

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

**Cordons, câbles, connecteurs et composants hyperfréquence passifs –
Mesurage de l'affaiblissement d'écran par la méthode de la chambre
réverbérante**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61726:2022



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2022 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 Secretariat
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
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 corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 once a month by email.

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: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

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.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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 une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

**Cordons, câbles, connecteurs et composants hyperfréquence passifs –
Mesurage de l'affaiblissement d'écran par la méthode de la chambre
réverbérante**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.120.01

ISBN 978-2-8322-3966-7

**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.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Principle of screening attenuation measurement.....	7
5 Measurement equipment	9
5.1 General test instruments	9
5.1.1 Frequency synthesizer.....	9
5.1.2 Spectrum analyser.....	9
5.1.3 Reverberation chamber	9
5.1.4 Mode stirrer	10
5.1.5 Input antenna	10
5.1.6 Reference antenna	10
5.1.7 Stepper motor.....	10
5.1.8 Linking devices.....	10
5.1.9 Other instruments	11
5.2 Return loss requirements for linking devices	11
5.3 Sampling system.....	11
5.3.1 General	11
5.3.2 Normal sampling system.....	11
5.3.3 Fast sampling system	12
6 DUT.....	12
6.1 DUT preparation	12
6.1.1 Cables	12
6.1.2 Connector.....	13
6.1.3 Cable assemblies.....	13
6.1.4 Passive microwave components	13
6.2 Installation of DUT	13
7 Measurement procedure	13
8 Caution notes.....	14
8.1 Speed of mode stirrer	14
8.2 Measurement of lossy DUT	14
8.3 Oscillation and resonance.....	14
8.4 Positioning of spectrum analyser	15
8.5 High power signal test.....	15
8.6 High dynamic range test	15
9 Acceptance criterion	15
10 Information to be given in the relevant specification.....	15
11 Test report.....	15
Annex A (informative) Example of a calibrator.....	16
A.1 Relationship between transfer impedance and screening attenuation	16
A.2 Example of a calibrator	17
Bibliography.....	19

Figure 1 – System configuration example of screening attenuation by reverberation chamber	7
Figure 2 – System configuration example of screening attenuation by reverberation chamber with only one spectrum analyser.....	9
Figure A.1 – Basic construction details	17
Table 1 – Recommended antennas	10
Table 2 – Number of sampling positions recommended for calibration and test	12

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61726:2022

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.

IEC 61726 has been prepared by IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, RF connectors, RF and microwave passive components and accessories. It is an International Standard.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2015. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) reworded Clause 1 "Scope";
- b) replaced IEC TS 62153-4-1 by IEC 62153 (all parts) in Clause 2;
- c) added the definition of screening attenuation in 3.1;
- d) added Clause 4 "Principle of screening attenuation measurement";
- e) added the descriptions of some test set-ups, such as frequency synthesizer, spectrum analyser, stepper motor, linking devices and the sampling system, etc. in Clause 5;
- f) added Clause 6 "DUT";

- g) reworded Clause 7 "Measurement procedure";
- h) added Clause 8 "Caution notes";
- i) added Clause 9 "Acceptance criterion";
- j) added Clause 10 "Information to be given in the relevant specification".

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
46/847/CDV	46/877/RVC

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

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

1 Scope

This document describes the measurement of screening attenuation by the reverberation chamber measurement method, also called mode stirred chamber method.

This document is applicable to screening attenuation measurements of cable assemblies, cables, connectors, and passive microwave components, such as waveguides, phase shifters, diplexers/multiplexers, power dividers/combiners, etc.

Modern electronic equipment has shown a demand for methods for testing screening attenuation performance of microwave components over their whole frequency range. Convenient measurement methods have existed for lower frequencies and components of regular shape. These measurement methods are described in the IEC 62153 series. For much higher frequencies and for components of irregular shape, the reverberation chamber method can be used. Theoretically, the reverberation chamber method has no upper limit of the measurement frequency, but it is limited by the quality and sensitivity of the measurement system, and the lower limit of the measurement frequency is restricted by the size of the reverberation chamber.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 61000-4-21:2011, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-21: Testing and measurement techniques – Reverberation chamber test methods*

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

IEC 62153 (all parts), *Metallic communication cable test methods*

3 Terms and definitions

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

ISO and IEC maintain terminology databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>

3.1

screening attenuation

ratio of the electromagnetic field power coupled to the reference antenna to the electromagnetic field power coupled to the device under test (DUT), expressed by a_s in Formula (1):

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

where

a_s is the screening attenuation of DUT, in dB;

P_{REF} is the power coupled to the reference antenna, in W;

P_{DUT} is the power coupled to the DUT, in W.

4 Principle of screening attenuation measurement

The reverberation chamber is an electrically large screening cavity with high quality factor, which is equipped with mode stirrer(s), input antenna and reference antenna. A system configuration example of screening attenuation measurement by reverberation chamber method is shown in Figure 1.

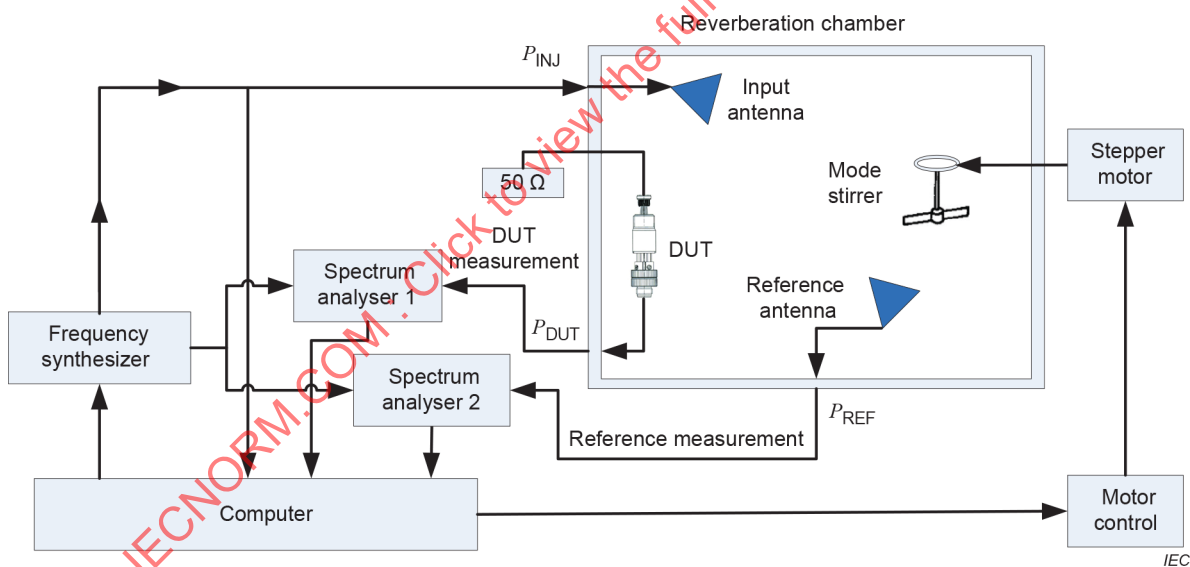


Figure 1 – System configuration example of screening attenuation by reverberation chamber

