

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Cable assemblies, cables, connectors and passive microwave components –
Screening attenuation measurement by the reverberation chamber method**

**Câbles, cordons, connecteurs et composants hyperfréquence passifs – Mesure
de l'affaiblissement d'écran par la méthode de la chambre réverbérante**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61726:2015



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Cable assemblies, cables, connectors and passive microwave components –
Screening attenuation measurement by the reverberation chamber method**

**Câbles, cordons, connecteurs et composants hyperfréquence passifs – Mesure
de l'affaiblissement d'écran par la méthode de la chambre réverbérante**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.120.10; 33.120.30

ISBN 978-2-8322-4922-2

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD	3
1 Scope	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Basic description of the reverberation chamber method	5
5 Measurement of the screening attenuation of the device under test (DUT)	6
6 Description of the test set-up	6
6.1 Reverberation chamber	6
6.2 Mode stirrer	7
6.3 Antennas	7
6.4 Test equipment	7
6.5 Device under test (DUT)	7
6.6 Linking devices	8
7 Measurement procedure	8
7.1 General	8
7.2 Measurement of the DUT	9
7.2.1 General	9
7.2.2 Standard measurement	9
7.2.3 Fast measurement	9
7.3 Measurement of the insertion loss of the cavity	10
7.4 Control of the test set-up	10
7.4.1 Dynamic range	10
7.4.2 Insertion loss of the chamber	11
7.4.3 Measurement of a calibrator	11
7.4.4 Measurement of lossy DUT	11
7.5 Revolution speed of the mode stirrer	11
7.6 Test frequencies	11
7.7 Voltage standing wave ratio (VSWR)	12
8 Evaluation of the test results	12
Annex A (informative) Relationship between transfer impedance and screening attenuation	13
Annex B (informative) Example of a calibrator	14
Bibliography	16
Figure 1 – Example of a test set-up	7
Figure B.1 – Basic construction details	14

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**CABLE ASSEMBLIES, CABLES, CONNECTORS AND PASSIVE
MICROWAVE COMPONENTS –
SCREENING ATTENUATION MEASUREMENT BY THE
REVERBERATION CHAMBER METHOD**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61726 has been prepared by IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, R.F. connectors, R.F. and microwave passive components and accessories.

This bilingual version (2017-10) corresponds to the monolingual English version, published in 2015-09.

This third edition cancels and replaces the second edition, published in 1999. This edition constitutes a technical revision.

It takes into account the latest developments in the design of reverberation chambers as described in IEC 61000-4-21, which is also referencing this standard as a possible test method. Furthermore, an alternative measurement procedure is added which is able to reduce the measurement time needed.

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

FDIS	Report on voting
46/551/FDIS	46/569/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.

The French version of this standard has not been voted upon.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61726:2015

CABLE ASSEMBLIES, CABLES, CONNECTORS AND PASSIVE MICROWAVE COMPONENTS – SCREENING ATTENUATION MEASUREMENT BY THE REVERBERATION CHAMBER METHOD

1 Scope

The requirements of modern electronic equipment have indicated a demand for a method for testing screening attenuation of microwave components over their whole frequency range. Convenient test methods exist for low frequencies and components of regular shape. These test methods are described in the relevant IEC product specifications (e.g. IEC 62153-4-3). For higher frequencies and for components of irregular shape, a new test method has become necessary and such a test method is described in this International Standard.

This International Standard describes the measurement of screening attenuation by the reverberation chamber test method, sometimes named mode stirred chamber, suitable for virtually any type of microwave component and having no theoretical upper frequency limit. It is only limited toward low frequencies due to the size of the test equipment, which is frequency-dependent and is only one of several methods of measuring screening attenuation.

For the purpose of this standard, examples of microwave components are waveguides, phase shifters, duplexers/multiplexers, power dividers/combiners etc.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 61196-1, *Coaxial communication cables – Part 1: Generic specification – General, definitions and requirements*

IEC TS 62153-4-1 *Metallic communication cable test methods – Part 4-1: Electromagnetic compatibility (EMC) – Introduction to electromagnetic screening measurements*

IEC 61000-4-21, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-21: Testing and measurement techniques – Reverberation chamber test methods*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 61196-1 and IEC 61000-4-21 apply.

4 Basic description of the reverberation chamber method

The reverberation chamber method for measurement of the screening attenuation of microwave components consists of exposing the device under test (DUT) to an almost homogeneous and isotropic electromagnetic field and then measuring the signal level induced into the device.

These conditions are achieved by the use of a shielded enclosure, which acts as an oversized cavity (in terms of wavelength), with a high quality factor. Its boundary conditions are continuously agitated by a rotating reflective surface (mode stirrer), mounted within the chamber, which enables the field to approach homogeneous and isotropic conditions during one revolution.

Electromagnetic power is fed to the chamber by means of an input or transmitting antenna. The strength of the field inside the chamber is measured through a reference antenna. The ratio of the injected power (input antenna) to the received power (reference antenna) is the insertion loss of the cavity. The insertion loss is strongly frequency dependent and is also dependent on the quality factor of the cavity. More detailed explanation on the measurement facility can be found in IEC 61000-4-21.

It has been shown that, due to the isotropic field, any antenna placed inside the cavity behaves as if its gain was unity [2]¹, therefore no directional effect is to be expected. If the device under test is electrically short, its screening attenuation will be directly related to usual transfer parameters (Z_t and Z_f). If the device under test is not electrically short, the screening attenuation may still be related to Z_t and Z_f in some simple cases (evenly distributed leakage, periodically distributed leakage) using summing functions derived from antenna network theory.

5 Measurement of the screening attenuation of the device under test (DUT)

The measurement of screening attenuation is based on the comparison of the electromagnetic field power outside the DUT to the electromagnetic field power induced into the DUT. The screening attenuation is then defined as:

$$a_s = -10 \log_{10} \left(\frac{P_{DUT}}{P_{REF}} \right) \quad (1)$$

or

$$a_s = -10 \log_{10} \left(\frac{P_{DUT}}{P_{INJ}} \right) - \Delta_{ins} \quad (2)$$

where

P_{DUT} is the power coupled to the device under test (W);

P_{REF} is the power coupled to the reference antenna (W);

P_{INJ} is the power injected into the chamber (W);

Δ_{ins} is the insertion loss of the chamber in decibels (dB).

6 Description of the test set-up

6.1 Reverberation chamber

The used reverberation chamber shall be compliant to IEC 61000-4-21.

In general, a reverberation chamber is a shielded enclosure having any shape. A perfect cubic shape should be avoided for optimum performance at lower frequencies. It shall be made of conductive materials (copper, aluminium or steel) and shall not contain lossy materials. The size of the cavity depends on the lowest test frequency. For a sufficient test facility, a number of at least 100 modes need to be present at this frequency. The upper frequency limit depends

¹ Figures in square brackets refer to the Bibliography.

on the quality of the shielding enclosure and cables. Furthermore, the sensitivity of the used measurement instruments limits the maximum useable frequency.

