement spécifiée en fonction de deux valeurs de rapport d'ondes stationnaires (r.o.s.), c'est-à-dire une valeur maximale qui évite une panne catastrophique de l'amplificateur à l'essai et une autre valeur (maximale) qui permettra à l'amplificateur de tenir la réponse gain/fréquence spécifiée.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METHODS OF MEASUREMENT FOR RADIO EQUIPMENT USED IN SATELLITE EARTH STATIONS

Part 2: Measurements for sub-systems

SECTION SEVEN - HIGH-POWER AMPLIFIER

1. Scope

This section defines and describes the measurements normally made on high-power amplifiers used in satellite earth station transmitters.

2. Input and output power

See Part 1, Section Two of this publication: Measurements in the r.f. range.

3. Return loss

See Part 1, Section Two of this publication: Measurements in the r.f. range.

Measurements shall be made under both "hot" and "cold" conditions (see note below).

When measuring the "hot" input return loss, care needs to be taken to avoid driving the amplifier beyond the specified maximum output power.

When measuring the "hot" output return loss, the amplifier under test shall not be driven and the input port shall be terminated with a load having the specified characteristics.

Note.- Where "hot" and "cold" values are specified "hot" means that all electrode voltages are applied.

"Cold" means that no electrode voltages are applied. The hot output measurement implies that no input power is applied to the amplifier.

The output load is usually specified in terms of two voltage standing-wave ratio (v.s.w.r.) values, i.e. an upper limiting value which will avoid catastrophic failure of the amplifier under test and another upper limiting value that will permit the amplifier to meet the specified gain/frequency response.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

4. Gain en puissance

Se reporter à la Première partie, section deux de cette publication: Mesure aux fréquences radioélectriques.

Les amplificateurs de forte puissance présentent habituellement une caractéristique de transfert de puissance à forte non-linéarité. Pour cette raison, les valeurs de gain en puissance sont données au moins pour deux conditions:

- puissance de sortie à petit signal, et
- puissance de sortie à saturation.

Le gain à petit signal est celui qui est obtenu quand l'amplificateur est en fonctionnement dans la partie linéaire de la caractéristique puissance d'entrée/puissance de sortie.

Note.- Pour un amplificateur utilisant un tube à ondes progressives ou un klystron, la caractéristique de transfert est linéaire quand la puissance d'entrée est de 15 à 20 dB plus faible que nécessaire pour amener l'amplificateur à sa puissance de sortie à saturation.

5. Signaux parasites

Se reporter à la Première partie, section deux de cette publication: Mesures aux fréquences radioélectriques.

6. Puissance de sortie

Se reporter à la Première partie, section deux de cette publication: Mesures aux fréquences radioélectriques.

La puissance de sortie (niveau) est la puissance délivrée par l'amplificateur à l'essai dans une charge adaptée à l'impédance caractéristique nominale de la ligne de transmission de cet amplificateur.

Des précautions particulières doivent être prises pour éviter d'englober dans la mesure de puissance celle de signaux inutiles, tels que les harmoniques de la fréquence utile. Un filtre passe-bas, de pertes d'insertion connues à la fréquence de la mesure, doit être connecté entre l'appareil de mesure de puissance et le point de mesure.

Note.- Certains amplificateurs peuvent subir des dommages s'ils sont amenés à la puissance de sortie à saturation. Ainsi, il peut être nécessaire de limiter le niveau d'excitation pendant cette mesure.

7. Rendement

Le rendement d'un amplificateur est donné par le rapport entre la puissance nominale de sortie et la puissance totale alternative consommée, y compris la puissance nécessaire pour les échangeurs de chaleur ou les équipements de refroidissement à air forcé. Le rendement est exprimé sous forme d'un pourcentage.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

4. Power gain

See Part 1, Section Two of this publication: Measurements in the r.f. range.

High-power amplifiers usually exhibit a highly non-linear power transfer characteristic. For this reason, power gain values are given under at least two conditions:

- small-signal output power, and
- saturated output power.

The small-signal gain is the gain which is obtained when the amplifier is being operated in the linear portion of the input power/output power characteristic.

Note.- For an amplifier employing a travelling-wave tube or a klystron, the transfer characteristic is linear when the input power is 15 to 20 dB less than that required to drive the amplifier to saturated power output.

5. Spurious signals

See Part 1, Section Two of this publication: Measurements in the r.f. range.

6. Output power

See Part 1, Section Two of this publication: Measurements in the r.f. range.

Output power (level) is the power delivered by the amplifier under test to a load matched to the nominal transmission line characteristic impedance of the amplifier.

Special care shall be taken to avoid including in the measurement of power the measurement of non-useful signals such as harmonics of the desired frequency. A low-pass filter of known insertion loss at the measurement frequency shall be connected between the power meter and the measurement point.

Note.- Some amplifiers are subject to damage if driven to saturated output power, therefore it may be necessary to limit the drive level during this measurement.