The electromagnetic wave power P_{INJ} emitted by the frequency synthesizer is transmitted to the reverberation chamber through the input antenna in the cavity. The electromagnetic wave will excite the multi-mode electromagnetic field in the reverberation chamber. The boundary conditions of these electromagnetic fields change with the rotation and stirring of the mode stirrer, and the electromagnetic field distribution in the cavity is nearly uniform, isotropic and randomly polarized in the sense of statistical average. When the DUT is placed in the reverberation chamber, the approximately uniformly distributed electromagnetic power P_{REF} in the reverberation chamber received by the reference antenna is equivalent to the external input power of the DUT, and the electromagnetic power P_{DUT} coupled into the DUT can be obtained by the spectrum analyser outside the reverberation chamber.

According to the definition Formula (1), the screening attenuation of DUT can be calculated from Formula (2):

$$\begin{aligned}
 a_s &= 10 \log_{10} \left(\frac{P_{REF}}{P_{DUT}} \right) \\
 &= 10 \log_{10} \left[\left(\frac{P_{INJ}}{P_{DUT}} \right) \times \left(\frac{P_{REF}}{P_{INJ}} \right) \right] \\
 &= 10 \log_{10} \left(\frac{P_{INJ}}{P_{DUT}} \right) - 10 \log_{10} \left(\frac{P_{INJ}}{P_{REF}} \right) \\
 &= 10 \log_{10} \left(\frac{P_{INJ}}{P_{DUT}} \right) - \Delta_{ins}
 \end{aligned} \tag{2}$$

where

- a_s is the screening attenuation of DUT, in dB;
- P_{REF} is the power coupled to the reference antenna, in W;
- P_{DUT} is the power coupled to the DUT, in W;
- P_{INJ} is the power injected into the chamber, in W;
- Δ_{ins} is the insertion loss of the chamber, in decibels (dB).

In Formula (2), the first term represents the total screening attenuation of the system which can be obtained by measuring the power of DUT connected with a load by spectrum analyser 1. The second term represents the insertion loss of the reverberation chamber which can be obtained by measuring the power of the reference antenna by spectrum analyser 2. Measurements of the total screening attenuation and the insertion loss can be carried out simultaneously.

When only one spectrum analyser is configured, the DUT and reference antenna can be connected to the spectrum analyser separately by using a switch, and the total screening attenuation of the system and the insertion loss of the reverberation chamber can be measured separately (also known as time-division measurement), as shown in Figure 2.

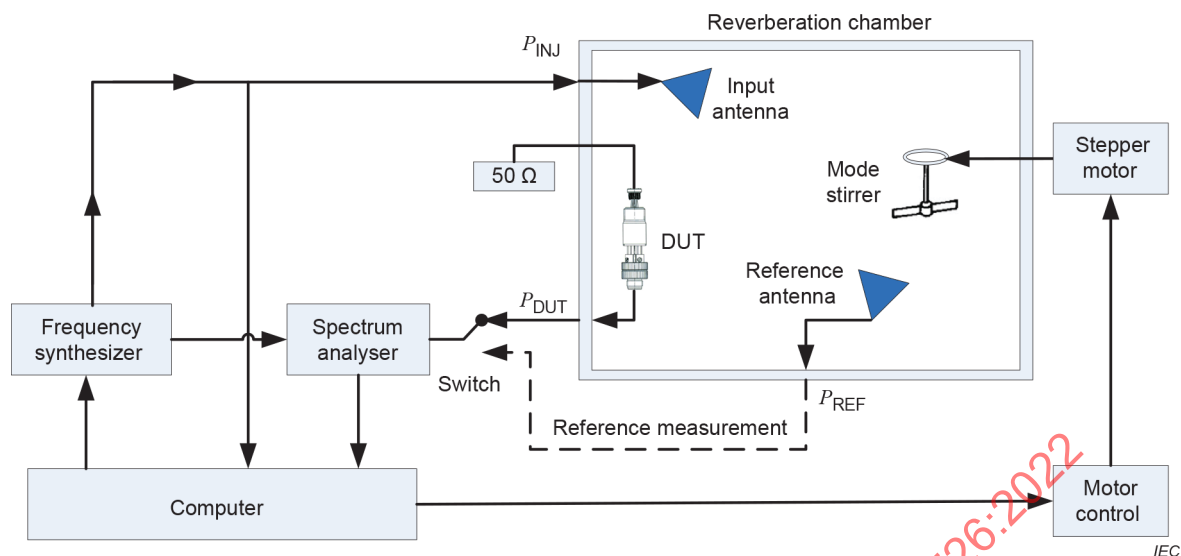


Figure 2 – System configuration example of screening attenuation by reverberation chamber with only one spectrum analyser

5 Measurement equipment

5.1 General test instruments

5.1.1 Frequency synthesizer

Frequency synthesizer or other frequency source shall be used, and its output power, frequency range and transmission bandwidth shall meet the measurement requirements. In order to ensure the repeatability of measurement, the frequency stability of frequency synthesizer or other frequency source should be better than 10^{-6} .

5.1.2 Spectrum analyser

The frequency range, resolution bandwidth and sensitivity of the spectrum analyser should meet the measurement requirements. Other equipment that offers the same function, such as EMI test receiver, can also be used.

5.1.3 Reverberation chamber

The reverberation chamber shall comply with IEC 61000-4-21.

In general, the reverberation chamber is a shielded enclosure having any shape; however, 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 upper frequency limit depends on the quality of the shielded enclosure and cables. Furthermore, the sensitivity of the used measurement instruments also limits the maximum frequency. There is no upper limit theoretically for the measurement frequency of the reverberation chamber when its quality is disregarded.

In general, the reverberation chamber is required to work with sufficient modes, and the working frequency should be greater than the cavity mode frequency as calculated from Formula (3):

$$f > f_{\text{mnp}} = \frac{c_0}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{l}\right)^2 + \left(\frac{n}{w}\right)^2 + \left(\frac{p}{h}\right)^2} \quad (3)$$

where l , w and h are the length, width and height of reverberation chamber respectively, m , n and p are integers, and the value range is up to the number of modes of reverberation chamber.

It can be drawn from Formula (3) that the lowest usable frequency (LUF) of the reverberation chamber is limited by the size of the reverberation chamber. The larger the volume is, the lower LUF is; and the number of modes of the reverberation chamber is directly proportional to the measurement frequency and the size of the reverberation chamber. Increasing the size of the reverberation chamber and raising the test frequency can both expand the number of modes of the reverberation chamber. Therefore, the size of reverberation chamber should be large enough to meet the requirements for mode frequency and mode number when measuring at lower frequencies.