6.2 Mode stirrer

The mode stirrer shall be large with respect to wavelength and be bent at angles to the walls of the chamber. The mode stirrer shall be at least two wavelengths from tip to tip at the lowest test frequency.

6.3 Antennas

The reverberation chamber is equipped with input and reference antennas. Both antennas shall present limited resonances in the frequency range and shall not introduce losses; their return loss shall be better than 6 dB.

For convenience, the same antenna should be kept for the whole frequency range. However, strongly polarised and directional antennas may disturb measurements due to lack of isotropic field state. This is checked during the calibration of the reverberation chamber according to IEC 61000-4-21.

6.4 Test equipment

The essential test equipment and components required for an automated screening attenuation measurement are shown in Figure 1. Preamplifiers, amplifiers and other control equipment may also be included in order to improve performance. The generator and the spectrum analyser shall have a common, highly stable frequency reference.

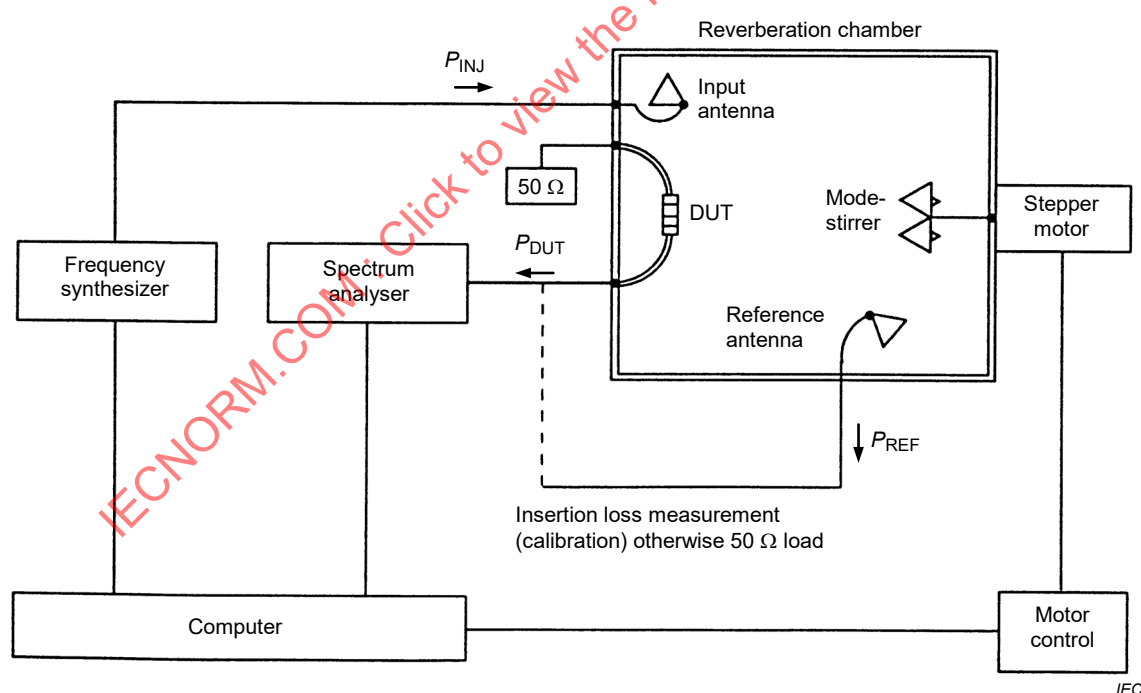


Figure 1 – Example of a test set-up

6.5 Device under test (DUT)

To avoid resonances, the DUT is inserted into a loop (made of semi-rigid coaxial cable) having a length of more than four wavelengths at minimum frequency. The other ports of the DUT should be terminated with matched loads having a screening attenuation at least 10 dB better than the DUT. The assembly is then placed inside the chamber in any orientation and location, the coupling zone being inside the area of homogeneous field according to IEC 61000-4-21.

This is usually the case if a minimum distance from the chamber panels of one wavelength at the lowest frequency is kept. If the DUT is a cable, it shall be ensured that the connectors used are those recommended for the particular type of cable, in order to minimize interface losses. If the cable is to be used in a bent form, than it shall be tested within the limitations imposed by a relevant standard or the manufacturer.

Both ends of the loop are connected to the outputs from the chamber. One end is terminated with a matched load and the other end is connected to the spectrum analyzer. It is also acceptable to terminate the DUT inside the chamber, in which case the second leg of the loop shall be replaced by a single wire, one end being electrically linked to the DUT, the other end to a panel of the chamber.

For the purpose of this method of measurement, waveguides and waveguide accessories (WUT) are not coaxial devices. Therefore, they require to be connected to the appropriate waveguide to coaxial transition(s) in order to be tested in the reverberation chamber.

The measurement of the dynamic range, insertion loss and coaxial calibrator shall be carried out with the waveguide to coaxial transition assembled in the test circuit in the same manner as for the testing of the WUT.

The design of the waveguide to coaxial transitions shall be such that their input and output return loss shall be better than 15 dB. Their design shall ensure that when they are assembled into the test circuit, with a highly screened waveguide in place of the WUT, the total screening effectiveness (dynamic range) shall be at least 10 dB better than the specification for the WUT.

6.6 Linking devices

Linking devices are normally 50 Ω coaxial lines having a screening attenuation at least 10 dB better than the DUT. Depending on practical considerations, semi-rigid or semi-flexible cables may be used.

All linking lines shall be characterized for attenuation at all test frequencies prior to starting the test (attenuators, cable assemblies, etc.).

Equation (2) shall be corrected, taking into account the insertion losses of linking devices:

$$a_s = -10 \log_{10} \left(\frac{P_{DUT}}{P_{INJ}} \right) - \Delta_{ins} - X_L \quad (3)$$

where X_L is the insertion loss of all linking devices inside or outside the chamber and is expressed in decibels (dB).

These corrections may be included as part of the test programme for an automated test system. They shall be checked periodically and, at least, during calibration of the test system.

7 Measurement procedure

7.1 General

Different approaches are acceptable depending on the performance of the equipment:

- discrete tuning (step positioning of the mode stirrer);
- continuous tuning (constant rotation of the stirrer);
- peak power acquisition on one revolution of the mode stirrer;
- averaged power calculation on one rotation of the mode stirrer.

When deciding on a measurement procedure, it shall be recognized that:

- discrete tuning is slow and requires a large number of sample measurements to be taken per revolution of the mode stirrer (200 is a usual value up to 20 GHz). This does, however, result in the acquisition of more accurate measurements;
- averaged power calculation during one revolution of the mode stirrer dramatically decreases the dynamic range of the method. In this case, acquisitions shall be recorded in watts (W) and not in dBm.

The measurement procedure described here is very economical in time, but requires a modern and stable spectrum analyser.

7.2 Measurement of the DUT

7.2.1 General

Depending on the available measurement instruments and the need on dynamic range, there are two possibilities on measurement.

7.2.2 Standard measurement

The standard measurement offers a high dynamic range, especially if power controlled amplifiers are used at the output of the generator.

The synthesized generator is connected to the input antenna and set to deliver a constant power at a fixed frequency. The mode stirrer is set to rotate at a constant speed (for example, 1 revolution every 5 s).

The spectrum analyser is connected to the output of the device under test. Its resolution filter is centred on the emitting frequency of the synthesizer and is fixed (SPAN 0: demodulator mode).

The spot scans the screen during a period which is equal to the time of one revolution of the mode stirrer.

The resulting trace which appears on the screen shows the evolution of the power as a function of the angular position of the mode stirrer.

After one complete revolution of the mode stirrer, the maximum value of the power is recorded.

Screening attenuation is then calculated, taking into account the attenuation of links and insertion loss of the cavity (equation (3)).

The same procedure is repeated for all the required test frequencies.

7.2.3 Fast measurement

For a faster measurement, a spectrum analyser with synchronized tracking generator is used [5]. The resolution bandwidth is set according to the requirements on dynamic range. Furthermore, the maximum hold function has to be used.

To calibrate the chamber set up and to determine the insertion loss, a first measurement is performed in which the spectrum analyser input is connected to the reference antenna and the tracking generator output is connected to the input antenna. The mode stirrer is turning continuously with e.g. 1 revolution every 5 s. The analyser needs to be set into a continuous sweep mode with max hold function. To ensure that a sufficient amount of independent samples have been recorded, the sweep time of the spectrum analyser and the revolution time of the stirred must not be equivalent or integer multiple of each other. If no changes in the max

hold values can be recognized, the insertion loss of the chamber has been determined. Therefore, at least 20 sweeps are necessary.

For the determination of the screening attenuation, the tracking generator output has to be connected to the DUT instead of the input antenna and the measurement sequence from the first step is repeated. Then the screening attenuation simply can be calculated by subtracting the result from the first step from the one of the second step. This can either be done in a post processing step as well as by using the thru-calibration of modern spectrum analysers with build in tracking generators (therefore the first step is used to calibrate the system).

To check the maximum dynamic range, the DUT needs to be replaced by a shielded match load and the second measurement has to be performed with this configuration. If the result is not fulfilling the needs on dynamic range, the resolution bandwidth has to be reduced. It has to be kept in mind that this might enlarge the measurement time a lot because a reduced measurement bandwidth is coming along with an enlarged sweep time.

7.3 Measurement of the insertion loss of the cavity

The synthesized generator is connected to the input antenna and set to deliver a constant power at a fixed frequency. The mode stirrer is also set to rotate at a constant speed. All parameters, i.e. rotation speed and spectrum analyzer set-up (except for input attenuator and reference level) shall be the same as those used during DUT measurement.

The spectrum analyser is connected to the output of the reference antenna. After a complete revolution of the mode stirrer, the maximum value of the power is recorded.

The insertion loss, Δ_{ins} , of the chamber is then calculated:

$$\Delta_{\text{ins}} = -10 \log_{10} \left(\frac{P_{\text{REF}}}{P_{\text{INJ}}} \right) + X_L \quad (4)$$

where

P_{INJ} is the input power (W);

P_{REF} is the output power (W);

X_L is the insertion loss of linking devices (dB).

NOTE The insertion loss Δ_{ins} of the chamber is a function of frequency and is a characteristic of each reverberation chamber. It depends on construction parameters such as conductivity of panels, geometry, lossy materials inside the cavity, coupling through apertures, and measurement parameters such as rotation velocity of the mode stirrer and bandwidth of the spectrum filter. It may be measured either before each DUT measurement or made part of the test programme for an automated test system.

7.4 Control of the test set-up

7.4.1 Dynamic range

Prior to taking a set of measurements, the dynamic range of the test set-up shall be checked using the same linking devices (cables, connectors) and terminations as for the DUT, except that the DUT shall be replaced by a highly screened device. The dynamic range shall be at least 10 dB better than the specification of the DUT.

7.4.2 Insertion loss of the chamber

If the insertion loss of the chamber is part of the programme, in an automated test system, its suitability shall be checked before each set of measurements, a DUT being installed into the chamber. The spectrum analyzer shall be connected to the output of the reference antenna, which will be measured as if it was a DUT. If a preamplifier is used, it should not be overloaded; calibrated attenuators shall be added to the output of the reference antenna, as required, in order to prevent overload.

The screening attenuation should oscillate (± 3 dB) around a 0 dB value, or around the value for the attenuators, if used. A systematic discrepancy indicates that the modelling of insertion loss is incorrect, either due to losses in the DUT (see 7.4.4) or to antenna problems.

7.4.3 Measurement of a calibrator

A calibrator is a device having stable screening attenuation. An example of a calibrator is given in Annex B. Such a calibrator should be measured during the full calibration procedure for the test set-up, and compared to previous measurements. This enables the detection of any deviations or malfunctioning of the test set-up.

The calibrator is the subject of on-going study to derive its theoretical screening attenuation from Z_t and Z_r , in order to provide the necessary data for calibration of the test equipment.

7.4.4 Measurement of lossy DUT

Some inaccuracy may occur when measuring a lossy DUT, due to insufficient moding of the reverberation chamber. This may be checked by verifying that during one revolution of the mode stirrer, the ratio between the maximum and the minimum power at the output of the reference antenna exceeds 20 dB.

7.5 Revolution speed of the mode stirrer

The speed of the mode stirrer has two effects on the test results:

- broadening of the frequency spectrum delivered by the synthesized generator;
- levelling of power peaks and gaps.

Due to both these effects, the same revolution speed and the same bandwidth of the analysis filter of the spectrum analyser should be used for both DUT and insertion loss measurements. If this is not done, a systematic error up to 10 dB could appear at higher frequencies.

In practice, one turn every 5 s is a good compromise between accuracy, measurement dynamic range and time saving.

7.6 Test frequencies

The mode stirred method exhibits significant changes in measured screening attenuation for close frequencies (± 3 dB). This is due to real wave impedance at the maximum coupling position of the mode stirrer (the averaged wave impedance is 377Ω , but the real wave impedance may vary widely [2]). To maintain accuracy, an adequate number of test frequencies should be taken. One hundred points per decade is an adequate value.

For narrow-band measurement, the screening attenuation value is the average of at least 10 closely spaced frequencies.