7. Efficiency

The efficiency of an amplifier is given by the rated output power divided by the total a.c. input power, including the power required for heat exchangers or air-cooling equipment, and is expressed as a percentage.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

La puissance de sortie à saturation ne doit pas être utilisée comme référence.

Note.- Pour les amplificateurs utilisant des tubes à ondes progressives ou des klystrons, le rendement du tube est aussi intéressant. Celui-ci est le rapport entre puissance nominale de sortie et puissance totale d'alimentation de tube, et il est exprimé sous forme de pourcentage.

Les mesures sont faites conformément aux conditions de référence normalisées données dans la Première partie de cette publication: Généralités.

8. Caractéristique amplitude/fréquence

Se reporter à la Première partie, section deux de cette publication: Mesures aux fréquences radioélectriques.

Dans quelques cas, cependant, il peut être nécessaire de mesurer la caractéristique amplitude/fréquence avec un niveau du signal de sortie constant, plutôt qu'avec un niveau du signal d'entrée constant, bien que ce soit de ce dernier cas dont on a le plus habituellement besoin.

Dans les deux cas, puisque les amplificateurs de forte puissance sont non linéaires, la puissance de sortie doit être spécifiée.

Une méthode de vobulation est recommandée, mais on doit faire attention et s'assurer que, quand on déplace la fréquence dans la bande utile avec une puissance d'entrée constante, la puissance de sortie ne dépasse pas la valeur recommandée pour un fonctionnement sûr de l'amplificateur à l'essai.

9. Caractéristique temps de propagation de groupe/fréquence

Se reporter à la Première partie, section deux de cette publication: Mesures aux fréquences radioélectriques.

Les méthodes en modulation d'amplitude (m.a.) ou de fréquence (m.f.) peuvent être utilisées, mais certaines précautions doivent être prises si les mesures sont faites dans la région de non-linéarité de l'amplificateur.

La méthode en m.a. a l'avantage que les mesures soient effectuées directement à la fréquence de sortie et que les effets des mélangeurs d'émission, mélangeurs de réception et amplificateurs f.i. n'aient pas besoin d'être pris en compte.

D'un autre côté, une mesure à la puissance de sortie à saturation tendra à éliminer la modulation d'amplitude avec pour résultat l'introduction d'erreurs.

Quand la méthode en m.f. est utilisée, l'équipement de mesure opère typiquement en fréquence intermédiaire. Cette dernière doit être convertie à la fréquence de l'amplificateur de forte puissance, tandis que le signal de sortie à mesurer doit être converti en fréquence

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Saturation output power shall not be used as a reference.

Note.- For amplifiers employing travelling-wave tubes or klystrons, the beam efficiency is also of interest. This is the rated output power divided by the total beam power, and is expressed as a percentage.

Measurements are made at standard reference conditions given in Part 1 of this publication: General.

8. Amplitude/frequency characteristic

See Part 1, Section Two of this publication: Measurements in the r.f. range.

In some cases, it may be necessary to measure the amplitude/ frequency characteristic with constant output signal level rather than with constant input signal level, although the latter is the more usual requirement.

In either case, since high-power amplifiers are non-linear, the output power needs to be specified.

A sweep-frequency method is recommended but care shall be taken to ensure that when sweeping the frequency across the band of interest with constant input power, the output power does not exceed the value recommended for safe operation of the amplifier under test.

9. Group-delay/frequency characteristic

See Part 1, Section Two of this publication: Measurements in the r.f. range.

The a.m. or f.m. methods may be used but certain precautions need to be taken if measurements are to be made in the non-linear region of the amplifier.

The a.m. method has the advantage that measurements are made directly at the output frequency and the effects of up-converters, down-converters and i.f. amplifiers need not be taken into account.

On the other hand, a measurement at saturation output power will tend to remove the amplitude modulation with the result that errors will be introduced.

When the f.m. method is used, the measurement equipment typically operates at an intermediate frequency which has to be up-converted to the frequency of the high-power amplifier and the test signal from its output converted back to the intermediate frequency. With some types

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

intermédiaire. Avec certains amplificateurs, l'équipement de mesure est susceptible d'introduire un temps de propagation de groupe du même ordre que celui à mesurer. Il est donc essentiel d'effectuer la mesure avec et sans l'amplificateur placé dans le montage d'essai.

Les mesures et la présentation des résultats doivent couvrir les largeurs de bande et les bandes de fréquences correspondant à celles du répondeur du satellite avec lequel l'amplificateur sera utilisé.

Le déphasage des amplificateurs de forte puissance dépend du niveau de la puissance d'excitation, et il est donc important que le niveau d'excitation reste constant dans la bande de vobulation. Quand on utilise la méthode en m.a., le niveau d'excitation peut être contrôlé convenablement en utilisant un dispositif de régulation de niveau de l'onde directe provenant du vobulateur. Ce dispositif reçoit sa tension de référence d'un coupleur directif placé à l'entrée de l'amplificateur à l'essai.