For more detailed requirements and instructions for reverberation chambers, reference to IEC 61000-4-21.

5.1.4 Mode stirrer

The mode stirrer shall be large with respect to wavelength and be at an angle to the walls of the chamber. The mode stirrer shall be at least two wavelengths at the lowest measurement frequency from tip to tip. When needed, more than one mode stirrer can be provided.

5.1.5 Input antenna

The input antenna shall be a broadband antenna capable of covering the operating frequency range, and its transmitting direction shall be towards the corner of the reverberation chamber or the mode stirrer to avoid direct exposure to the reference antenna. The antenna should exhibit limited resonances in the frequency range and not introduce losses.

The recommended antennas for different frequency bands are given in Table 1.

Table 1 – Recommended antennas

Frequency range	Antenna type
≤1 GHz	Dipole antenna
≥1 GHz	Horn antenna

5.1.6 Reference antenna

The reference antenna shall be of the same type as the input antenna, and its polarization direction shall be orthogonal to that of the input antenna.

5.1.7 Stepper motor

The stepper motor should be driven with enough torque to control the angle and speed.

5.1.8 Linking devices

Low loss semi-rigid coaxial cables with good screening attenuation shall be used as the test cables to connect the spectrum analyser to the DUT. To avoid resonances, the DUT is inserted into a test cable loop having a length of more than four wavelengths at minimum frequency. The cable connecting the spectrum analyser to the reference antenna should be consistent with

the length and quality of the test cable connecting the spectrum analyser to the DUT. It is required that the test cables, related connectors, adapters, loads, etc. having a screening attenuation at least 10 dB better than the DUT, so as to ensure that the measured leakage is caused by DUT.

5.1.9 Other instruments

In order to improve the performance of the measurement system, the power meter, directional coupler, power amplifier and other control equipment can be used. These instruments should meet the measurement requirements.

5.2 Return loss requirements for linking devices

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 the reference antenna and the spectrum analyser, as well as between the DUT and the spectrum analyser, they shall meet this requirement.

This requirement can be difficult to achieve for some DUTs. In this case, a graph of return loss against frequency shall be included in the documentation.

5.3 Sampling system

5.3.1 General

The sampling system shall acquire the power values of the signals from the reference antenna and the DUT on one revolution of the mode stirrer. The receiver can be connected with the computer through the control interface, and the samples can be acquired and processed by software.

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 choosing a measurement mode, 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. This does, however, result in the acquisition of more accurate measurements;
- continuous tuning can continuously rotate and stir to acquire data, and is very economical in time, but requires a modern and stable receiver.

Therefore, the following two data sampling methods can be used to complete the signal power sampling:

- a) normal sampling system;
- b) fast sampling system.

5.3.2 Normal sampling system

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

The mode stirrer rotates to different positions (e.g. 50) per a fixed step size. The number of the positions depends on the LUF of the chamber, as recommended in IEC 61000-4-21 and shown in Table 2. The spectrum analyser samples the signals separately, and then stores each power

data in the computer for further processing. The system controls rotation of the mode stirrer by controlling the stepper motor.

Table 2 – Number of sampling positions recommended for calibration and test

Frequency range	$f_L \sim 3f_L$	$3f_L \sim 6f_L$	$6f_L \sim 10f_L$	$>10f_L$
Number of positions	50	18	12	12

NOTE f_L is the lowest usable frequency (LUF) of the chamber.

The sampling process is as follows:

- The frequency synthesizer is set to deliver a constant power at a fixed frequency, and the stirrer is set to rotate to a position (for example, 50 positions for one cycle);
- The spectrum analyser is connected to the output of the reference antenna or DUT. Its resolution filter is centred on the emitting frequency of the synthesizer and is fixed (SPAN 0: demodulator mode).
- The spot scans and samples at each position during a period. After the stirrer has been rotated for a complete cycle, the maximum power or average power is recorded as P_{REF} or P_{DUT} .

5.3.3 Fast sampling system

The fast sampling system rotates the mode stirrer continuously at a moderate speed, and at the same time, the computer controls the spectrum analyser to sample the signal power, so as to quickly obtain the signal power on one rotation, which shortens the measurement time. For a faster sampling system, a spectrum analyser with synchronized tracking synthesizer is used [1]¹. The resolution bandwidth is set according to the requirements for dynamic range. Furthermore, if peak power acquisition is used, the "peak hold" function shall be used.

- The frequency synthesizer is set to deliver a constant power at a fixed frequency, and the stirrer is set to rotate continuously (for example, 1 revolution every 5 s).
- For a higher dynamic range, the resolution bandwidth shall be reduced. It shall be kept in mind that this might prolong the measurement significantly because a reduced measurement bandwidth is involved with an prolonged sweep time.
- In order to ensure that enough independent samples are recorded, the scanning time of the receiver and the rotation period of the stirrer shall not be equal or integer multiple.
- After a sufficient number of independent samples have been recorded, the maximum power or average power is recorded as P_{REF} or P_{DUT} .

6 DUT

6.1 DUT preparation

6.1.1 Cables

The cable under test needs to be connected with a matching connector with good screening attenuation to make up a cable assembly for measurement, and the matching connector shall be selected that can be directly connected with the system to reduce the effect of the connection link. The screening attenuation of the matching connector is at least 10 dB better than the required value of the cable under test.

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

6.1.2 Connector

Cable connector: the connector under test needs to be connected with semi-rigid cable with good screening attenuation performance to make up assemblies for test. The semi-rigid cable should match the connector under test, and its screening attenuation should be at least 10 dB better than the required value of the cable under test.

Microstrip connector: it should be connected to the measurement system by using appropriate test fixture.

Adapter: it should be directly connected to the measurement system or connected to the system by using other adapters.

6.1.3 Cable assemblies

The cable assemblies can be directly connected to the system or connected by using adapters to the measurement system.

6.1.4 Passive microwave components

The passive microwave components under test can be connected to the system directly or by using appropriate test fixture or adapters.

6.2 Installation of DUT

In order to avoid resonance and improve the accuracy of the measurement, the DUT should be placed as follows:

- 1) The DUT shall be connected to the test end of the test cable.
- 2) Place the DUT in the centre of the reverberation chamber without touching the reverberation chamber wall. The DUT needs to keep at least one wavelength distance from the wall of the reverberation chamber corresponding to the lowest measurement frequency.
- 3) The cable under test shall be bent according to the relevant standard or as specified by the manufacturer, if needed.
- 4) During the measurement, necessary measures, such as wrapping with tin foil, should be taken to shield the linking devices.

7 Measurement procedure

The measurement procedure is as follows:

1) Setting of test parameters

The test parameters include test frequency, input power, resolution bandwidth of spectrum analyser, rotation speed and direction of stepper motor.