7.7 Voltage standing wave ratio (VSWR)

The individual components of the measurement system should be of good quality, with an input and output return loss of 15 dB or better. This applies especially to all components, cables and instrumentation in the signal paths between both the reference antenna and the DUT.

This requirement may be difficult to achieve for some DUTs, in which case a graph of return loss against frequency shall be included in the documentation. The return loss shall be ≥ 6 dB. Masking attenuators may also be used. Measurement shall be limited to the frequency range that can only be propagated by transverse electromagnetic modes (TEM).

8 Evaluation of the test results

By using the described test method, the screening attenuation of the DUT is measured. For the reasons given in 7.6, the ideal curve is not a smooth one. Whatever the frequency steps are, the measurements will oscillate around a mean curve. The order of magnitude of the oscillations is ± 3 dB. The true screening attenuation under 377Ω conditions is said to be the average curve. Care shall be taken not to confuse normal oscillations with resonances of the DUT.

These resonances may be distinguished by subdividing the frequency step, in which case normal oscillations will still present the same aspect whereas a resonance peak will be clearly apparent.

When loading the mode stirrer chamber with the DUT, the results shall be corrected by the corresponding power level difference measured with the receiving antenna.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61726:2015

Annex A (informative)

Relationship between transfer impedance and screening attenuation

For a single hole leakage, the proposed relationship between the transfer impedance parameters and the screening attenuation is:

$$Z_t^2 + Z_f^2 = 2Z_1 \times Z_2 \times 10^{-a_s/10} \quad (\text{A.1})$$

where

Z_t is the surface transfer impedance (Ω);

Z_f is the capacitive coupling impedance (Ω);

Z_1 is the characteristic impedance of the internal system (usually 50 Ω);

Z_2 is equal to 377 Ω ;

a_s is the screening attenuation.

For distributed leakages (ideal cables for example), this relation becomes:

$$Z_t^2 + Z_f^2 = \frac{2 \times Z_1 \times Z_2 \times 10^{-[a_s + S(D/\lambda)]/10}}{D^2} \quad (\text{A.2})$$

where

$S(D/\lambda)$ is a summing function;

D is the length of the coupling zone;

λ is the free space wavelength (m).

($\lambda \equiv c/f$)

$$S(D/\lambda) = 10 \log_{10} \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \left[\frac{\sin \left[\frac{\pi D}{\lambda} (\cos \phi - \sqrt{\varepsilon}) \right]}{\left[\frac{\pi D}{\lambda} (\cos \phi - \sqrt{\varepsilon}) \right]} \right]^2 d\phi \quad (\text{A.3})$$

where

ϕ is the angle coordinate in a cylindrical coordination system to be integrated from 0° to 180°.

ε is the relative permittivity of the cable.

Measurement experience shows that these formulae are accurate up to 5 GHz. For higher frequencies, they must be used with caution and the correct value for comparison should then be the screening attenuation.

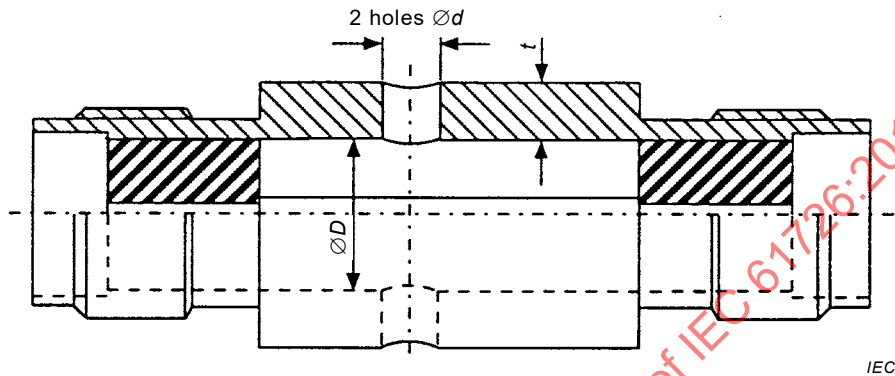
NOTE 1 This method does not allow Z_t and Z_f to be calculated separately. However, this is not usually a problem since Z_f is often equal to 0.

NOTE 2 For electrically long cables (more than $0,1\lambda$ at lowest test frequency), the screening attenuation can be assumed to be nearly constant versus frequency and length of the DUT when its surface transfer impedance increases by 20 dB/decade. This behaviour can be explained with the summing function, see IEC TS 62153-4-1.

Annex B (informative)

Example of a calibrator

The centre part of the calibrator is a 50 Ω airline. End connectors are of a highly screened type such as SMA. Two holes diametrically opposed are drilled in the outer screen of the airline, see Figure B.1.



$$D = 4,1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$d = t = 2,15 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Figure B.1 – Basic construction details

As $d = t$, Z_f is negligible. Z_t can be computed using the following formulae (see [3] and [4]):

$$Z_t = 8d^3 [10^{-7} / (3D^2)] \times f \times e^{-3,68} \quad (\text{B.1})$$

where f is the frequency (Hz)

Alternatively

$$Z_t = \frac{v\mu_0 d^3 \times f}{3\pi D^2} \times e^{\frac{-3,68t}{d}} \quad (\text{B.2})$$

or

$$Z_t = \frac{4 \times 10^{-7} \times d^3 v}{3D^2} \times f \times e^{\frac{-3,68t}{d}} \quad (\text{B.3})$$

where

v is the number of holes (in this application $v = 2$);

μ_0 is $4\pi \times 10^{-7}$ (Vs/Am);

f is the frequency in hertz (Hz).

The predicted screening attenuation in a reverberation chamber is (see Annex A)

$$a_s = -20 \log_{10} \frac{Z_t}{\sqrt{2Z_1 \times Z_2}} \quad (\text{B.4})$$

if $Z_1 = 50 \, \Omega$ and $Z_2 = 377 \, \Omega$

then
$$a_s = [-20 \log_{10} Z_t / (\Omega)] + 46 \, (\text{dB}) \quad (\text{B.5})$$

With the values listed above, a_s at 1 GHz is typically +94 dB with the slope of –20 dB/decade.

The Z_t formula applies mainly for a triaxial or injection line test set-up having longitudinal currents on the calibrator.

Thus a perfect correlation between experimental measures and theoretical values cannot be expected. Nevertheless these formulae can be used to estimate the order of magnitude of the predicted screening attenuation.

Further studies are continuing in order to derive more accurate formulae for use during the reverberation chamber test set-up.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61726:2015

Bibliography

- [1] IEC 62153-4-3, *Metallic communication cable test methods – Part 4-1: Electromagnetic compatibility (EMC) – Surface transfer impedance – Triaxial method*
 - [2] CRAWFORD, M. L. and KOEPKE, G. H.; "Design, Evaluation and Use of a Reverberation Chamber for Performing Electromagnetic Susceptibility/Vulnerability Measurements". *Technical Note* 1902, National Bureau of Standards.
 - [3] KADEN, H.; "Loch und Schlitzkopplungen Zwischen Koaxialen Leitungssystemen". *Z.Angew.Physik*, 3, 1951, 44.
 - [4] KADEN, H.; *Wirbelströme und Schirmung in der Nachrichtentechnik*, Springer Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1959, Zweite Auflage.
 - [5] HILLGÄRTNER, M. and PEIER, D.; "Effiziente Bestimmung der Kabelschirmdämpfung bei hohen Frequenzen in Modenverwirbelungskammern", in *EMV* 2006, VDE Verlag, Berlin, 2006.
-

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61726:2015

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61726:2015

SOMMAIRE

SOMMAIRE.....	18
AVANT-PROPOS	19
1 Domaine d'application	21
2 Références normatives	21
3 Termes et définitions	21
4 Description de base de la méthode de la chambre réverbérante	22
5 Mesure de l'affaiblissement d'écran du dispositif en essai (DUT)	22
6 Description du montage d'essai.....	23
6.1 Chambre réverbérante	23
6.2 Brasseur de mode	23
6.3 Antennes.....	23
6.4 Equipement d'essai	23
6.5 Dispositif en essai (DUT).....	24
6.6 Dispositifs de liaison	25
7 Procédure de mesure.....	25
7.1 Généralités	25
7.2 Mesure du DUT	26
7.2.1 Généralités	26
7.2.2 Mesure normalisée	26
7.2.3 Mesure rapide.....	26
7.3 Mesure des pertes d'insertion de la cavité	27
7.4 Contrôle du montage d'essai	28
7.4.1 Plage dynamique	28
7.4.2 Pertes d'insertion de la chambre	28
7.4.3 Mesure d'un calibreur.....	28
7.4.4 Mesure d'un DUT dissipatif	28
7.5 Vitesse de rotation du brasseur de mode	28
7.6 Fréquences d'essais	29
7.7 Rapport d'ondes stationnaires (ROS).....	29
8 Evaluation des résultats d'essai	29
Annexe A (informative) Relation entre l'impédance de transfert et l'affaiblissement d'écran	30
Annexe B (informative) Exemple de calibreur	31
Bibliographie	33
Figure 1 – Exemple de montage d'essai	24
Figure B.1 – Détails de construction de base	31

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CÂBLES, CORDONS, CONNECTEURS ET
COMPOSANTS HYPERFRÉQUENCE PASSIFS –
MESURE DE L'AFFAIBLISSEMENT D'ÉCRAN
PAR LA MÉTHODE DE LA CHAMBRE RÉVERBÉRANTE**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevets. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 61726 a été établie par le comité d'études 46 de l'IEC: Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs, composants passifs pour micro-onde et accessoires

Cette troisième édition annule et remplace la seconde édition, publiée en 1999. La présente édition constitue une révision technique.

Elle tient compte des dernières évolutions dans la conception des chambres réverbérantes, décrites dans l'IEC 61000-4-21, qui fait également référence à la présente norme en tant que méthode d'essai possible. De plus, une procédure de mesure alternative est ajoutée, permettant de réduire le temps de mesure nécessaire.

La présente version bilingue (2017-10) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2015-09.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 46/551/FDIS et 46/569/RVD.

Le rapport de vote 46/569/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61726:2015

CÂBLES, CORDONS, CONNECTEURS ET COMPOSANTS HYPERFRÉQUENCE PASSIFS – MESURE DE L'AFFAIBLISSEMENT D'ÉCRAN PAR LA MÉTHODE DE LA CHAMBRE RÉVERBÉRANTE

1 Domaine d'application

Les exigences des composants électroniques modernes ont révélé le besoin d'établir une méthode d'essai de l'affaiblissement d'écran des composants hyperfréquence sur toute leur bande de fréquences d'utilisation. Des méthodes d'essais adaptées existent pour les basses fréquences et pour les composants de forme régulière. Ces méthodes d'essais sont décrites dans les spécifications de produits correspondantes de l'IEC (par exemple, l'IEC 62153-4-3). Une nouvelle méthode d'essai est devenue nécessaire pour les fréquences supérieures et pour les composants de forme irrégulière. Une telle méthode d'essai est décrite dans la présente Norme internationale.

La présente Norme internationale décrit la mesure de l'affaiblissement d'écran par la méthode d'essai de la chambre réverbérante, parfois appelée «chambre à brassage de modes». Elle convient pour pratiquement n'importe quel type de composants hyperfréquence et n'a, en théorie, pas de limite supérieure de fréquence. Elle est simplement limitée vers les fréquences basses en raison de la taille de l'équipement d'essai qui dépend de la fréquence. Elle ne constitue qu'une des méthodes de mesure de l'affaiblissement d'écran.

Pour les besoins de la présente norme, des exemples de composants hyperfréquence sont les guides d'ondes, les déphaseurs, les diplexeurs/multiplexeurs, les répartiteurs/combineurs de puissance, etc.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 61196-1, *Câbles coaxiaux de communication – Partie 1: Spécification générique – Généralités, définitions et exigences*

IEC TS 62153-4-1, *Metallic communication cable test methods – Part 4-1: Electromagnetic compatibility (EMC) – Introduction to electromagnetic screening measurements* (disponible en anglais seulement)

IEC 61000-4-21, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-21: Techniques d'essai et de mesure – Méthodes d'essai en chambre réverbérante*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 61196-1 et l'IEC 61000-4-21 s'appliquent.

4 Description de base de la méthode de la chambre réverbérante

La méthode de la chambre réverbérante est utilisée pour la mesure de l'affaiblissement d'écran des composants hyperfréquence. Elle consiste à exposer le dispositif en essai (DUT¹) à un champ électromagnétique quasi homogène et isotrope, et ensuite à mesurer le signal résiduel dans le dispositif.

Pour cela, on utilise une cage de Faraday, qui fonctionne comme une cavité surdimensionnée (en termes de longueur d'onde), et qui présente un facteur de qualité élevé. Ses conditions aux limites sont agitées de façon continue par une surface réfléchive en rotation (appelée «brasseur de mode»), montée à l'intérieur de la chambre, et qui permet au champ d'approcher les conditions d'homogénéité et d'isotropie durant chacun de ses tours.

Le signal électromagnétique est injecté à l'intérieur de la chambre au moyen d'une antenne en émission. Une antenne de référence permet de mesurer l'intensité du champ électromagnétique à l'intérieur de la chambre. La perte d'insertion de la cavité est le rapport entre la puissance injectée (antenne en émission) et la puissance reçue (antenne de référence). La perte d'insertion dépend fortement de la fréquence. Elle dépend également du facteur de qualité de la cavité. Des explications plus détaillées sur l'installation de mesure peuvent être trouvées dans l'IEC 61000-4-21.

Il a été montré qu'à cause du champ isotrope, toute antenne placée à l'intérieur de la cavité se comporte comme si son gain était égal à l'unité [2]², par conséquent aucun effet directionnel ne doit être prévisible. Si le dispositif en essai est court du point de vue électrique, son affaiblissement d'écran sera lié directement aux paramètres habituels de transfert (Z_t et Z_f). Si le dispositif en essai n'est pas court du point de vue électrique, l'affaiblissement d'écran peut toujours être lié à Z_t et Z_f dans quelques cas simples (fuite uniformément répartie ou fuite distribuée de manière périodique). Dans ce cas, il est nécessaire d'utiliser des fonctions de sommation dérivées de la théorie des réseaux d'antennes.

5 Mesure de l'affaiblissement d'écran du dispositif en essai (DUT)

La mesure de l'affaiblissement d'écran est fondée sur la comparaison entre la puissance du champ électromagnétique à l'extérieur du DUT et la puissance du champ électromagnétique induite à l'intérieur du DUT. L'affaiblissement d'écran est alors défini ainsi:

$$a_s = -10 \log_{10} \left(\frac{P_{DUT}}{P_{REF}} \right) \quad (1)$$

ou

$$a_s = -10 \log_{10} \left(\frac{P_{DUT}}{P_{INJ}} \right) - \Delta_{ins} \quad (2)$$

où

P_{DUT} est la puissance couplée au dispositif en essai (W);

P_{REF} est la puissance couplée à l'antenne de référence (W);

P_{INJ} est la puissance injectée à l'intérieur de la chambre (W);

Δ_{ins} sont les pertes d'insertion de la chambre en décibels (dB).

¹ DUT = device under test.

² Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

6 Description du montage d'essai

6.1 Chambre réverbérante

La chambre réverbérante utilisée doit être conforme à l'IEC 61000-4-21.

En général, une chambre réverbérante est une cage de Faraday ayant n'importe quelle forme. Pour optimiser les performances aux fréquences basses, il convient d'éviter une forme parfaitement cubique. Elle doit être constituée de matériaux conducteurs (cuivre, aluminium ou acier) et ne doit pas contenir de matériaux dissipatifs. La taille de la cavité dépend de la fréquence d'essai la plus basse. Pour une installation d'essai suffisante, au moins 100 modes doivent être présents à cette fréquence. La limite de fréquence supérieure dépend de la qualité de la cage de Faraday et des câbles. De plus, la sensibilité des instruments de mesure utilisés limite la fréquence maximale utilisable.

6.2 Brasseur de mode

Le brasseur de mode doit être de grande taille en corrélation avec la longueur d'onde et il doit être orienté au niveau des angles avec les parois de la chambre. Le brasseur de mode doit avoir au moins deux longueurs d'ondes d'une extrémité à l'autre à la fréquence d'essai la plus basse.

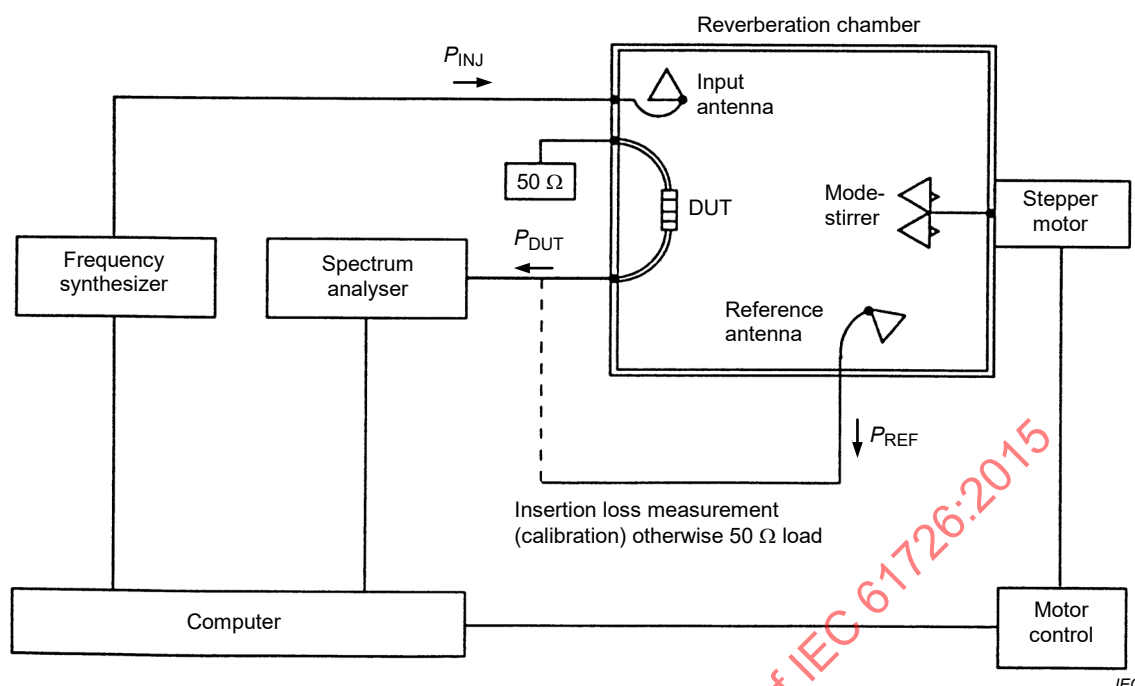
6.3 Antennes

La chambre réverbérante comporte une antenne en émission et une antenne de référence. Ces deux antennes doivent présenter peu de résonance dans la bande de fréquences et ne doivent pas faire intervenir de pertes; la valeur de leur affaiblissement de réflexion doit être meilleure que 6 dB.

Par commodité, il convient de garder la même antenne pour toute la bande de fréquences. Toutefois, des antennes fortement polarisées et directionnelles peuvent perturber les mesurages en raison de l'absence d'état de champ isotrope. Ceci est vérifié au cours de l'étalonnage de la chambre réverbérante, conformément à l'IEC 61000-4-21.

6.4 Equipement d'essai

La Figure 1 présente les principaux équipements d'essai et composants exigés pour une mesure automatique de l'affaiblissement d'écran. Il est également possible d'utiliser des préamplificateurs, des amplificateurs et d'autres équipements de contrôle pour améliorer les performances. Le générateur et l'analyseur de spectre doivent avoir une fréquence de référence commune très stable.



Anglais	Français
Reverberation chamber	Chambre réverbérante
Input antenna	Antenne en émission
DUT	DUT
Mode stirrer	Brasseur de mode
Stepper motor	Moteur pas à pas
Frequency synthesiser	Synthétiseur de fréquences
Spectrum analyser	Analyseur de spectre
Reference antenna	Antenne de référence
Insertion loss measurement (calibration) otherwise 50 Ω load	Mesure de perte d'insertion (étalonnage) autrement charge de 50 Ω
Computer	Calculateur
Motor control	Commande du moteur

Figure 1 – Exemple de montage d'essai

6.5 Dispositif en essai (DUT)

Pour éviter les résonances, le DUT est inséré à l'intérieur d'une boucle (constituée de câble coaxial semi-rigide), dont la longueur est supérieure à quatre longueurs d'ondes à la fréquence minimale. Il convient que les autres ports du DUT soient raccordés à des charges adaptées présentant un affaiblissement d'écran meilleur d'au moins 10 dB que celui du DUT. L'assemblage est alors placé à l'intérieur de la chambre avec n'importe quelle orientation et position, la zone de couplage se situant à l'intérieur de la zone de champ homogène, conformément à l'IEC 61000-4-21. Ceci est généralement le cas si une distance minimale d'une longueur d'onde avec les parois de la chambre est conservée à la fréquence la plus basse. Si le DUT est un câble, on doit s'assurer que les connecteurs utilisés sont ceux qui sont recommandés pour le type particulier de câble, afin de minimiser les pertes d'interface. Si le câble doit être utilisé sous une forme courbée, il doit alors être soumis à l'essai dans le cadre des limites imposées par une norme pertinente ou par le fabricant.

Les deux extrémités de la boucle sont connectées aux sorties de la chambre. Une extrémité est reliée sur une charge adaptée, et l'autre extrémité est reliée à l'analyseur de spectre. Il est également acceptable de charger le DUT à l'intérieur de la chambre, auquel cas la seconde branche de la boucle doit être remplacée d'un simple fil conducteur, dont une extrémité est reliée électriquement au DUT, et l'autre extrémité à une paroi de la chambre.

Pour les besoins de cette méthode de mesure, les guides d'ondes et accessoires de guides d'ondes (WUT) ne sont pas des dispositifs coaxiaux. De ce fait, ils nécessitent d'être connectés au guide d'ondes approprié à la ou aux liaisons coaxiales, afin d'être soumis aux essais dans la chambre réverbérante.

La mesure de la plage dynamique, de la perte d'insertion et de l'appareil d'étalonnage coaxial doit être effectuée avec le guide d'ondes relié à la liaison coaxiale dans le circuit d'essai de la même manière que pour les essais de WUT.

La conception de la liaison guide d'ondes/coaxial doit être telle que leur affaiblissement de réflexion d'entrée et de sortie soit supérieur à 15 dB. Lorsqu'ils sont assemblés dans le circuit d'essai, avec un guide d'ondes hautement écranté à la place du WUT, leur conception doit assurer que l'efficacité totale d'écran (plage dynamique) doit être d'au moins 10 dB supérieure à la spécification pour les WUT.

6.6 Dispositifs de liaison

Les dispositifs de liaison sont normalement des lignes coaxiales à 50 Ω, présentant un affaiblissement d'écran meilleur de 10 dB que celui du DUT. En fonction des considérations pratiques, on peut utiliser des câbles semi-rigides ou semi-flexibles.

Avant de commencer l'essai, toutes les lignes de liaison (affaiblisseurs, câbles, etc.) doivent être caractérisées en affaiblissement à toutes les fréquences d'essais.

L'équation (2) doit être corrigée, en tenant compte des pertes d'insertion des dispositifs de liaison:

$$a_s = -10 \log_{10} \left(\frac{P_{DUT}}{P_{INJ}} \right) - \Delta_{ins} - X_L \quad (3)$$

où X_L est la perte d'insertion de tous les dispositifs de liaison à l'intérieur ou à l'extérieur de la chambre, et est exprimée en décibels (dB).

Ces corrections peuvent être intégrées au programme d'essai pour un système d'essai automatisé. Elles doivent être vérifiées périodiquement et, au minimum, au cours de l'étalonnage du système d'essai.

7 Procédure de mesure

7.1 Généralités

Différentes approches sont acceptables selon les performances de l'équipement:

- réglage par pas (positionnement en pas à pas du brasseur de mode);
- réglage en continu (rotation à une vitesse constante du brasseur de mode);
- recherche de la puissance crête sur un tour du brasseur de mode;
- calcul de la puissance moyenne sur une rotation du brasseur de mode.

Lorsque l'on décide d'une procédure de mesure, on doit reconnaître que:

- le réglage par pas est lent et nécessite un grand nombre de mesures d'échantillons par tour du brasseur de mode (valeur habituelle: 200; peut aller jusqu'à 20 GHz). Cependant, cette procédure permet d'acquérir des mesures plus précises;
- le calcul de la puissance moyenne durant chaque tour du brasseur de mode diminue de manière très importante la plage dynamique de la méthode. Dans ce cas, les acquisitions doivent être consignées en watts (W) et non en dBm.

La procédure de mesure décrite ci-après est très économique en temps, mais nécessite un analyseur de spectre moderne et stable.

7.2 Mesure du DUT

7.2.1 Généralités

En fonction des instruments de mesure disponibles et du besoin de plage dynamique, il existe deux possibilités de mesure.

7.2.2 Mesure normalisée

La mesure normalisée offre une plage dynamique élevée, surtout si des amplificateurs à puissance contrôlée sont utilisés à la sortie du générateur.

Le générateur synthétisé est connecté à l'antenne en émission et il est réglé pour délivrer une puissance constante à une fréquence fixe. Le brasseur de mode est réglé pour tourner à une vitesse constante (par exemple, 1 tour toutes les 5 s).

L'analyseur de spectre est connecté à la sortie du dispositif en essai. Son filtre de résolution est centré sur la fréquence d'émission du synthétiseur et maintenu fixe (SPAN 0: mode démodulateur).

La durée de balayage de l'écran par le spot est égale au temps dont le brasseur de mode a besoin pour réaliser une révolution.

Le tracé qui en résulte et qui apparaît sur l'écran montre l'évolution de la puissance en fonction de la position angulaire du brasseur de mode.

La valeur maximale de la puissance est enregistrée après une révolution complète du brasseur de mode.

L'affaiblissement d'écran est alors calculé en tenant compte de l'affaiblissement des dispositifs de liaison et des pertes d'insertion de la cavité (équation (3)).

La même procédure est répétée pour toutes les fréquences d'essai exigées.

7.2.3 Mesure rapide

Pour une mesure plus rapide, un analyseur de spectre avec un générateur de poursuite synchronisé est utilisé [5]. La largeur de bande de résolution est réglée conformément aux exigences relatives à la plage dynamique. De plus, la fonction "maintien du maximum" doit être utilisée.

Afin d'étalonner le montage de la chambre et de déterminer la perte d'insertion, une première mesure est réalisée, dans laquelle l'entrée de l'analyseur de spectre est reliée à l'antenne de référence, et la sortie du générateur de poursuite est reliée à l'antenne d'émission. Le brasseur de mode effectue des rotations de manière continue, avec par exemple 1 tour toutes les 5 s. L'analyseur doit être réglé sur un mode de balayage continu, avec la fonction "maintien du maximum". Afin de garantir qu'une quantité suffisante d'échantillons indépendants ont été enregistrés, la durée de balayage de l'analyseur de spectre et la durée de rotation du brasseur ne doivent pas être équivalentes ni être un multiple entier l'une de l'autre. Si aucune modification des valeurs de maintien du maximum ne peut être identifiée, la perte d'insertion de la chambre a été déterminée. Par conséquent, au moins 20 balayages sont nécessaires.

Pour la détermination de l'affaiblissement d'écran, la sortie du générateur de poursuite doit être reliée au DUT à la place de l'antenne d'émission, et la séquence de mesure à partir de la première étape est répétée. L'affaiblissement d'écran peut alors être calculé simplement en soustrayant le résultat de la première étape de celui de la deuxième étape. Ceci peut être réalisé soit lors d'une étape de post-traitement, soit en utilisant l'autoétalonnage des analyseurs de spectre modernes avec des générateurs de poursuite intégrés (par conséquent, la première étape est utilisée pour étalonner le système).

Afin de vérifier la plage dynamique maximale, il est nécessaire que le DUT soit remplacé par une charge adaptée écrantée, et la deuxième mesure doit être réalisée avec cette configuration. Si le résultat ne satisfait pas aux besoins de plage dynamique, la largeur de bande de résolution doit être réduite. Il faut garder à l'esprit que ceci peut augmenter beaucoup la durée de mesure, parce qu'une largeur de bande de mesure réduite entraîne une augmentation de la durée de balayage.

7.3 Mesure des pertes d'insertion de la cavité

Le générateur synthétisé est connecté à l'antenne en émission et il est réglé pour fournir une puissance constante à une fréquence fixe. Le brasseur de mode est également réglé pour tourner à une vitesse constante. Tous les paramètres, c'est-à-dire vitesse de rotation et configuration de l'analyseur de spectre (sauf pour les affaiblisseurs d'entrée et le niveau de référence) doivent être les mêmes que ceux utilisés pendant la mesure du DUT.

L'analyseur de spectre est connecté à la sortie de l'antenne de référence. Après un tour complet du brasseur de mode, on enregistre la valeur maximale de la puissance.

Les pertes d'insertion, Δ_{ins} , de la chambre sont alors calculées:

$$\Delta_{\text{ins}} = -10 \log_{10} \left(\frac{P_{\text{REF}}}{P_{\text{INJ}}} \right) + X_L \quad (4)$$

où

P_{INJ} est la puissance émise (W);

P_{REF} est la puissance reçue (W);

X_L est la perte d'insertion des dispositifs de liaison (dB).

NOTE La perte d'insertion Δ_{ins} de la chambre dépend de la fréquence, et est une caractéristique de chaque chambre réverbérante. Elle dépend des paramètres de construction tels que la conductivité des panneaux, la géométrie, les matériaux dissipatifs présents à l'intérieur de la cavité, les couplages à travers les ouvertures; elle dépend également de paramètres de mesure tels que la vitesse de rotation du brasseur de mode et la largeur de bande du filtre de l'analyseur de spectre. Elle peut être mesurée avant chaque mesure de DUT, ou peut être intégrée au programme d'essai pour un système d'essai automatisé.

7.4 Contrôle du montage d'essai

7.4.1 Plage dynamique

Avant chaque série de mesures, la plage dynamique du montage d'essai doit être vérifiée en utilisant les mêmes dispositifs de liaison (câbles, connecteurs) et charges d'extrémité que pour le DUT, sauf que le DUT doit être remplacé par un dispositif possédant une efficacité d'écran élevée. La plage dynamique doit être meilleure d'au moins 10 dB que celle spécifiée pour le DUT.

7.4.2 Pertes d'insertion de la chambre

Si la perte d'insertion de la chambre fait partie du programme, dans un système d'essai automatisé, on doit vérifier si elle convient avant chaque série de mesures, un DUT étant placé dans la chambre. L'analyseur de spectre doit être connecté à la sortie de l'antenne de référence que l'on mesurera comme s'il s'agissait d'un DUT. Si on utilise un préamplificateur, il convient qu'il ne soit pas surchargé; des affaiblisseurs étalonnés doivent être ajoutés à la sortie de l'antenne de référence, si nécessaire, afin d'éviter la surcharge.

Il convient que l'affaiblissement d'écran oscille (± 3 dB) autour d'une valeur de 0 dB ou autour de la valeur pour les affaiblisseurs, lorsqu'ils sont utilisés. Un écart systématique indique que la modélisation des pertes d'insertion est incorrecte, soit en raison de pertes dans le DUT (voir 7.4.4), soit à cause de problèmes sur les antennes.

7.4.3 Mesure d'un calibre

Un calibre est un dispositif présentant un affaiblissement d'écran stable. Un exemple de calibre est donné à l'Annexe B. Il convient qu'un tel calibre soit mesuré lors de la procédure d'étalonnage complet du montage d'essai, et que les valeurs soient comparées aux mesures précédentes. Cela permet de détecter toute dérive ou tout dysfonctionnement du montage d'essai.

Le calibre est l'objet d'une étude en cours pour exprimer son affaiblissement d'écran théorique à partir des paramètres Z_t et Z_r , afin de fournir les données nécessaires pour l'étalonnage de l'équipement d'essai.

7.4.4 Mesure d'un DUT dissipatif

Des erreurs de mesure peuvent apparaître lorsqu'on mesure un DUT dissipatif, dues à des modes insuffisants à l'intérieur de la chambre réverbérante. Cela peut être contrôlé en vérifiant que, durant un tour du brasseur de mode, le rapport entre les puissances maximale et minimale à la sortie de l'antenne de référence dépasse 20 dB.

7.5 Vitesse de rotation du brasseur de mode

La vitesse du brasseur de mode a deux effets sur les résultats d'essais:

- élargissement du spectre de fréquence délivré par le générateur synthétisé;
- nivellement des pics et des creux de puissance.

En raison de ces deux effets, il convient d'utiliser la même vitesse de rotation et la même largeur de bande du filtre d'analyse de l'analyseur de spectre pour la mesure du DUT et pour la mesure des pertes d'insertion. Si ce n'est pas le cas, une erreur systématique pouvant aller jusqu'à 10 dB pourrait apparaître aux fréquences plus élevées.

En pratique, un tour toutes les 5 s est un bon compromis entre la précision, la plage dynamique de mesure et l'économie de temps.