10. Modulation résiduelle

10.1 *Considérations générales*

Les valeurs résiduelles de modulation d'amplitude, de fréquence ou de phase (m.p.) à la sortie d'un amplificateur dépendent du degré de filtrage qui a été utilisé dans les alimentations.

Note.- La modulation résiduelle due au bruit erratique n'est pas significative pour les amplificateurs de forte puissance.

La modulation d'amplitude est importante à cause des effets de conversion m.a./m.p. dans les équipements qui suivent, tels que les amplificateurs de satellite.

10.2 *Méthodes de mesure*

10.2.1 *Modulation d'amplitude résiduelle*

Pour la mesure d'une modulation d'amplitude résiduelle, l'amplificateur est raccordé à un détecteur à travers un coupleur directif approprié. Le détecteur est lui-même couplé à un analyseur d'ondes basse fréquence qui permettra l'identification et la mesure des fréquences et harmoniques issues de l'alimentation qui apparaissent à la sortie du détecteur.

Il est nécessaire de s'assurer que le détecteur n'est pas surchargé.

La tension continue de sortie du détecteur est mesurée de façon à obtenir le rapport entre la modulation d'amplitude résiduelle et le niveau de porteuse non modulée.

10.2.2 *Modulation de fréquence résiduelle*

Pour la mesure de la m.f. résiduelle, l'amplificateur est couplé à travers un coupleur directif approprié à un convertisseur et un démodulateur qui a été calibré en excursion de fréquence.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

of amplifier the measurement equipment is liable to introduce a delay of the same order as that to be measured. It is essential therefore to make the measurement with and without the high-power amplifier in circuit in the test arrangement.

The measurements and presentation of results shall be over bands and frequency ranges corresponding to the satellite transponders with which the amplifier will be used.

The phase shift through high-power amplifiers is dependent upon the r.f. drive level and it is important therefore that the drive level be kept constant over the sweep-frequency range. When using the a.m. method, the drive level can be controlled conveniently by using a power-levelling device acting directly on the sweep-frequency generator signal. This device derives its reference voltage from a directional coupler placed at the input of the amplifier under test.

10. Residual modulation

10.1 *General considerations*

The values of residual amplitude, frequency or phase-modulation at the output of an amplifier are related to the degree of filtering that has been used in the power supplies.

Note.- Residual modulation due to random noise is not significant in high-power amplifiers.

Amplitude modulation is of importance because of a.m./p.m. conversion effects in any subsequent equipment such as the amplifiers in the satellite.

10.2 *Methods of measurement*

10.2.1 *Residual amplitude modulation*

For the measurement of residual a.m., the amplifier is coupled through an appropriate directional coupler to a diode detector. The diode detector is, in turn, coupled to a low-frequency wave-analyzer which will permit identification and measurement of the power supply frequencies and harmonics appearing at the output of the detector.

It is necessary to ensure that the diode detector is not overloaded.

The d.c. output voltage from the detector is measured in order to obtain the ratio of residual a.m. to the unmodulated carrier level.

10.2.2 *Residual frequency modulation*

For the measurement of residual f.m., the amplifier is coupled through an appropriate directional coupler to a down-converter and demodulator which has been calibrated for f.m. sensitivity.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

La sortie en bande de base du démodulateur est couplée à un analyseur d'ondes ou à un voltmètre sélectif ayant une largeur de bande connue, par exemple 4 kHz, et les mesures sont faites de 12 kHz à la fréquence maximale de la bande de base.

10.2.3 *Modulation de phase résiduelle*

La mesure de la m.p. résiduelle se fait en utilisant un mélangeur et un démodulateur calibré qui a sa sortie raccordée à un analyseur d'ondes ayant une largeur de bande de 20 Hz, et les mesures sont faites dans la gamme de fréquences de 50 Hz à 20 kHz.

10.3 *Présentation des résultats*

Les résultats de mesure de la m.a. résiduelle doivent être présentés sous la forme de rapport entre la m.a. résiduelle et la porteuse non modulée comme indiqué ci-dessous:

$$\text{m.a. résiduelle} = 20 \log_{10} \frac{0{,}707\ E_{dc}}{E_{eff}} \qquad (10\text{-}1)$$

où:

E_{eff} est la valeur efficace de la tension mesurée par l'analyseur d'ondes pour chaque raie du spectre du signal détecté et où E_{dc} est la tension continue, y compris la composante indésirable, correspondant au point où s'effectue la mesure.

Les résultats de mesure de la m.f. résiduelle doivent être présentés sous la forme du rapport entre la m.f. résiduelle et une excursion efficace de référence, par exemple 200 kHz comme indiqué ci-dessous:

$$f_{eff} = 200 \times 10^{\frac{(L_{bruit} - L_{réf})}{20}} \text{ kHz} \qquad (10\text{-}2)$$

où:

L_{bruit} est le niveau en dB lu au voltmètre sélectif et $L_{réf}$ est le niveau à la fréquence considérée lu au voltmètre sélectif, lorsque l'excursion est de 200 kHz.