The reverberation chamber 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 can vary widely [2]). To maintain accuracy, an adequate number of test frequency points should be taken.

The test frequencies shall be selected as follows:

- a) The test frequencies need to cover two ends of the test band. For the narrow-band measurement it should measure at least 10 interval frequencies, and for the wideband measurement it should cover at least 20 interval frequencies. The frequencies should be discretized sufficiently.
- b) The number of frequency points required to acquire for each frequency (200 is a typical value up to 20 GHz) is specified in A.4.2 of IEC 61000-4-21:2011.

2) Selection of measurement mode

According to the equipment conditions and dynamic range requirement, normal sampling test or fast sampling test can be selected (see 5.3).

3) Calibration of measurement system

A calibrator is a device with stable screening attenuation. An example of the calibrator is shown in Annex A.

Connect the standard DUT into the system and compare the measurement results with previous measurement data. If the measurement errors are within the specified range, the measurement system is available.

4) Reference measurement

Connect the spectrum analyser to the reference antenna for reference measurement.

5) DUT measurement:

- a) Connect the DUT to the system, as stated in 6.1. To measure the total screening attenuation of the DUT, the settings of stirrer speed and resolution bandwidth of spectrum analyser should be consistent with those of reference measurement.

NOTE The reference measurement in item 4) and DUT measurement in item 5) can be carried out simultaneously if two spectrum analysers are provided.

- b) According to Formula (2) , the screening attenuations of the DUT at specified frequencies are calculated by the computer.

8 Caution notes

8.1 Speed of mode stirrer

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

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

Due to 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 revolution every 5 s is a good compromise between accuracy, measurement dynamic range and time saving.

8.2 Measurement of lossy DUT

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

8.3 Oscillation and resonance

The ideal curve is not smooth when the screening attenuation of DUT is measured by the reverberation chamber method. No matter what the frequency steps are set, the measured value will oscillate around a mean curve with the order of magnitude of ± 3 dB. The true screening attenuation plotted at 377 Ω is the mean curve. Be careful not to confuse normal oscillations with DUT resonances.

It can be distinguished whether it is resonance or not, by subdividing the frequency step. In this case, the normal oscillation will still exhibit the same waveform; however, the resonance peak will be clearly apparent.

8.4 Positioning of spectrum analyser

During the measurement, the spectrum analyser should be far away from the radiation equipment such as frequency synthesizer, so as to avoid being disturbed and further influencing the measurement results.

8.5 High power signal test

A double female type connector without injection moulded hole is needed in high power signal test, otherwise the leakage and attenuation of injection moulded hole will affect the work of the system.

8.6 High dynamic range test

To test the screening attenuation in a high dynamic range, the spectrum analyser and the frequency synthesizer should be based on the same clock reference, otherwise peak value will not be captured for the narrow-band RBW test.

9 Acceptance criterion

The screening attenuation in the specified frequency shall be in accordance with the relevant standards.

10 Information to be given in the relevant specification

The following information shall be given in the relevant specification:

- a) test method;
- b) test conditions;
- c) test frequency and power;
- d) bandwidth or period (when required);
- e) test time;
- f) deviation from this test method.

11 Test report

Test report should include information as the following:

- a) test method;
- b) test conditions;
- c) test frequency and power;
- d) bandwidth or period (when required);
- e) test time;
- f) test equipment;
- g) the number of samples;
- h) test results;
- i) name of operator and date of test.

Annex A (informative)

Example of a calibrator

A.1 Relationship between transfer impedance and screening attenuation

For a single hole leakage, the proposed relationship between the transfer impedance and the screening attenuation is expressed by Formula (A.1):

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

where

Z_t is the surface transfer impedance, in Ω ;

Z_f is the capacitive coupling impedance, in 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, in m.

$$(\lambda \equiv c / f)$$

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

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 shall be used with caution and the correct value for comparison should then be regarded as the screening attenuation.

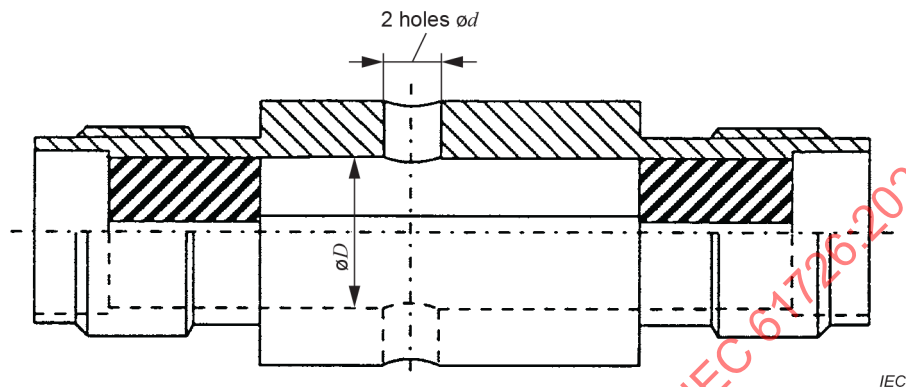
NOTE 1 This method does not allow Z_t and Z_f to be calculated separately. However, this is not usually a problem since Z_f is often equal to 0.

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, as seen in IEC TS 62153-4-1 [3].

A.2 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, as shown in Figure A.1.



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

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

Figure A.1 – Basic construction details

As $d = t$, Z_f is negligible. Z_t can be computed using the following formulae (see [4] and [5]):

$$Z_t = 8d^3 \left[10^{-7} / (3D^2) \right] \times f \times e^{-3,68} \quad (\text{A.4})$$

where f is the frequency (Hz).

$$Z_t = \frac{\nu \mu_0 d^3 \times f}{3\pi D^2} \times e^{\frac{-3,68t}{d}} \quad (\text{A.5})$$

or

$$Z_t = \frac{4 \times 10^{-7} \times d^3 \nu}{3D^2} \times f \times e^{\frac{-3,68t}{d}} \quad (\text{A.6})$$

The predicted screening attenuation in a reverberation chamber is

$$a_s = -20 \log_{10} \frac{Z_t}{\sqrt{2Z_1 \times Z_2}} \quad (\text{A.7})$$

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

then

$$a_s = [-20 \log_{10} Z_t / \Omega] + 46 \text{ (dB)} \quad (\text{A.8})$$

where in Formulae (A.4) to (A.8):

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;

ν is the number of holes (in this application $\nu = 2$);

μ_0 is $4\pi \times 10^{-7}$ (Vs/Am);

f is the frequency in hertz (Hz).

With the values listed above, as 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 61726:2022

Bibliography

- [1] HILLGÄRTNER, M. and PEIER, D. "Effiziente Bestimmung der Kabelschirmdämpfung bei hohen Frequenzen in Modenverwirbelungskammern", in EMV 2006, VDE Verlag, Berlin, 2006
- [2] CRAWFORD, M.L. and KOEPKE, G.H. "Design, Evaluation, and Use of a Reverberation Chamber for Performing Electromagnetic Susceptibility/Vulnerability Measurements", NBS Technical Note 1092, April 1986.
- [3] IEC TR 62153-4-1, *Metallic communication cable test methods – Part 4-1: Electromagnetic compatibility (EMC) – Introduction to electromagnetic screening measurements*
- [4] KADEN, H. Loch- und Schlitzkopplungen zwischen koaxialen Leitungssystemen, Zeitschrift für angewandte Physik, III. Band, Heft 2, pp. 44 - 52, 1951
- [5] KADEN, H. Wirbelströme und Schirmung in der Nachrichtentechnik, Springer Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1959, Zweite Auflage

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61726:2022

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	22
1 Domaine d'application	24
2 Références normatives	24
3 Termes et définitions	24
4 Principe de mesure de l'affaiblissement d'écran	25
5 Appareils de mesure	27
5.1 Instruments d'essai généraux	27
5.1.1 Synthétiseur de fréquences	27
5.1.2 Analyseur de spectre	27
5.1.3 Chambre réverbérante	27
5.1.4 Brasseur de modes	28
5.1.5 Antenne en émission	28
5.1.6 Antenne de référence	28
5.1.7 Moteur pas-à-pas	28
5.1.8 Dispositifs de liaison	29
5.1.9 Autres instruments	29
5.2 Exigences d'affaiblissement de réflexion pour les dispositifs de liaison	29
5.3 Système d'échantillonnage	29
5.3.1 Généralités	29
5.3.2 Système d'échantillonnage normal	30
5.3.3 Système d'échantillonnage rapide	30
6 DUT	31
6.1 Préparation du DUT	31
6.1.1 Câbles	31
6.1.2 Connecteur	31
6.1.3 Cordons	31
6.1.4 Composants hyperfréquence passifs	31
6.2 Installation du DUT	31
7 Procédure de mesure	32
8 Notes d'avertissement	32
8.1 Vitesse du brasseur de modes	32
8.2 Mesurage d'un DUT dissipatif	33
8.3 Oscillation et résonance	33
8.4 Positionnement de l'analyseur de spectre	33
8.5 Essai de signaux à haute puissance	33
8.6 Essai de plage dynamique élevée	33
9 Critère d'acceptation	33
10 Informations à fournir dans la spécification appropriée	34
11 Rapport d'essai	34
Annexe A (informative) Exemple de calibreur	35
A.1 Relation entre l'impédance de transfert et l'affaiblissement d'écran	35
A.2 Exemple de calibreur	36
Bibliographie	38

Figure 1 – Exemple de configuration système de l'affaiblissement d'écran par chambre réverbérante	25
Figure 2 – Exemple de configuration système de l'affaiblissement d'écran par chambre réverbérante au moyen d'un seul analyseur de spectre	27
Figure A.1 – Détails de construction de base	36
Tableau 1 – Antennes recommandées	28
Tableau 2 – Nombre de positions d'échantillonnage recommandées pour étalonnage et essai	30

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61726:2022

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CORDONS, Câbles, CONNECTEURS ET COMPOSANTS HYPERFRÉQUENCE PASSIFS – MESURAGE 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. À 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 du présent document de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 61726 a été établie par le sous-comité 46: Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs, composants passifs pour micro-onde et accessoires. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2015. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) reformulation de l'Article 1 "Domaine d'application";
- b) remplacement de l'IEC TS 62153-4-1 par l'IEC 62153 (toutes les parties) à l'Article 2;
- c) ajout de la définition de l'affaiblissement d'écran en 3.1;
- d) ajout de l'Article 4 "Principe de mesure de l'affaiblissement d'écran";

- e) ajout des descriptions de certains montages d'essai, comme le synthétiseur de fréquences, l'analyseur de spectre, le moteur pas-à-pas, les dispositifs de liaison et le système d'échantillonnage etc. à l'Article 5;
- f) ajout de l'Article 6 "DUT";
- g) reformulation de l'Article 7 "Procédure de mesure";
- h) ajout de l'Article 8 "Notes d'avertissement";
- i) ajout de l'Article 9 "Critère d'acceptation";
- j) ajout de l'Article 10 "Informations à fournir dans la spécification appropriée".

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
46/847/CDV	46/877/RVC

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document indique qu'il contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer ce document en utilisant une imprimante couleur.

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

1 Domaine d'application

Le présent document décrit le mesurage de l'affaiblissement d'écran par la méthode de mesure de la chambre réverbérante, également appelée "méthode de la chambre à brassage de modes".

Le présent document est applicable aux mesurages de l'affaiblissement d'écran des cordons, des câbles, des connecteurs et des composants hyperfréquence passifs, tels que les guides d'ondes, les déphaseurs, les diplexeurs/multiplexeurs, les répartiteurs/combineurs de puissance, etc.

Les équipements électroniques modernes ont mis en évidence le besoin d'établir des méthodes de vérification par essai des performances d'affaiblissement d'écran des composants hyperfréquence sur l'ensemble de leur plage de fréquences. Des méthodes de mesure adaptées existent pour des fréquences plus basses et pour les composants de forme régulière. Ces méthodes de mesure sont décrites dans les normes de la série IEC 62153. Pour des fréquences bien plus élevées et pour les composants de forme irrégulière, il est admis d'utiliser la méthode de la chambre réverbérante. La méthode de la chambre réverbérante n'applique en théorie aucune limite supérieure concernant la fréquence de mesure; la qualité et la sensibilité du système de mesure constituent toutefois cette limite et la limite inférieure de la fréquence de mesure est pour sa part réduite par la taille de la chambre réverbérante.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. 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 61000-4-21:2011, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-21: Techniques d'essai et de mesure – Méthodes d'essai en chambre réverbérante*

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

IEC 62153 (toutes les parties), *Méthodes d'essai des câbles métalliques de communication*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 61196-1, l'IEC 61000-4-21 ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1

affaiblissement d'écran

rapport de la puissance de champ électromagnétique couplée à l'antenne de référence sur la puissance de champ électromagnétique couplée au dispositif en essai (DUT – *device under test*), exprimé par a_s dans la Formule (1):

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

où

a_s est l'affaiblissement d'écran du DUT, en dB;

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

P_{DUT} est la puissance couplée au DUT, en W.

4 Principe de mesure de l'affaiblissement d'écran

La chambre réverbérante est une cavité d'écran de grande dimension du point de vue électrique avec un facteur de qualité élevé, qui comprend un ou plusieurs brasseurs de modes, ainsi qu'une antenne en émission et une antenne de référence. La Figure 1 présente un exemple de configuration système de mesure de l'affaiblissement d'écran par la méthode de la chambre réverbérante.