Les résultats de mesure de la m.p. résiduelle doivent être donnés en valeur efficace et en degrés comme suit:

$$\text{m.p. résiduelle} = \frac{57{,}3\ f_{eff}}{f_m} \qquad (10\text{-}3)$$

où:

f_m est la fréquence mesurée en Hz et f_{eff} est donnée par l'équation (10-2).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The baseband output of the demodulator is coupled to a wave-analyzer or selective level meter having a known bandwidth, e.g. 4 kHz, and measurements are made from 12 kHz to the maximum base-band frequency.

10.2.3 *Residual phase modulation*

The measurement of residual p.m. is made using a down-converter and a calibrated demodulator with the output connected to a wave-analyzer having a bandwidth of 20 Hz and measurements are made in the range from 50 Hz to 20 kHz.

10.3 *Presentation of results*

The results of the residual a.m. measurement shall be presented as the ratio of the residual a.m. to the unmodulated carrier as follows:

$$\text{residual a.m.} = 20 \log_{10} \frac{0.707\ E_{dc}}{E_{rms}} \qquad (10\text{-}1)$$

where:

E_{rms} is the root mean square value of the voltage measured by the wave-analyzer for each spectral line of the detected signal, and E_{dc} is the d.c. voltage, including the unwanted component, corresponding to the point where the measurement is made.

The results of the residual f.m. measurement shall be presented as the ratio of the residual f.m. to a reference r.m.s. deviation, e.g. 200 kHz, as follows:

$$f_{rms} = 200 \times 10^{\frac{(L_{noise} - L_{ref})}{20}} \text{ kHz} \qquad (10\text{-}2)$$

where:

L_{noise} is the level in dB read off from the selective voltmeter, and L_{ref} is the level at the frequency under consideration read off from the selective voltmeter when there is a deviation of 200 kHz.

The results of the residual p.m. measurement shall be given in r.m.s. values and degrees as follows:

$$\text{residual p.m.} = \frac{57.3\ f_{rms}}{f_m} \qquad (10\text{-}3)$$

where:

f_m is the measurement frequency in Hz and f_{rms} is given in equation (10-2).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

10.4 *Détails à spécifier*

S'ils sont exigés, les détails suivants doivent être inclus dans le cahier des charges du matériel:

a) bruit résiduel permis de m.a.;
b) bruit résiduel permis de m.f.;
c) bruit résiduel permis de m.p.

11. Facteur de conversion modulation d'amplitude/modulation de phase

Se reporter à la Première partie, section deux de cette publication: Mesures aux fréquences radioélectriques.

Dans le cas d'amplificateurs à tube à ondes progressives ou à klystron, le déphasage à travers l'amplificateur est fonction de façon critique aussi bien de la tension faisceau que de la puissance d'entrée.

Quand la méthode de mesure statique est employée, il est important de déterminer si la tension faisceau varie avec le niveau d'excitation. Si c'est le cas, le facteur de correction pour la tension faisceau peut être déterminé en observant la variation de phase liée à la variation de tension faisceau lorsque la puissance d'excitation est maintenue constante.

12. Rapport d'intermodulation multiporteuses

Se reporter à la Première partie, section deux de cette publication: Mesures aux fréquences radioélectriques.

Le rapport d'intermodulation multiporteuses peut varier dans la bande de fonctionnement de l'amplificateur à l'essai; aussi l'essai doit-il être répété pour différents couples de fréquences.

Le rapport entre le produit d'intermodulation du troisième ordre et la porteuse peut être supposé varier de 2 dB pour 1 dB de variation de la puissance d'excitation quand l'amplificateur fonctionne bien en dessous de la saturation. Cependant, ce rapport n'est pas respecté pour des niveaux de sortie à la saturation ou presque et des mesures supplémentaires sont nécessaires dans cette région.

13. Facteur de bruit

13.1 *Méthode de mesure*

La sortie de l'amplificateur à l'essai est connectée à travers un filtre passe-bande de largeur de bande connue à un appareil de mesure de puissance. La caractéristique de la réponse amplitude/fréquence du filtre nécessite d'être suffisamment plate pour permettre une densité de bruit virtuellement constante à l'intérieur de la largeur de bande choisie. Celle-ci a besoin d'être assez large afin de s'assurer un niveau adéquat de bruit pour les mesures à effectuer. L'entrée de l'amplificateur est fermée sur une charge adaptée (à la température ambiante) et toutes les tensions sont appliquées sur les électrodes sans signal d'excitation.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

10.4 *Details to be specified*

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

a) permitted maximum residual a.m. noise;
b) permitted maximum residual f.m. noise;
c) permitted maximum residual p.m. noise.

11. Amplitude modulation/phase modulation conversion factor

See Part 1, Section Two of this publication: Measurements in the r.f. range.

In the case of travelling-wave tube or klystron amplifiers, the phase shift through the amplifier is a critical function of the beam voltage as well as the input power.

When the static method of measurement is used, it is important to determine whether the beam voltage changes with drive level. If this is the case, the correction factor for beam voltage change can be determined by observing the phase change with changing beam voltage when the drive power is held constant.

12. Multi-carrier intermodulation ratio

See Part 1, Section Two of this publication: Measurements in the r.f. range.

The multi-carrier intermodulation ratio may vary across the operating frequency range of the amplifier under test, so the test shall be repeated for several pairs of frequencies.

The third-order carrier-to-intermodulation-product ratio may be assumed to vary by about 2 dB for a 1 dB change in drive power when the amplifier is operated well below saturation. However, this relationship does not hold for output levels at or near saturation and additional measurements are necessary in this region.

13. Noise figure

13.1 *Method of measurement*

The output port of the amplifier under test is connected through a bandpass filter of known bandwidth to a power meter. The amplitude/frequency characteristic of the filter needs to be level enough to achieve a virtually constant noise density within the chosen bandwidth. The bandwidth chosen needs to be wide enough to ensure an adequate level of noise for measurement purposes. The amplifier input port is terminated with a matched load at ambient temperature and all electrode voltages are applied without the drive signal.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

La température de bruit T de l'amplificateur est alors donnée par:

$$T + 293 = \frac{P_o}{kBG} \qquad (13\text{-}4)$$

où:

P_o est la puissance de bruit en sortie, en watts

k est la constante de Boltzmann

B est la largeur de bande du filtre de sortie, en Hz

G est le gain à petit signal de l'amplificateur.

La température de bruit ayant été déterminée de cette façon, le facteur de bruit est donné par:

$$\text{facteur de bruit} = 10 \log_{10} \left(1 + \frac{T}{293}\right) \text{ dB} \qquad (13\text{-}5)$$

13.2 *Présentation des résultats*

Le facteur de bruit doit être exprimé en dB.

13.3 *Détails à spécifier*

Lorsque cette mesure est exigée, le détail suivant doit être inclus dans le cahier des charges du matériel et rappelé dans la présentation des résultats:

- facteur de bruit maximum permis, en dB.

14. Contrôle automatique de niveau (c.a.n.)

Quand un amplificateur est équipé d'un c.a.n., le fonctionnement de ce dispositif doit être mesuré en statique point par point. La mesure doit être effectuée dans la gamme spécifiée du niveau d'entrée.

15. Stabilité du gain

15.1 *Définition*

La stabilité du gain en puissance d'un amplificateur est la variation du gain pour un niveau de puissance de sortie spécifié et une fréquence spécifiée durant une période de temps définie.

La stabilité du gain est exprimée en dB.

Se reporter à la Première partie, section deux de cette publication: Mesures aux fréquences radioélectriques.

15.2 *Méthode de mesure*

Un dispositif de mesure approprié est indiqué à la figure 1.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The noise temperature T of the amplifier is then given by:

$$T + 293 = \frac{P_o}{kBG} \qquad (13\text{-}4)$$

where:

P_o is the output noise power in W

k is Boltzmann's constant

B is the bandwidth of output filter in Hz

G is the small-signal gain of the amplifier.

After the noise temperature has been determined in this manner, the noise figure is given by:

$$\text{noise figure} = 10 \log_{10} \left(1 + \frac{T}{293}\right) \text{dB} \qquad (13\text{-}5)$$

13.2 *Presentation of results*

The noise figure shall be presented in dB.

13.3 *Details to be specified*

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

- permitted maximum noise figure in dB.

14. Automatic levelling control (a.l.c.)

When an amplifier is fitted with a.l.c., the functioning of this device shall be tested statically point-by-point. The test shall be made within the specified input level range.

15. Gain stability

15.1 *Definition*

The power gain stability of an amplifier is the variation in gain at a specified output power level and frequency over a specified period of time.

Gain stability is expressed in dB.

See Part 1, Section Two of this publication: Measurements in the r.f. range.

15.2 *Method of measurement*

A suitable measuring arrangement is shown in Figure 1.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Après que l'amplificateur à l'essai a atteint la stabilité thermique, un signal de niveau et de fréquence spécifiés est appliqué à l'entrée, et la puissance de sortie est réglée au niveau spécifié. Les paramètres à mesurer sont enregistrés sur un enregistreur multicanaux pendant une période de temps spécifiée. Ces paramètres sont:

- niveau de puissance de sortie;
- niveau de puissance d'entrée;
- tension(s) d'alimentation;
- tension(s) des électrodes de l'amplificateur;
- température ambiante;
- température du radiateur de l'amplificateur (quand cela est applicable).

15.3 *Présentation des résultats*

Les paramètres donnés dans l'article précédent doivent être en permanence enregistrés pendant l'intervalle ou les intervalles de temps spécifié(s) et les résultats présentés sous la forme d'enregistrements XY multipistes.