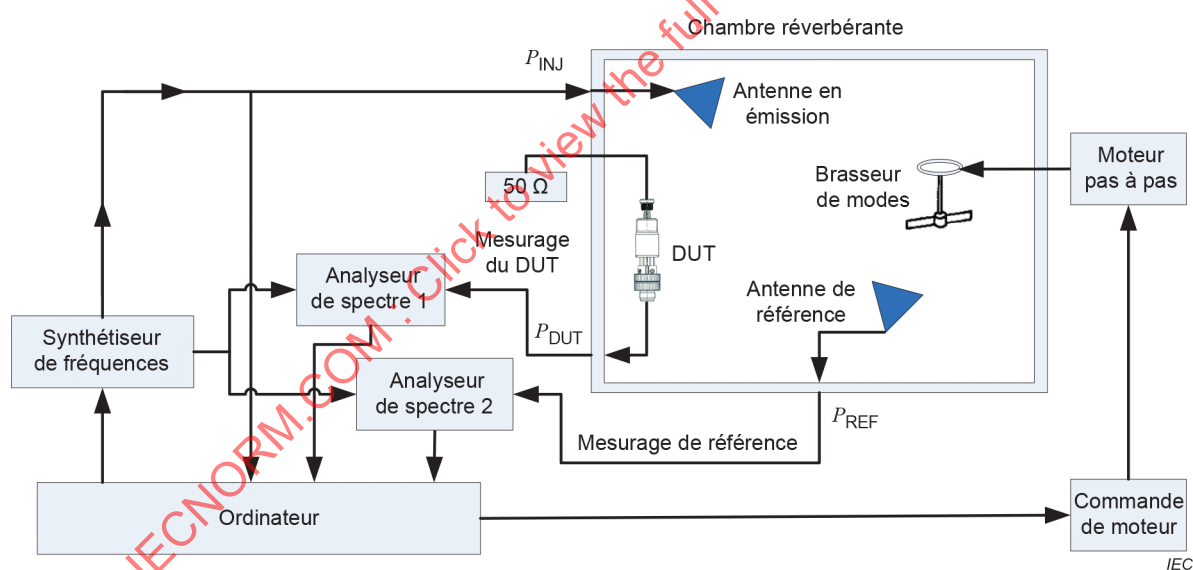


Figure 1 – Exemple de configuration système de l'affaiblissement d'écran par chambre réverbérante

La puissance d'onde électromagnétique P_{INJ} émise par le synthétiseur de fréquence est transmise à la chambre réverbérante par l'antenne en émission à l'intérieur de la cavité. L'onde électromagnétique excite les champs électromagnétiques multimode dans la chambre réverbérante. Les conditions aux limites de ces champs électromagnétiques varient en fonction de la rotation et de l'agitation du brasseur de modes. Par ailleurs, la distribution des champs électromagnétiques à l'intérieur de la cavité est quasi uniforme, isotrope et polarisée de manière aléatoire dans le sens d'une moyenne statistique. Lorsque le DUT est placé dans la chambre réverbérante, la puissance électromagnétique distribuée de manière approximativement uniforme P_{REF} dans ladite chambre reçue par l'antenne de référence est équivalente à la puissance émise externe du DUT, et la puissance électromagnétique P_{DUT}

couplée dans ce même DUT peut être obtenue par l'analyseur de spectre à l'extérieur de la chambre réverbérante.

Selon la Formule (1) de définition, l'affaiblissement d'écran du DUT peut être calculé à partir de la Formule (2):

$$\begin{aligned}
 a_s &= 10 \log_{10} \left(\frac{P_{REF}}{P_{DUT}} \right) \\
 &= 10 \log_{10} \left[\left(\frac{P_{INJ}}{P_{DUT}} \right) \times \left(\frac{P_{REF}}{P_{INJ}} \right) \right] \\
 &= 10 \log_{10} \left(\frac{P_{INJ}}{P_{DUT}} \right) - 10 \log_{10} \left(\frac{P_{INJ}}{P_{REF}} \right) \\
 &= 10 \log_{10} \left(\frac{P_{INJ}}{P_{DUT}} \right) - \Delta_{ins}
 \end{aligned} \tag{2}$$

où

a_s est l'affaiblissement d'écran du DUT, en dB;

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

P_{DUT} est la puissance couplée au DUT, en W;

P_{INJ} est la puissance injectée dans la chambre, en W;

Δ_{ins} est la perte d'insertion de la chambre, en décibels (dB).

Dans la Formule (2), le premier terme représente l'affaiblissement d'écran total du système qui peut être obtenu par mesurage de la puissance du DUT relié par l'analyseur de spectre 1 au moyen d'une charge. Le second terme représente la perte d'insertion de la chambre réverbérante qui peut être obtenue par mesurage de la puissance de l'antenne de référence par l'analyseur de spectre 2. Par ailleurs, les mesurages de l'affaiblissement d'écran total et de la perte d'insertion peuvent être effectués simultanément.

En cas de configuration d'un seul analyseur de spectre, le DUT et l'antenne de référence peuvent être reliés à l'analyseur de spectre séparément au moyen d'un commutateur, et l'affaiblissement d'écran total du système, ainsi que la perte d'insertion de la chambre réverbérante peuvent être mesurés séparément (mesurage également connu sous l'appellation "mesurage par répartition dans le temps"), comme le représente la Figure 2.

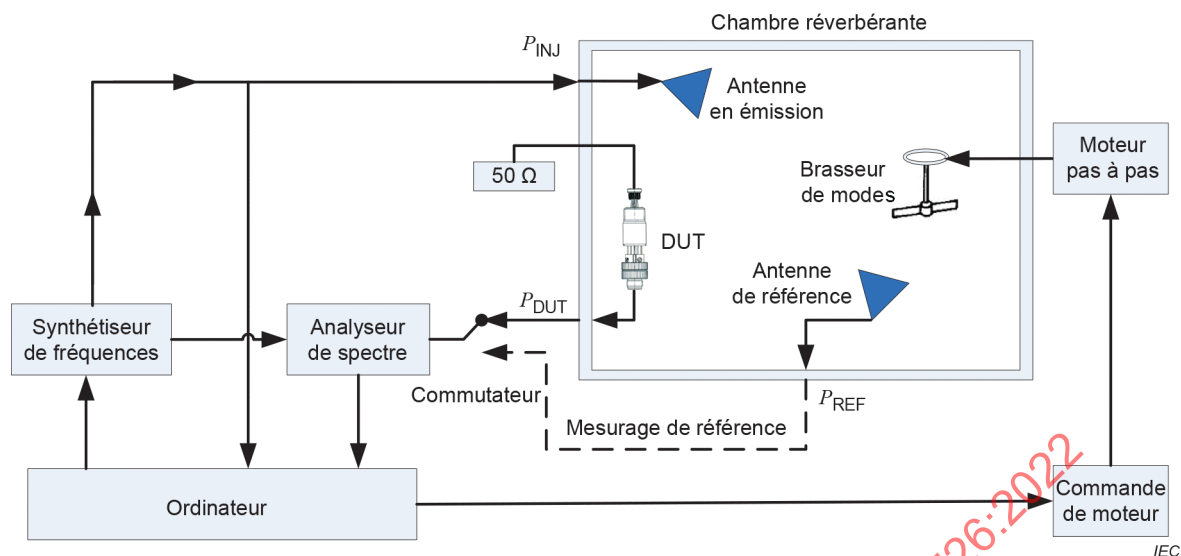


Figure 2 – Exemple de configuration système de l'affaiblissement d'écran par chambre réverbérante au moyen d'un seul analyseur de spectre

5 Appareils de mesure

5.1 Instruments d'essai généraux

5.1.1 Synthétiseur de fréquences

Un synthétiseur de fréquences ou une autre source de fréquence doit être utilisé(e), et sa puissance de sortie, sa plage de fréquences et sa largeur de bande de transmission doivent satisfaire aux exigences de mesure. Afin d'assurer la répétabilité de mesure, il convient que la stabilité de fréquence du synthétiseur de fréquences ou d'une autre source de fréquences soit meilleure que 10^{-6} .

5.1.2 Analyseur de spectre

Il convient que la plage de fréquences, la largeur de bande de résolution et la sensibilité de l'analyseur de spectre satisfont aux exigences de mesure. D'autres appareils qui proposent la même fonction, comme un récepteur d'essai par brouillage électromagnétique (EMI – *electromagnetic interference*), peuvent également être utilisés.

5.1.3 Chambre réverbérante

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

La chambre réverbérante est généralement une enceinte blindée de forme quelconque. Il convient toutefois d'éviter toute forme parfaitement cubique pour des performances optimales à des fréquences inférieures. La chambre doit être constituée de matériaux conducteurs (cuivre, aluminium ou acier) et ne doit pas contenir de matériaux dissipatifs.

La limite de fréquence supérieure dépend de la qualité de l'enceinte blindée et des câbles. De plus, la sensibilité des instruments de mesure utilisés limite également la fréquence maximale. En théorie, il n'existe aucune limite supérieure pour la fréquence de mesure de la chambre réverbérante lorsque sa qualité n'est pas prise en considération.

En règle générale, la chambre réverbérante doit fonctionner avec un nombre de modes suffisant, et il convient que la fréquence de fonctionnement soit supérieure à la fréquence de mode de cavité telle que calculée à partir de la Formule (3):

$$f > f_{mnp} = \frac{c_0}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{l}\right)^2 + \left(\frac{n}{w}\right)^2 + \left(\frac{p}{h}\right)^2} \quad (3)$$

où l , w et h représentent la longueur, la largeur et la hauteur de la chambre réverbérante respectivement, m , n et p représentent des entiers, et la plage de valeurs s'étend jusqu'au nombre de modes de la chambre réverbérante.

Il peut être déduit de la Formule (3) que la fréquence utilisable la plus faible (LUF – *lowest usable frequency*) de la chambre réverbérante est limitée par la taille de cette dernière. Plus le volume est grand, plus la LUF est faible, et le nombre de modes de la chambre réverbérante est directement proportionnel à la fréquence de mesure et à la taille de la chambre. L'augmentation de la taille de la chambre réverbérante et l'élévation de la fréquence d'essai peuvent toutes deux accroître le nombre de modes de ladite chambre. Par conséquent, il convient que la taille de la chambre réverbérante soit suffisamment grande pour satisfaire aux exigences applicables à la fréquence de mode et au nombre de modes pour des mesurages à des fréquences inférieures.

Pour des exigences et des instructions plus détaillées applicables aux chambres réverbérantes, se reporter à l'IEC 61000-4-21.

5.1.4 Brasseur de modes

Le brasseur de modes doit être de grande taille en corrélation avec la longueur d'onde et doit former un angle avec les parois de la chambre. Le brasseur de modes doit avoir au moins deux longueurs d'onde à la fréquence de mesure la plus basse d'une extrémité à l'autre. Au besoin, deux brasseurs de modes ou plus peuvent être fournis.

5.1.5 Antenne en émission

L'antenne en émission doit être une antenne à large bande capable de couvrir la plage de fréquences de fonctionnement, et sa direction d'émission doit pointer l'angle de la chambre réverbérante ou le brasseur de modes afin d'éviter toute exposition directe à l'antenne de référence. Il convient que l'antenne présente des résonances limitées dans la plage de fréquences et n'introduise pas de pertes.

Les antennes recommandées pour les différentes bandes de fréquences sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Antennes recommandées

Plage de fréquences	Type d'antenne
≤1 GHz	Antenne dipolaire
≥1 GHz	Antenne cornet

5.1.6 Antenne de référence

L'antenne de référence doit être du même type que l'antenne en émission, et sa direction de polarisation doit être perpendiculaire à celle de ladite antenne.

5.1.7 Moteur pas-à-pas

Il convient que l'entraînement du moteur pas à pas utilise un couple suffisant pour contrôler l'angle et la vitesse.

5.1.8 Dispositifs de liaison

Des câbles coaxiaux semi-rigides à perte faible et avec un bon affaiblissement d'écran doivent être utilisés comme câbles d'essai destinés à relier l'analyseur de spectre au DUT. Pour éviter les résonances, le DUT est inséré à l'intérieur d'une boucle de câble d'essai dont la longueur est supérieure à quatre longueurs d'onde à la fréquence minimale. Il convient que le câble de liaison de l'analyseur de spectre à l'antenne de référence soit conforme à la longueur et à la qualité du câble d'essai qui relie ce même analyseur au DUT. Il est exigé que les câbles d'essai, les connecteurs associés, les adaptateurs, les charges, etc. aient un affaiblissement d'écran qui soit d'au moins 10 dB meilleur que celui du DUT, de manière à vérifier que la fuite mesurée est provoquée par ce dispositif.

5.1.9 Autres instruments

Le wattmètre, le coupleur directionnel, l'amplificateur de puissance et tout autre matériel de commande peuvent être utilisés pour améliorer les performances du système de mesure. Il convient que ces instruments satisfassent aux exigences de mesure.

5.2 Exigences d'affaiblissement de réflexion pour les dispositifs de liaison

Il convient que tous les composants du système de mesure soient de bonne qualité, avec un affaiblissement de réflexion à l'entrée et à la sortie égal à 15 dB ou meilleur. Ce principe s'applique particulièrement à tous les composants, câbles et instruments dans les trajets du signal entre l'antenne de référence et l'analyseur de spectre, ainsi qu'entre le DUT et ce même analyseur, qui doivent satisfaire à cette exigence.