15.4 *Détails à spécifier*

Lorsque ces mesures sont exigées, les détails suivants doivent être spécifiés dans le cahier des charges du matériel et rappelés dans la présentation des résultats:

a) fréquence du signal d'essai d'entrée;

b) niveau du signal d'essai d'entrée;

c) puissance de sortie;

d) conditions d'environnement;

e) période de temps pendant laquelle les mesures sont à effectuer.

16. Radiation ionisante

16.1 *Définition et considérations générales*

Une radiation ionisante est toute radiation qui possède une énergie suffisante pour produire des ions dans la matière où elle se propage.

Le type de radiation ionisante le plus probablement émis par un amplificateur de forte puissance est le rayon X. Cela est possible seulement quand la différence de potentiel entre les électrodes à l'intérieur du tube amplificateur dépasse 5 kV.

Les unités de mesure SI suivantes sont couramment utilisées:

- gray, unité de radiation. Un gray, Gy, correspond à la quantité de radiation nécessaire pour dissiper 1 J d'énergie dans 1 kg de corps (un rad est égal à 10^{-2} Gy).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

After the amplifier under test has attained thermal stability, a signal of specified level and frequency is applied to the input port and the output power is adjusted to the specified level. The parameters to be measured are recorded on a multi-track recorder for a specified period of time. These parameters are:

- output power level;
- input power level;
- power supply voltage(s);
- amplifier electrode voltage(s);
- ambient temperature;
- amplifier coolant temperature (where applicable).

15.3 *Presentation of results*

The parameters given in the preceding clause shall be continuously recorded during the specified time interval(s) and the results presented as multi-track XY recordings.

15.4 *Details to be specified*

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

a) input test-signal frequency;
b) input test-signal level;
c) output power;
d) environmental conditions;
e) period of time during which measurements are to be made.

16. Ionizing radiation

16.1 *Definition and general considerations*

Ionizing radiation is that radiation which possesses sufficient energy to produce ions in the material through which it travels.

The type of ionizing radiation most likely to be emitted from a high-power amplifier is X-ray radiation. This is possible only when the potential difference across the electrodes within the amplifier tube exceeds 5 kV.

The following SI measurement units are in common use:

- gray, abbreviated Gy, corresponds to the quantity of radiation necessary to dissipate 1 J of energy per kg of body tissue (one rad is 10^{-2} Gy);

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

- sievert, Sv, qui est l'équivalent du gray dans le cas des rayons X (un rem est égal à 10^{-2} Sv). Le rem est l'équivalent du rad dans le cas des rayons X.

La valeur de la dose maximale permise est habituellement exprimée en µGy/h ou en µSv/h.

16.2 *Méthode de mesure*

La figure 2 donne un dispositif de mesure approprié.

A noter cependant que le récepteur radiofréquence et l'oscilloscope ne sont pas utilisés dans ce cas.

Les mesures sont effectuées avec l'amplificateur de forte puissance fonctionnant à la puissance de saturation et sont répétées sans signal d'excitation. Chaque mesure est faite avec la chambre d'ionisation à une distance de 5 cm de toutes les pièces de l'amplificateur à l'essai qui sont accessibles aux exploitants et/ou au personnel de maintenance.

16.3 *Présentation des résultats*

Tous les niveaux significatifs de radiation, c'est-à-dire ceux qui approchent le niveau maximal spécifié, doivent être notés en même temps que la ou les position(s) de la chambre d'ionisation.

16.4 *Détail à spécifier*

Lorsque cette mesure est exigée, le détail suivant doit être inclus dans le cahier des charges du matériel et rappelé dans la présentation des résultats:

- niveau maximal permis de radiation ionisante en µGy/h.

17. **Rayonnement aux radiofréquences** (rayonnement de l'armoire)

17.1 *Définition*

Le rayonnement radiofréquence, ou rayonnement de l'armoire, est formé des radiations radiofréquence non ionisantes émises de l'armoire ou de toute autre enveloppe de l'amplificateur de forte puissance, qui ne sont pas absorbées par la charge radiofréquence connectée à la sortie de l'amplificateur.

17.2 *Méthode de mesure*

La figure 2 donne un dispositif de mesure approprié.

Un signal d'essai d'un niveau suffisant pour amener l'amplificateur à l'essai dans la zone de saturation est vobulé dans la bande passante de l'amplificateur. Une antenne de mesure du type cornet, qui est connectée à un récepteur et à un oscilloscope de contrôle, est passée sur toutes les surfaces de l'amplificateur qui sont accessibles pendant l'exploitation. Le récepteur et l'écran de l'oscilloscope sont calibrés pour lire le niveau de puissance radiofréquence dans la bande à mesurer.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

- sievert, abbreviated Sv, the dose equivalent to the gray, i.e. a special name for the joule per kilogram (one rem, röntgen man equivalent, is a special name for 10^{-2} Sv. The rem is equivalent to the rad in the case of X-rays).

The maximum permissible dose rate can be expressed in units of μGy/h or μSv/h.

16.2 *Method of measurement*

A suitable measuring arrangement is shown in Figure 2.

Note however that the r.f. receiver and the oscilloscope are not used in this case.

Measurements are made with the high-power amplifier operating at saturation power and are repeated with the drive signal removed. Each measurement is made with the ionization chamber at a distance of 5 cm from all parts of the amplifier under test which are accessible to operating and/or maintenance personnel.

16.3 *Presentation of results*

Any significant radiation levels, i.e. those approaching the specified maximum level, shall be recorded together with the location(s) of the ionization chamber.

16.4 *Details to be specified*

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

- permitted maximum level of ionizing radiation in μGy/h.

17. Stray r.f. emission (cabinet radiation)

17.1 *Definition*

Stray r.f. emission or cabinet radiation is the non-ionizing r.f. radiation emanating from the cabinet, or other enclosure of the high-power amplifier, which is not absorbed by the r.f. load connected to the port of the amplifier.

17.2 *Method of measurement*

A suitable measuring arrangement is shown in Figure 2.

A test signal of sufficient level to drive the amplifier under test into saturation is swept across the passband of the amplifier. A test horn antenna connected to a receiver and a monitoring oscilloscope is passed over all areas of the amplifier which are accessible during operation. The receiver and oscilloscope display are calibrated to read r.f. power level over the band to be measured.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Note.- N'importe quelle transformation de la structure physique de l'amplificateur peut entraîner un changement du diagramme de rayonnement. Dans ce cas, les mesures devront être répétées pour toutes les conditions qui pourraient être trouvées pendant l'utilisation de l'équipement.

17.3 *Présentation des résultats*

Tous les niveaux significatifs de radiation, c'est-à-dire ceux qui approchent le niveau maximal spécifié, doivent être notés en même temps que la fréquence du signal et la position précise du cornet de mesure. La puissance surfacique de la radiation est exprimée en mW/cm^2 et est donnée par le rapport entre le niveau de puissance à la sortie du cornet et l'ouverture effective du cornet.

Note.- Les normes nationales donnant les niveaux admissibles de rayonnement radiofréquence varient mais sont généralement dans la gamme 1 à 10 mW/cm^2.

17.4 *Détails à spécifier*

Lorsque ces mesures sont exigées, les détails suivants doivent être spécifiés dans le cahier des charges du matériel et rappelés dans la présentation des résultats:

- niveau admissible de rayonnement radiofréquence (rayonnement de l'armoire), exprimé en mW/cm^2;
- bande de fréquence dans laquelle les mesures doivent être effectuées.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Note.- Any alteration of the physical structure of the amplifier may cause changes in the radiation pattern. In such cases, the measurement needs to be repeated for all conditions which might be encountered during use of the equipment.

17.3 *Presentation of results*

Any significant radiation levels, i.e. those approaching the maximum specified level, shall be recorded together with the signal frequencies and the precise location of the test horn. The power density of the radiation is expressed in mW/cm^2 and is given by the power level at the output of the horn divided by the effective aperture of the horn.

Note.- National standards for the permissible levels of stray r.f. radiation vary but are generally in the range 1 to 10 mW/cm^2.

17.4 *Details to be specified*

The following shall be included in the detailed equipment specification:

- permitted level of stray (cabinet) r.f. radiation expressed in mW/cm^2;
- frequency range within which measurements are to be made.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