Cette exigence peut être difficile à réaliser pour certains DUT. Dans ce cas, un graphique de l'affaiblissement de réflexion en fonction de la fréquence doit être inclus dans la documentation.

5.3 Système d'échantillonnage

5.3.1 Généralités

Le système d'échantillonnage doit obtenir les valeurs de puissance des signaux provenant de l'antenne de référence et du DUT sur un tour du brasseur de modes. Le récepteur peut être relié à l'ordinateur par l'intermédiaire de l'interface de commande, et les échantillons peuvent être obtenus et traités par logiciel.

Différentes approches sont acceptables selon les performances des équipements:

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

Le choix d'un mode de mesure doit reconnaître que:

- le réglage par pas est lent et exige la réalisation d'un grand nombre de mesurages d'échantillons par tour du brasseur de modes. Cette procédure permet cependant d'obtenir une meilleure exactitude des mesurages;
- le réglage en continu peut assurer une rotation et un brassage continus afin d'obtenir des données. Il présente également un gain de temps très important, mais exige un récepteur moderne et stable.

Par conséquent, les deux méthodes d'échantillonnage de données suivantes peuvent être utilisées pour réaliser l'échantillonnage de la puissance des signaux:

- a) système d'échantillonnage normal;
- b) système d'échantillonnage rapide.

5.3.2 Système d'échantillonnage normal

Le système d'échantillonnage normal offre une plage dynamique élevée, particulièrement lorsque des amplificateurs à puissance contrôlée sont utilisés à la sortie du générateur.

La rotation du brasseur de modes s'effectue selon différentes positions (par exemple, 50) par taille de pas fixe. Le nombre des positions dépend de la LUF de la chambre, comme cela est recommandé dans l'IEC 61000-4-21 et présenté dans le Tableau 2. L'analyseur de spectre effectue un échantillonnage séparé des signaux, puis stocke chaque donnée de puissance dans l'ordinateur pour un traitement ultérieur. Le système contrôle la rotation du brasseur de modes par la commande du moteur pas à pas.

Tableau 2 – Nombre de positions d'échantillonnage recommandées pour étalonnage et essai

Plage de fréquences	$f_L \sim 3f_L$	$3f_L \sim 6f_L$	$6f_L \sim 10f_L$	$>10f_L$
Nombre de positions	50	18	12	12

NOTE f_L est la fréquence utilisable la plus faible (LUF) de la chambre.

Le processus d'échantillonnage est le suivant:

- Le synthétiseur de fréquences est réglé pour fournir une puissance constante à une fréquence fixe, et le brasseur est réglé pour tourner selon une position définie (par exemple, 50 positions pendant un cycle);
- L'analyseur de spectre est connecté à la sortie de l'antenne de référence ou du DUT. Son filtre de résolution est centré sur la fréquence d'émission du synthétiseur et maintenu fixe (SPAN 0: mode démodulateur).
- Le spot effectue le balayage et l'échantillonnage à chaque position pendant une durée donnée. Après rotation du brasseur pendant un cycle complet, la puissance maximale ou la puissance moyenne est enregistrée comme valeur P_{REF} ou P_{DUT} .

5.3.3 Système d'échantillonnage rapide

Le système d'échantillonnage rapide tourne le brasseur de modes de manière continue à une vitesse modérée, et conjointement, l'ordinateur contrôle l'analyseur de spectre afin d'échantillonner la puissance de signal, de manière à obtenir rapidement la puissance de signal sur une rotation, ce qui raccourcit le temps de mesure. Pour un système d'échantillonnage plus rapide, un analyseur de spectre avec un synthétiseur de poursuite synchronisé est utilisé [1]¹. La largeur de bande de résolution est réglée selon les exigences relatives à la plage dynamique. Par ailleurs, lorsque la méthode d'obtention de la puissance de crête est appliquée, la fonction "maintien de la crête" doit être utilisée.

- Le synthétiseur de fréquences est réglé pour fournir une puissance constante à une fréquence fixe, et le brasseur est réglé pour tourner de manière continue (par exemple, 1 tour toutes les 5 s).
- Pour une plage dynamique plus élevée, la largeur de bande de résolution doit être réduite. Il faut garder à l'esprit que cette configuration peut prolonger le mesurage de manière significative, parce qu'une largeur de bande de mesure réduite est associée à un temps de balayage prolongé.
- Afin de vérifier l'enregistrement d'un nombre suffisant d'échantillons indépendants, le temps de balayage du récepteur et la période de rotation du brasseur ne doivent pas être égaux ou des multiples entiers.

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

- d) Après l'enregistrement d'un nombre suffisant d'échantillons indépendants, la puissance maximale ou la puissance moyenne est enregistrée comme valeur P_{REF} ou P_{DUT} .

6 DUT

6.1 Préparation du DUT

6.1.1 Câbles

Il est nécessaire de relier le câble en essai à un connecteur adapté avec un bon affaiblissement d'écran afin de constituer un cordon de mesure. Le connecteur adapté doit être choisi de manière à pouvoir être relié directement au système, afin de réduire l'effet de la liaison de connexion. L'affaiblissement d'écran du connecteur adapté est d'au moins 10 dB meilleur que la valeur exigée du câble en essai.

6.1.2 Connecteur

Connecteur pour câble: il est nécessaire de relier le connecteur en essai à un câble semi-rigide avec un bon affaiblissement d'écran afin de constituer des cordons pour essai. Il convient que le câble semi-rigide soit adapté au connecteur en essai et que son affaiblissement d'écran soit d'au moins 10 dB meilleur que la valeur exigée du câble en essai.

Connecteur à microruban: il convient de le relier au système de mesure au moyen d'un équipement d'essai approprié.

Adaptateur: il convient de le relier au système de mesure directement ou à l'aide d'autres adaptateurs.

6.1.3 Cordons

Les cordons peuvent être reliés au système de mesure directement ou à l'aide d'adaptateurs.

6.1.4 Composants hyperfréquence passifs

Les composants hyperfréquence passifs en essai peuvent être reliés au système directement ou au moyen d'un équipement d'essai approprié, voire à l'aide d'adaptateurs appropriés.

6.2 Installation du DUT

Pour éviter toute résonance et améliorer l'exactitude du mesurage effectué, il convient de placer le DUT comme suit:

- 1) Le dispositif doit être relié à l'extrémité d'essai du câble d'essai.
- 2) Placer le DUT au centre de la chambre réverbérante sans en toucher la paroi. Il est nécessaire que le DUT maintienne au moins une distance égale à une longueur d'onde par rapport à la paroi de la chambre réverbérante, correspondant à la fréquence de mesure la plus basse.
- 3) Le câble en essai doit être courbé selon la norme pertinente ou comme cela est spécifié par le fabricant, au besoin.
- 4) Il convient de prendre les mesures nécessaires pendant le mesurage, par exemple, emballage avec une feuille d'aluminium, afin de protéger les dispositifs de liaison.