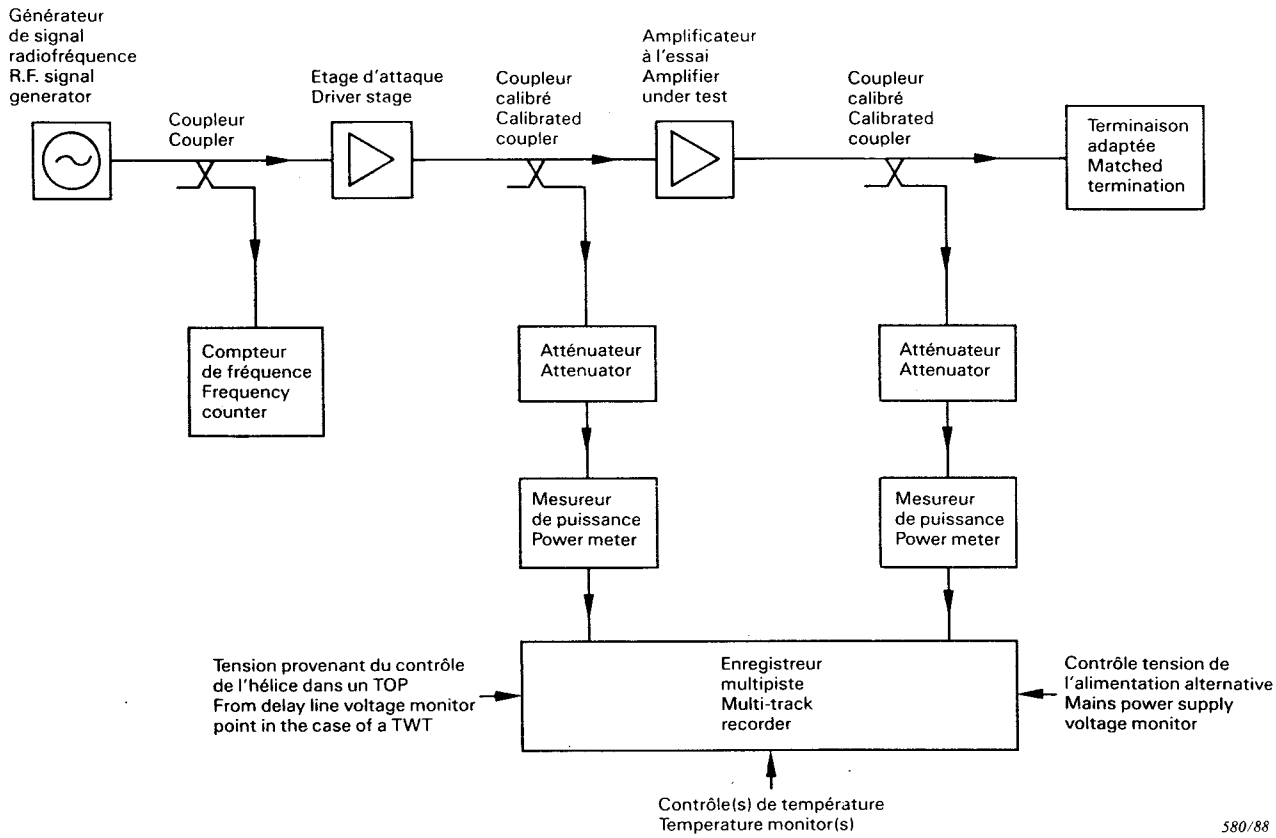
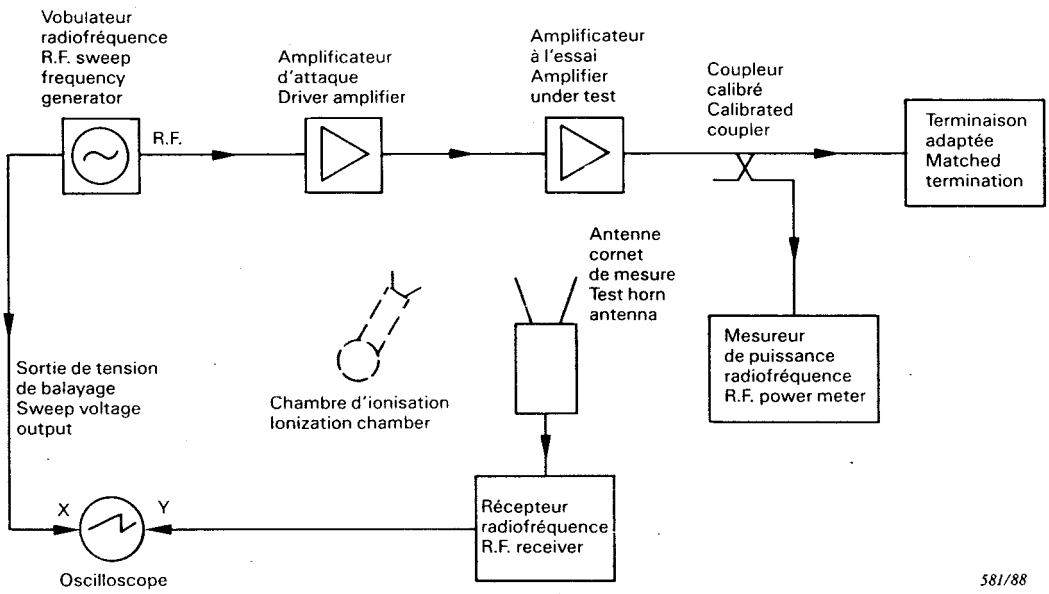


Fig. 1. - Dispositif pour la mesure de stabilité du gain.
Arrangement for gain stability measurement.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale



Note.- Pour la mesure des rayons X, remplacer le cornet de mesure, le récepteur et l'oscilloscope par la chambre d'ionisation calibrée à l'aide d'une source radioactive appropriée et étalonnée.

For X-ray measurement, substitute test horn, receiver and oscilloscope with ionization chamber calibrated against a suitable standard radioactive source.

Fig. 2.- Dispositif pour les mesures de rayonnement parasite à radiofréquence et de rayons X.

Arrangement for stray r.f. and X-ray radiation measurements.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

--`,,,``,,-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

ICS 33.060.30

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale