

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Metallic communication cable test methods –
Part 4-10: Electromagnetic compatibility (EMC) – Transfer impedance and
screening attenuation of feed-throughs and electromagnetic gaskets – Double
coaxial test method**

**Méthodes d'essai des câbles métalliques de communication –
Partie 4-10: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Impédance de transfert et
affaiblissement d'écran des traversées et des joints d'étanchéité
électromagnétiques – Méthode d'essai coaxiale double**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 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
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.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries 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

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and definitions clause of IEC publications issued between 2002 and 2015. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques 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

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et définitions des publications IEC parues entre 2002 et 2015. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Metallic communication cable test methods –
Part 4-10: Electromagnetic compatibility (EMC) – Transfer impedance and
screening attenuation of feed-throughs and electromagnetic gaskets – Double
coaxial test method**

**Méthodes d'essai des câbles métalliques de communication –
Partie 4-10: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Impédance de transfert et
affaiblissement d'écran des traversées et des joints d'étanchéité
électromagnétiques – Méthode d'essai coaxiale double**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.100.10; 33.120.10

ISBN 978-2-8322-8734-7

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62153-4-10:2015+AMD1:2020 CSV

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



**Metallic communication cable test methods –
Part 4-10: Electromagnetic compatibility (EMC) – Transfer impedance and
screening attenuation of feed-throughs and electromagnetic gaskets – Double
coaxial test method**

**Méthodes d'essai des câbles métalliques de communication –
Partie 4-10: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Impédance de transfert et
affaiblissement d'écran des traversées et des joints d'étanchéité
électromagnétiques – Méthode d'essai coaxiale double**

CONTENTS

FOREWORD	4
1 Scope	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Principle of the test method	9
5 Procedure.....	12
5.1 Equipment	12
5.2 Dynamic range.....	12
5.3 Verification of the test set-up	12
5.4 Sample preparation.....	12
6 Measurement.....	12
6.1 General.....	12
6.2 Screening attenuation	12
6.3 Transfer impedance	12
7 Expression of results	13
7.1 Transfer impedance	13
7.2 Screening attenuation	13
7.3 Requirements	13
Annex A (informative) Background for the measurement of the shielding effectiveness of feed-throughs and electromagnetic gaskets	14
A.1 General.....	14
A.2 Theoretical model of the test procedure	15
A.3 Performing measurements	16
A.3.1 Characteristic impedance uniformity of the test fixture	16
A.3.2 Measuring EMI-gaskets by using a NWA	16
A.3.3 Pictures and measurement results	17
Annex B (informative) Reference device for verification measurement	23
B.1 General.....	23
B.2 Design of the reference device.....	23
B.3 Verification measurement result.....	24
Annex C (informative) Impact of ground loops on low frequency measurements	25
C.1 General.....	25
C.2 Analysis of the test set-up.....	25
Annex D (informative) Measurement of the transfer impedance of conductive gaskets with controlled contact pressure.....	28
D.1 General.....	28
D.2 Measuring equipment and auxiliary measuring devices	28
D.3 Test setup.....	28
D.4 Test specimen	29
D.5 Measurement procedure	30
D.5.1 Test method A: matched RF-generator and test receiver	30
D.5.2 Test method B: un-matched NWA measurement	30
D.5.3 Both methods	30
D.6 Expression of results	31
D.6.1 Method A: matched RF-generator and test receiver measurement	31

D.6.2 Method B: un-matched NWA measurement.....	31
Bibliography.....	32
Figure 1 – A two-port	7
Figure 2 – Equivalent circuit of the test set-up and definition of Z_T	7
Figure 3 – Cross-section of a typical feed-through configuration	10
Figure 4 – Cross-section of the test fixture with a connector	10
Figure 5 – Cross-section of the test fixture with an electromagnetic gasket.....	11
Figure A.1 – Cross-section of a typical feed-through configuration	14
Figure A.2 – Cross-section of the test fixture with a connector	15
Figure A.3 – Equivalent circuit of the test setup with the shunt admittance y of the feed-through	15
Figure A.4 – TDR step response at input-port of test fixture	16
Figure A.5 – View of the test fixture connected to a network analyzer	18
Figure A.6 – Top view of the test fixture	18
Figure A.7 – Detailed view of the contact area	18
Figure A.8 – Detailed view of the captivation for the conductive O-ring test.....	19
Figure A.9 – Isolation of the network analyzer.....	20
Figure A.10 – Isolation of the test fixture when characterizing an ideal short (metal plate)	20
Figure A.11 – Measured operational screening transmission when characterizing a typical conductive O-ring.....	21
Figure A.12 – Transfer impedance Z_T of a typical conductive O-ring.....	21
Figure A.13 – Screening attenuation a_s of a typical conductive O-ring	22
Figure B.1 – Reference device, e.g. resistors soldered onto a PCB.....	23
Figure B.2 – Typical verification measurement result	24
Figure C.1 – Double coaxial test set-up	25
Figure C.2 – Equivalent circuits of the double coaxial test set-up.....	26
Figure C.3 – Results obtained with (green) and without ferrites on the test leads (blue).....	27
Figure D.1 – Test set-up	28
Figure D.2 – Details of the test fixture	29
Figure D.3 – Specimen size and shape	30
Table D.1 – Specimen size	29

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METALLIC COMMUNICATION CABLE TEST METHODS –

Part 4-10: Electromagnetic compatibility (EMC) – Transfer impedance and screening attenuation of feed-throughs and electromagnetic gaskets – Double coaxial test 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.

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.

IEC 62153-4-10 edition 2.1 contains the second edition (2015-11) [documents 46/563/FDIS and 46/580/RVD] and its amendment 1 (2020-07) [documents 46/736/CDV and 46/769/RVC].

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendment 1. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

International Standard IEC 62153-4-10 has been prepared by IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, R.F. connectors, R.F. and microwave passive components and accessories.

This second edition constitutes a technical revision.

The main technical changes with regard to the previous edition are as follows:

- addition of a new clause that describes a procedure for verification of the measurement set-up and further information regarding sample preparation;
- addition of a new Annex that describes how to improve measurement certainty in the very low frequency area.

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

A list of all parts of the IEC 62153 series, under the general title: *Metallic communication cable test methods*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment 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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication 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.

METALLIC COMMUNICATION CABLE TEST METHODS –

Part 4-10: Electromagnetic compatibility (EMC) – Transfer impedance and screening attenuation of feed-throughs and electromagnetic gaskets – Double coaxial test method

1 Scope

This part of IEC 62153 details a coaxial method suitable for determining the transfer impedance and/or screening attenuation of feed-throughs and electromagnetic gaskets.

The shielded screening attenuation test set-up according to IEC 62153-4-4 (triaxial method) has been modified to take into account the particularities of feed-throughs and gaskets.

A wide dynamic and frequency range can be applied to test even super screened feed-throughs and gaskets with normal instrumentation from low frequencies up to the limit of defined transversal waves in the coaxial circuits at approximately 4 GHz.

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.

Void.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

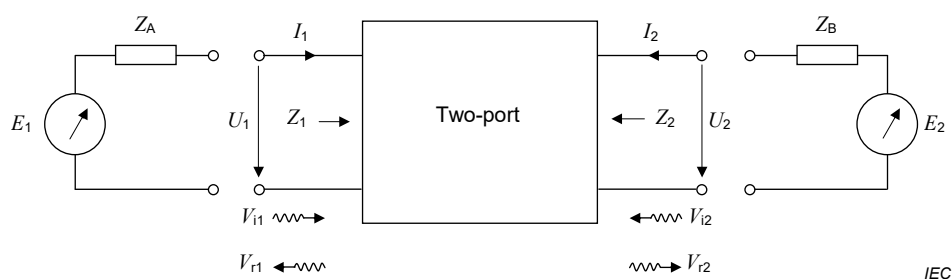
3.1

operational (Betriebs) transfer function in the forward direction H_{B21}

operational (Betriebs) scattering parameter S_{21}

quotient of the reflected square root of power wave fed into the reference impedance of the output of the two-port and the unreflected square root of the power wave consumed at the input of the two-port

EXAMPLE (see Figure 1)



Key

E_1, E_2	network analyzer at input, output respectively	V_{i1}, V_{i2}	incident square root of complex power waves (see note) at input and output, respectively
Z_A, Z_B	reference impedance at input and output respectively	V_{r1}, V_{r2}	reflected square root of complex power waves (see note) at input and output, respectively
I_1, I_2	current at input and output, respectively	Z_1, Z_2	impedance at input and output, respectively
U_1, U_2	voltage at input and output, respectively		

Figure 1 – A two-port

Note 1 to entry: Complex power is the product $U \cdot I$. Apparent power is the product $U \cdot I^*$, which is used in electrical power technique, where the angle between the voltage and current is of interest. I^* is the complex conjugate of the current I .

S_{21} or H_{B21} is the operational (Betriebs) transfer function in the forward direction defined as follows:

$$S_{21} = \frac{V_{r2}}{V_{i1}} \bigg|_{V_{i2}=0} = \frac{2U_2}{E_1} \sqrt{\frac{Z_A}{Z_B}} = H_{B21}$$

See Annex C of IEC TR 62152:2009.

3.2

transfer impedance

equivalent circuit of the measurement of a feed-through or gasket, shunt impedance Z_T between the primary and secondary circuit

EXAMPLE The transfer impedance of an electrically short screen is defined as the quotient of the open circuit voltage U_2 induced to the secondary circuit by the current I_1 fed into the primary circuit or vice versa. See Figure 2.

Z_T of an electrically short screen is expressed in Ω or decibels in relation to 1 Ω .

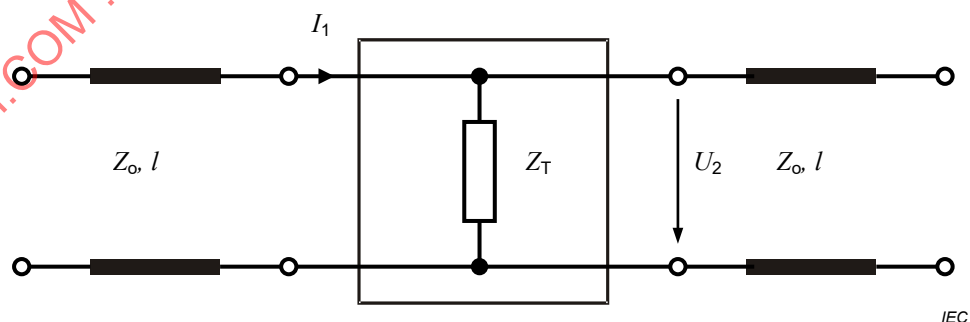


Figure 2 – Equivalent circuit of the test set-up and definition of Z_T

$$Z_T = \frac{U_2}{I_1} \quad (1)$$

$$Z_T = +20 \times \log_{10} \left(\frac{|Z_T|}{1\Omega} \right) \quad (2)$$

3.3

operational (Betriebs) attenuation

the quotient of the unreflected square root of power wave fed into the reference impedance of the input of the two-port and the square root of the power wave consumed by the load of the two-port expressed in dB and radians

Note 1 to entry: See IEC TR 62152.

3.4

screening attenuation

a_s

logarithmic ratio of the incident (unreflected) square root of power wave fed into the nominal impedance of the primary circuit of the test set-up and the periodic maximum values of the square root of power wave $V_{r2, \max}$ coupled into the secondary circuit of the test set-up when its characteristic impedance Z_o is normalized to 150 Ω

EXAMPLE

$$\begin{aligned} a_s &= -20 \times \log_{10} \left(\text{Env} \left| \frac{V_{r2, \max}}{V_{i1}} \right| \right) + 20 \times \log_{10} \left| \frac{\sqrt{150 \Omega}}{\sqrt{Z_o}} \right| = \\ &= 20 \times \log_{10} \left| \frac{1}{\text{Env}(S_{21, \max})} \right| + 20 \times \log_{10} \left| \frac{\sqrt{150 \Omega}}{\sqrt{Z_o}} \right| = \\ &= \text{Min. Env} (A_{B21}) + 20 \times \log_{10} \left| \frac{\sqrt{150 \Omega}}{\sqrt{Z_o}} \right| \end{aligned} \quad (3)$$

where

a_s is the screening attenuation expressed in dB;

$\text{Env} (A_{B21})$ is the operational attenuation recorded as the envelope curve of the measured values in dB (See 7.1);

$\text{Min. Env} (A_{B21})$ is the operational attenuation recorded as the minimum envelope curve of the measured values in dB (See 7.1);

150 Ω is the standardized impedance of the secondary ("outer" or disturbed) circuit.

The screening attenuation, expressed in dB of an electrically short device is:

$$a_s \approx 20 \times \log_{10} \left| \frac{50 \Omega}{Z_T} \right| \quad (4)$$

where

a_s is the screening attenuation expressed in Ω ;

Z_T is the transfer impedance of the device under test.

Note 1 to entry: Formula (4) may be deduced from Formulas (3) and (5) as follows, assuming an electrically short device:

$$a_s = 20 \times \log_{10} \left| \frac{\sqrt{Z_o \times 150 \Omega}}{2 \times Z_T} \right|. \text{ If we assume that } 150 \Omega \approx 3 \times Z_o, \text{ then}$$

$$a_s = 20 \times \log_{10} \left| \frac{150 \Omega}{2\sqrt{3} \times Z_T} \right| \text{ and approximate } 2\sqrt{3} \approx 3 \text{ then } a_s \approx 20 \times \log_{10} \left| \frac{50 \Omega}{Z_T} \right| \text{ and Formula (4) is valid.}$$

In the measurement, both primary and secondary circuits are low impedance. This leads to a 6 dB lower A_{B21} than in e.g. the tube measurement of connectors; see IEC 62153-4-7.

3.5 device under test DUT

connector's body or screen, intended to be mounted to a shielding or screening wall (or box), or an electromagnetic gasket

3.6 triaxial test method

method for measuring the transfer impedance and screening attenuation of passive transmission components like cables and connectors in an triaxial arrangement

Note 1 to entry: Primarily used for components with elongated dimensions and therefore distributed coupling over the transfer impedance along the components.

See also IEC TS 62153-4-1.

3.7 double coaxial test method

method for measuring the transfer impedance and screening attenuation of passive transmission components like connector feed-throughs and electro magnetical gaskets in an cascaded arrangement

Note 1 to entry: Primarily used for short components with concentrated transfer impedance.

See also IEC TS 62153-4-1.

4 Principle of the test method

Figure 3 shows a typical feed-through construction where a coaxial connection is brought into a screened housing to a printed circuit board. Important are the coaxial connector body's and electromagnetic gasket's reliable connection to the screening or shielding box.

The electromagnetic tightness of a connector body's mounting or a gasket is measured as transfer impedance and/or screening attenuation.

The test set-up consists of two RF-tight coaxial systems separated by a metallic wall to which the DUT is mounted. The feed-through test set-up is shown in Figure 4. The gasket test set-up is shown in Figure 5. Here the gasket is pressed between two metallic plates.

The nominal impedances of both sides of the coaxial fixture should be the same as that of the test equipment. The generator side is called the primary circuit or inner circuit and the receiver side is called the secondary circuit or outer circuit.

The set-up is the same for measuring the transfer impedance and the screening attenuation.

Annex A gives a theoretical model of the test set-up. Useful information concerning the triaxial measurement technique is given in [3]¹.

¹ Figures in square brackets refer to the Bibliography.

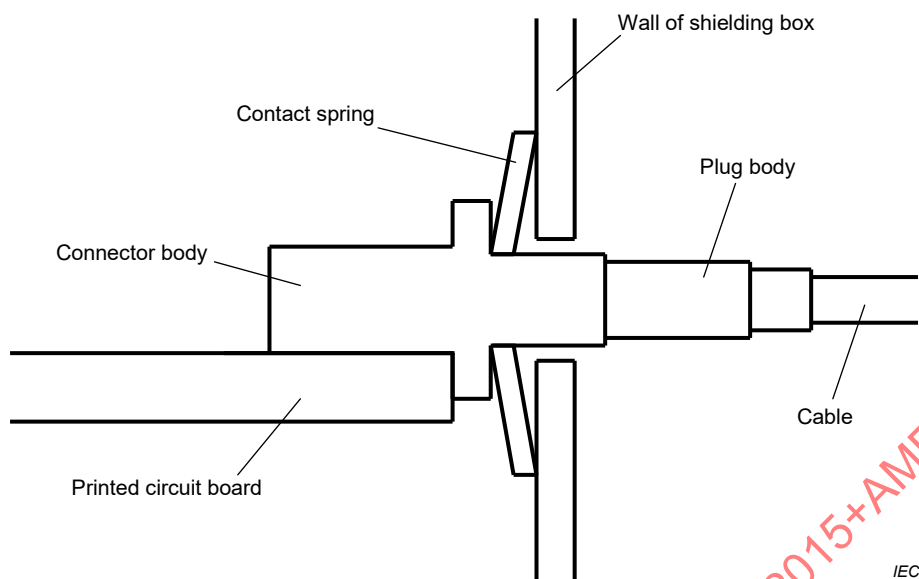
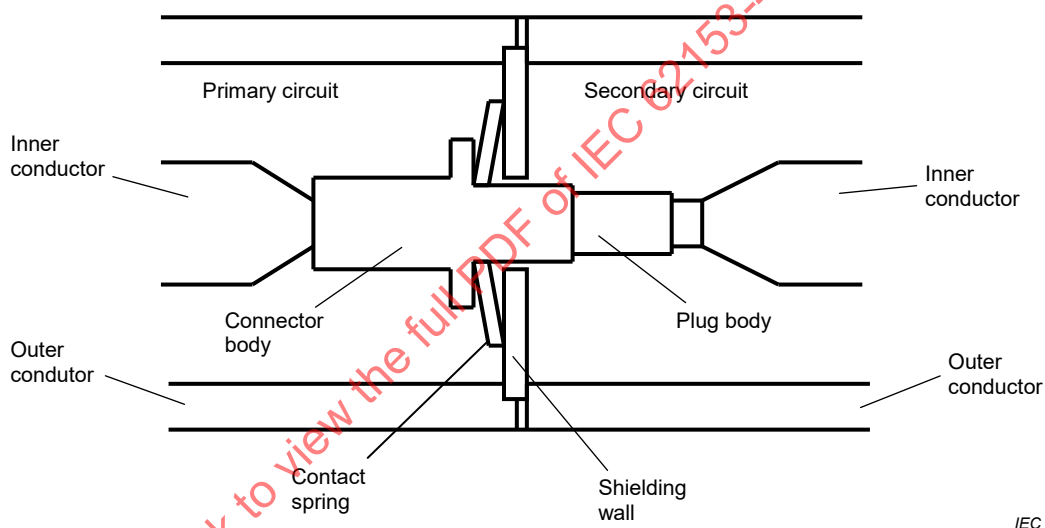
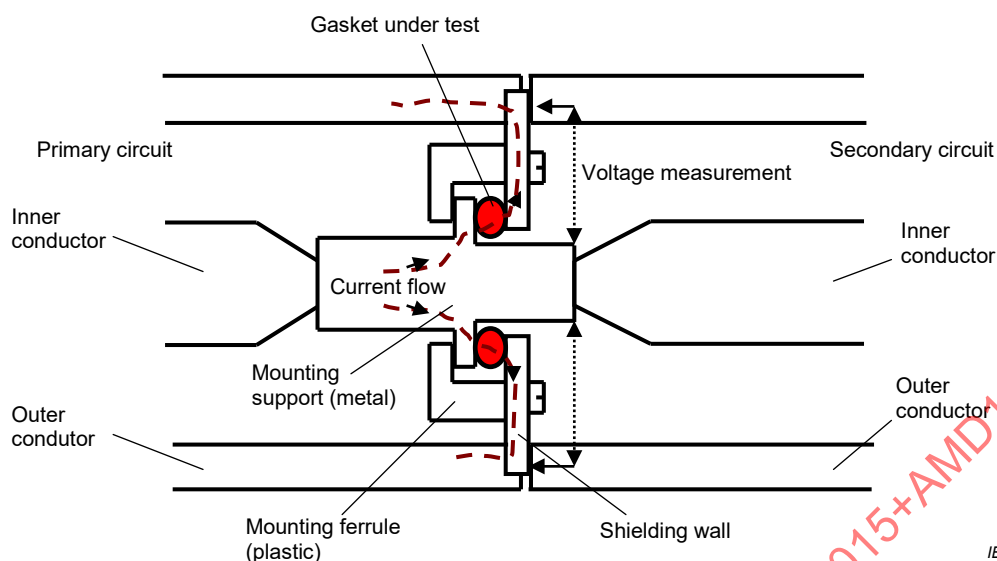


Figure 3 – Cross-section of a typical feed-through configuration



NOTE It is important that the coupled voltage is measured without any disturbing extra coupling voltage not coming from the feed-through under test (compare with Figure 5).

Figure 4 – Cross-section of the test fixture with a connector



In test rig design, care shall be taken that the disturbing current in the primary circuit cannot cause unwanted transition voltages in the measuring secondary circuit. Separate voltage and current “contacts” are a must.

One should not end in a situation where transition or contact resistances of the test rig influence the test results. Special care shall be taken to design the mounting of the test plate between the primary and secondary circuits or systems. Figure 5 shows how to avoid bringing the transition resistance between the mounting plate and primary circuit into the disturbing voltage measurement circuit formed by the secondary circuit of the test system.

It is important that the coupled voltage is measured without any disturbing extra coupling voltage not coming from the gasket under test (compare with Figure 4).

Figure 5 – Cross-section of the test fixture with an electromagnetic gasket

5 Procedure

5.1 Equipment

The test fixture set-up is shown in Figures 3, 4 and 5 and consists of the following:

- a double coaxial test fixture where the sides are separated by metallic wall/walls for mounting of the DUT (Figure 4) (feed-through) or the gasket pressed between two plates, the first one belonging to the centre conductor and primary circuit and the second one to the outer conductor and secondary circuit, Figure 5;
- the RF-tight double coaxial, test fixture which should have preferably a diameter such that the characteristic impedance to the outer tube is $50\ \Omega$ respectively the nominal impedance of the network analyzer or generator and receiver;
- a signal generator with the same characteristic impedance as the test fixture with the mounted DUT or an impedance matching adapter, completed with a power amplifier if necessary for very high screening attenuation;
- a receiver with a calibrated step attenuator or a network analyzer (NWA).

NOTE The generator and the receiver may be included in a network analyzer.

5.2 Dynamic range

The dynamic range (noise floor) of the test setup shall be tested by replacing the DUT by a solid metallic plate.

5.3 Verification of the test set-up

In order to verify the proper function of the applied instrumentation and the calculation of the transfer impedance according to 7.1, it is recommended to do a verification measurement by use of a reference device with known characteristics. An example design of such a device is given in Annex B.

5.4 Sample preparation

The feed-through connector or gasket shall be mounted into the fixture according to the manufacturer's instructions. The specification of the applied contact zones is of particular interest since this defines the contact resistance as an integral part of the transfer impedance of the DUT. Deviating test fixture contact characteristics will result in variations of the measured transfer impedance and screening attenuation, respectively.

6 Measurement

6.1 General

The operational attenuation $A_{B21}(Z_T = \infty)$ of the test fixture with an open circuited DUT ($Z_T = \infty$) shall be measured and recorded vs. frequency.

The operational attenuation A'_{B21} with the feed-through connector mounted to the plate or the gasket inserted is measured and recorded vs. frequency.

The operational attenuation of the feed-through or gasket is then:

$$A_{B21} = A'_{B21} - A_{B21}(Z_T = \infty)$$

6.2 Screening attenuation

See 3.4.

6.3 Transfer impedance

See 3.2.

7 Expression of results

7.1 Transfer impedance

$$Z_T = \frac{S_{21} Z_o}{2} = \frac{H_{B21} Z_o}{2}$$

$$|Z_T| = \frac{|Z_o|}{2} \times 10^{\frac{-A_{B21}}{20}} \quad (5)$$

where

Z_o is the nominal characteristic impedance of the primary and secondary circuits, equal to the impedance of the generator and receiver.

NOTE Contrary to the measurement of the transfer impedance of cable screens, the transfer impedance of the connector is not related to length.

7.2 Screening attenuation

The screening attenuation a_s has to be normalized to the agreed standard conditions where the impedance of the “outer world” or secondary circuit is $Z_s = 150 \Omega$:

$$a_s = \text{Min.Env}(A_{B21}) + 10 \times \log_{10} \left| \frac{Z_s = 150 \Omega}{Z_o} \right| \quad (6)$$

where

a_s is the screening attenuation related to a secondary or outer circuit (“radiating”) impedance of 150Ω in dB;

$\text{Min.Env}(A_{B21})$ is the operational attenuation recorded as the minimum envelope curve of the measured values in dB (see 7.1);

Z_o is the characteristic impedance of the fixture in Ω .

NOTE At frequencies higher than the limit of the electrically short feed-through the measurement, results will be similar to screening attenuation measurement of a long transmission line.

7.3 Requirements

The results of the transfer impedance and/or the screening attenuation shall comply with the value indicated in a relevant specification.

Annex A (informative)

Background for the measurement of the shielding effectiveness of feed-throughs and electromagnetic gaskets

A.1 General

A reference for the measurement of the shielding or screening effectiveness of feed-throughs and electromagnetic gaskets is given in [1]. The following is an excerpt of the main issues of this paper as well as additional information regarding the practical measurement, the details of DUT captivation and the obtained results.

The proper function of modern communication equipment is strongly influenced by the proper EMI shielding of electrical components. Feed-throughs can contribute significantly to the overall EMI level of communication equipment. A cross-section of the typical configuration of a feed-through is shown in Figure A.1. The connector body is soldered onto the circuit board and thus electrically connected to the ground potential of the electrical circuitry.

At higher frequencies, the potential of the circuit board's ground plane is usually not equal to that of the shielding box. A contact spring short-circuits this potential difference. If the contact spring were not present in the setup of Figure A.1, excessive radiation of electromagnetic waves along the cable's outer conductor would be the result.

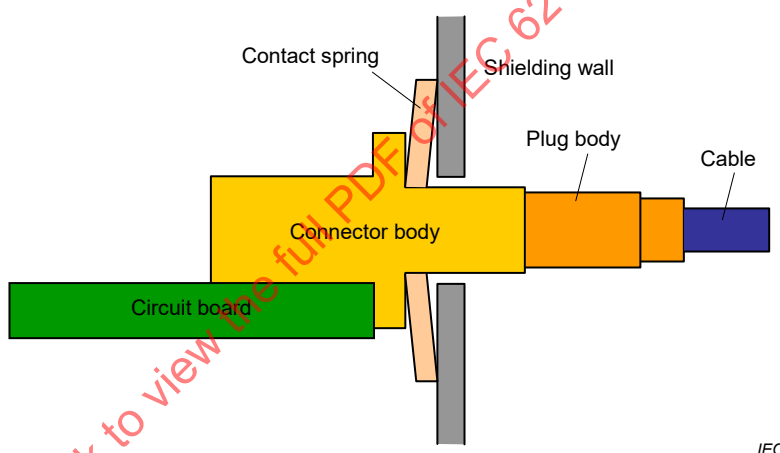


Figure A.1 – Cross-section of a typical feed-through configuration

It is usually a very time-consuming task to evaluate the shielding or screening effectiveness of a feed-through in a test configuration as is recommended in CISPR 25 [4]. The measurement setups that are described therein are generally based on some kind of free space measurement, which requires an anechoic chamber.

The introduction of well-defined electrically conducting boundaries in a test fixture would greatly simplify the measurement procedure.

This is possible by application of a coaxial test setup. A cross-section view of the test fixture is shown in Figure A.2. The section to the left of Figure A.2 represents the inner of a component. A signal is fed to the outer conductor of the connector under test by means of the coaxial line's inner conductor. The amount of RF-leakage that can be detected on the opposite side of the shielding wall is picked up by the centre conductor of the coaxial line to the right. In the case of a two-port operational scattering (S_{21}) parameter or operational forward transfer function measurement, where the two ports of the network analyzer are connected to both coaxial line sections, S_{21} is a direct measure for the shielding efficiency of a feed-through or gasket tested in well defined circumstances that make repeatable and comparable tests possible.

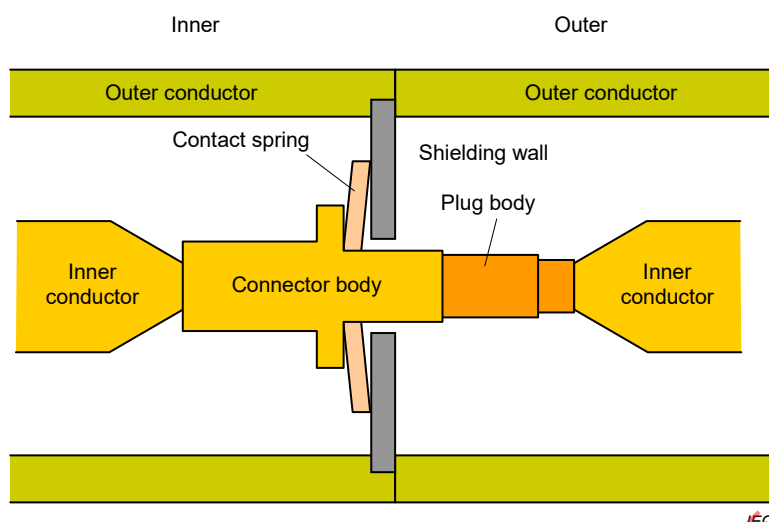


Figure A.2 – Cross-section of the test fixture with a connector

A.2 Theoretical model of the test procedure

Figure A.3 shows an equivalent circuit of the test fixture. The characteristic impedance and length on both sides of the feed-through under test are given by Z_o and l respectively. The normalized, with respect to Z_o , shunt admittance $y = 1/z$ and shunt impedance z represents a simple electrical model for the feed-through. This model is applicable, as long as the wavelength at the frequency of interest is long compared to the dimensions of the structures.

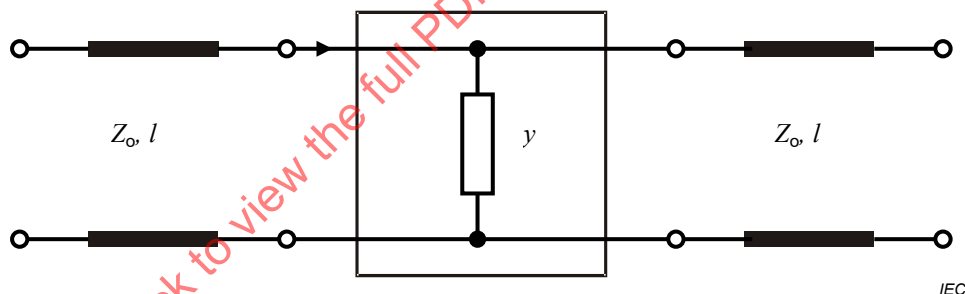


Figure A.3 – Equivalent circuit of the test setup with the shunt admittance y of the feed-through

Following Hoffmann [2] and/or Halme *et al.* [1], the two-port network containing the normalized shunt admittance y or normalized shunt impedance z can be described by the operational S -parameter-matrix when placed between equal impedances which are the normalizing or reference impedances, being $Z_o = Z_L$.

$$\underline{S} = \begin{pmatrix} \frac{-y}{y+2} & \frac{2}{y+2} \\ \frac{2}{y+2} & \frac{-y}{y+2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{-1}{1+2z} & \frac{2z}{1+2z} \\ \frac{2z}{1+2z} & \frac{-1}{1+2z} \end{pmatrix} \quad (\text{A.1})$$

z and y are normalized to the reference impedance Z_o by:

$$z = \frac{1}{y} = \frac{Z}{Z_o} = \frac{1}{Y \cdot Z_o} \quad (\text{A.2})$$

For the case of an ideal open circuit and a short circuit as an equivalent circuit for the feed-through, the following S -matrices are calculated:

for $z \rightarrow 0 : S = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$ (A.3)

or $z \rightarrow \infty : S = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$

Formula (A.1) indicates that the shunt impedance equal to Z_T of the feed-through may be estimated from the measured S -parameter S_{21} by:

$$Z_T = z \cdot Z_o = \frac{S_{21}}{2(1-S_{21})} \cdot Z_o \approx \frac{S_{21}}{2} \cdot Z_o \text{ for } |S_{21}| \ll 1 \quad (\text{A.4})$$

A.3 Performing measurements

A.3.1 Characteristic impedance uniformity of the test fixture

The uniformity of the characteristic impedances within the test fixture is important. Line sections with deviations from the nominal characteristic impedance will cause impedance transformations, resulting in measurements that will generate erroneous calculations of the transfer impedance and the screening attenuation.

Cable measurements with the shielded screening effectiveness test method have shown that to obtain test results, which correspond to the theory, unintended reflection points in the test fixture shall be avoided. The time domain reflectometer (TDR) measurement performed on a test fixture with a through connection shown in Figure A.4 verifies a suitable impedance smoothness of the coaxial line section within the primary and secondary circuit.

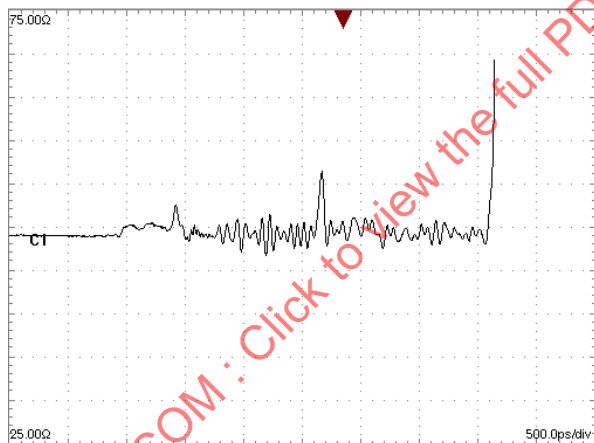


Figure A.4a – Without filter, rise time is 17 ps

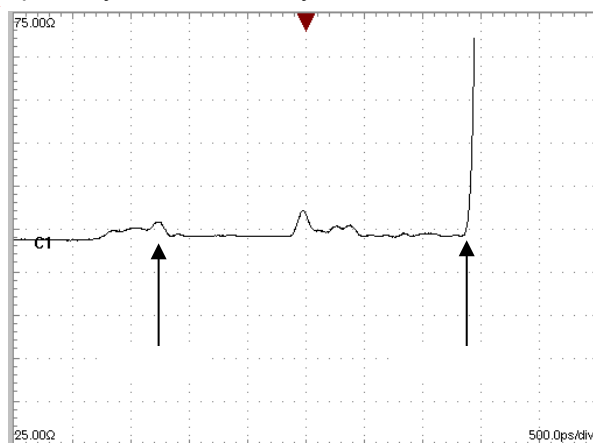


Figure A.4b – With filter, rise time is 73 ps

NOTE The output-port is an open circuit. Test object “through-connection ($Z_T = \infty$)”. (0,5 ns/div or 8,5 cm/div; 5 Ω/div). The filter is lowpass (4,8 GHz).

Figure A.4 – TDR step response at input-port of test fixture

No substantial deviation from the system impedance ($Z_o = 50 \Omega$) with potential to cause screening measurement errors can be observed.

A.3.2 Measuring EMI-gaskets by using a NWA

Screening measurements are performed with appropriate signal generators and receivers. These instruments are included in modern network analyzers (NWA) that also provide easy handling with useful internal functions and calibration procedures to ensure high measurement certainties and simple operation.

An appropriate procedure for the use of a NWA to measure the screening attenuation of a feed-through or an EMI-gasket according to the requirements in Clauses 5, 6 and 7 is given by the following step-by-step procedure.

- a) Ensure the capability of the test fixture, e.g. by TDR measurement of a through connection.
- b) Calibrate the NWA in order to reach sufficient measurement certainty and noise floor.
- c) Measure through connection ($Z_T = \infty$) with NWA and store S_{21} forward transmission log magnitude ($|S_{21}(Z_T = \infty)|$ [dB], equivalent to $-A_{B21}(Z_T = \infty)$).
- d) Ensure the needed dynamic range by replacing the through connection with a solid metallic shielding wall and recording the measured noise floor. Enabling averaging functions may help to reduce noise floor considerably.
- e) Prepare a test captivation for the DUT according to applicable specification or manufacturer's instruction.
- f) Replace the metallic shielding wall with the DUT mounted in the test captivation and measure S_{21} forward transmission log magnitude ($|S'_{21}|$ in [dB], equivalent to $-A'_{B21}$).
- g) Calculate the operational screening transmission $S_{21}[\text{dB}] = S'_{21}[\text{dB}] - S_{21}(Z_T = \infty)[\text{dB}]$ (easily done by applying NWA internal memory and calculation functions).
- h) The operational attenuation of the feed-through or gasket is then $A_{B21} = -S_{21}$ [dB].
- i) Calculate the transfer impedance or screening attenuation according to 7.1 or 7.2 respectively.

A.3.3 Pictures and measurement results

Figure A.5 shows pictures of the applied test fixture connected to a NWA. Figures A.6 and A.7 are detailed views of the test fixture and of the contact areas. Figure A.8 shows detailed pictures and depictions of the applied DUT-test captivation.

To investigate the noise level of the network analyzer, both ports were connected to shorting elements to imitate the test fixture mounted with a low transfer impedance gasket. Results are depicted in Figure A.9. The plot of Figure A.10 shows measurement results when a metal plate is mounted in the test fixture representing the dynamic range. The measured amplitude of S_{21} is comparable to the case where only the noise limit of the network analyzer was measured. This leads to the assumption that even a higher dynamic range can be achieved when a low noise amplifier, LNA, or a receiver with a lower noise floor is applied.

Figure A.11 shows a typical S_{21} measurement result of a conductive O-ring applied as an EMI-gasket. This measurement serves as a basis for the calculation of the transfer impedance Z_T (Figure A.12) or the screening attenuation a_s (Figure A.13) of the DUT according to 7.1 and 7.2, respectively.

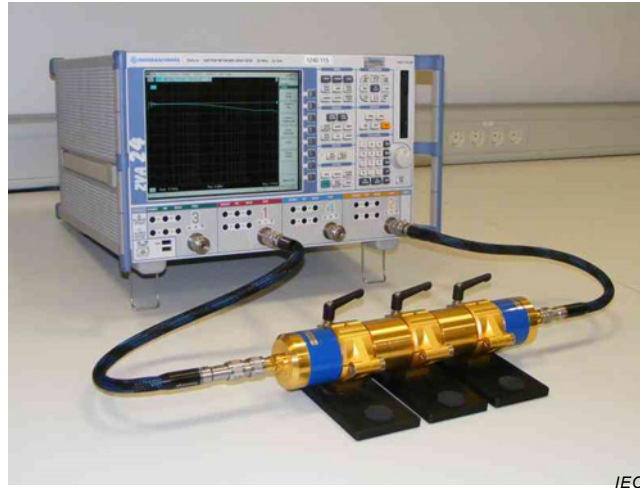


Figure A.5 – View of the test fixture connected to a network analyzer



Figure A.6a – Assembled test fixture



Figure A.6b – Open test fixture

Figure A.6 – Top view of the test fixture



Figure A.7a – De-mounted test captivation



Figure A.7b – Mounted test captivation

Figure A.7 – Detailed view of the contact area

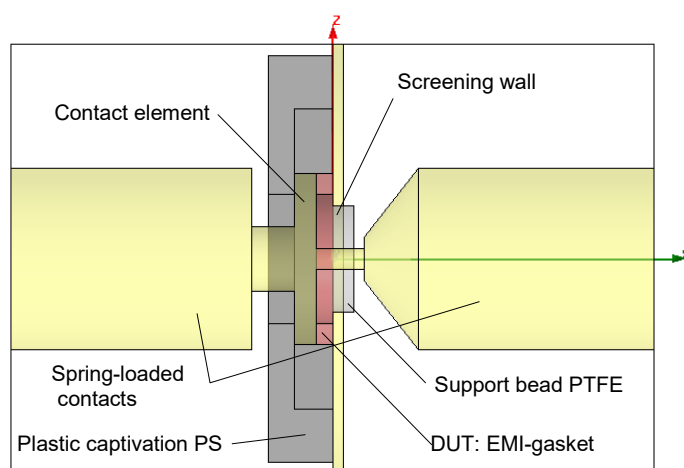


Figure A.8a – Schematic drawing of test captivation



Figure A.8b – De-assembled test captivation



Figure A.8c – Pre-assembled test captivation



Figure A.8d – Front view (aiming at primary circuit)

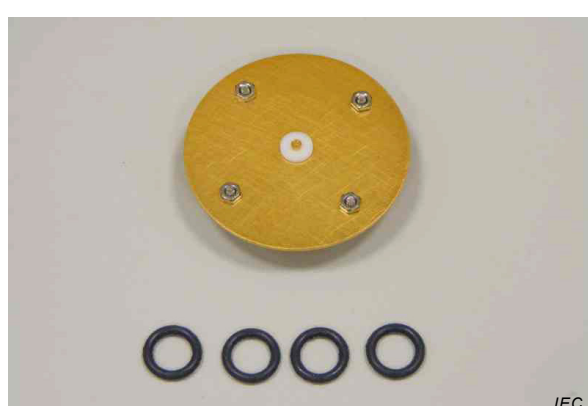


Figure A.8e – Rear view (aiming at secondary circuit)

Figure A.8 – Detailed view of the captivation for the conductive O-ring test

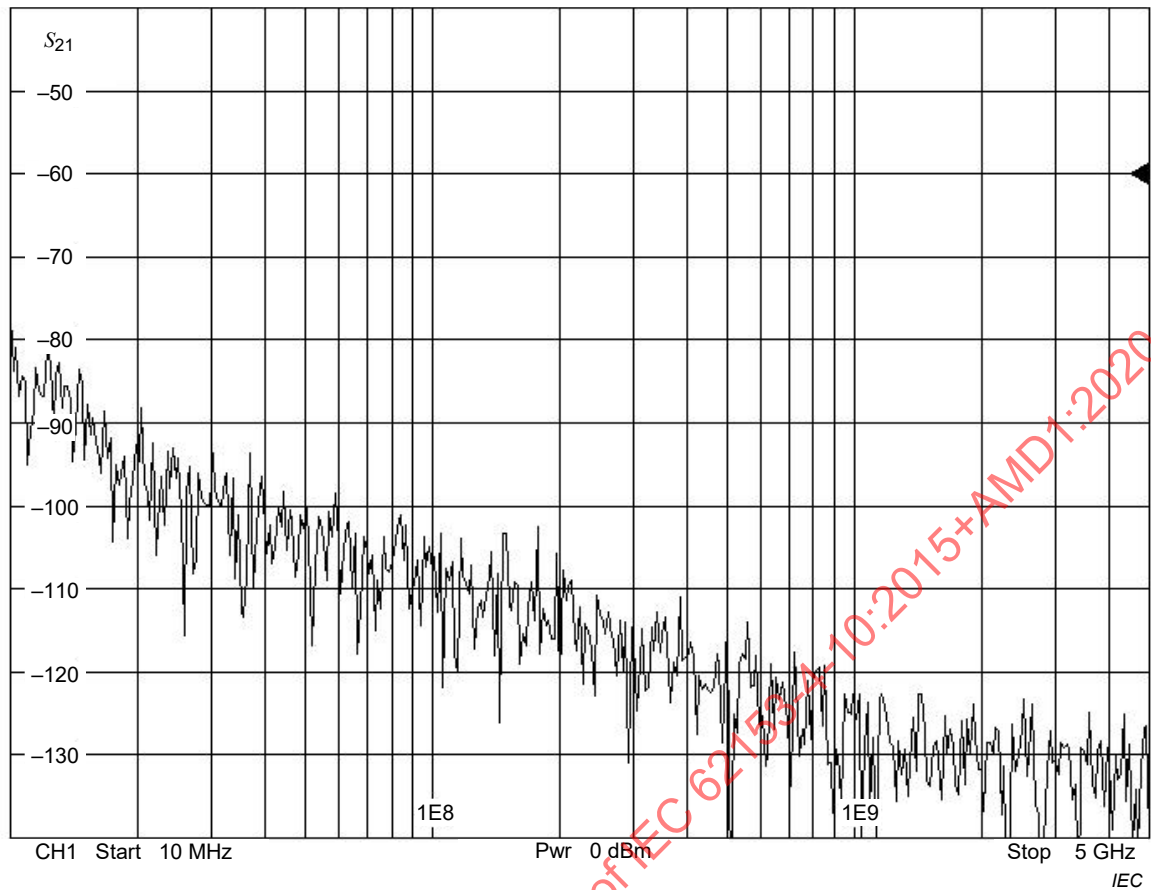


Figure A.9 – Isolation of the network analyzer

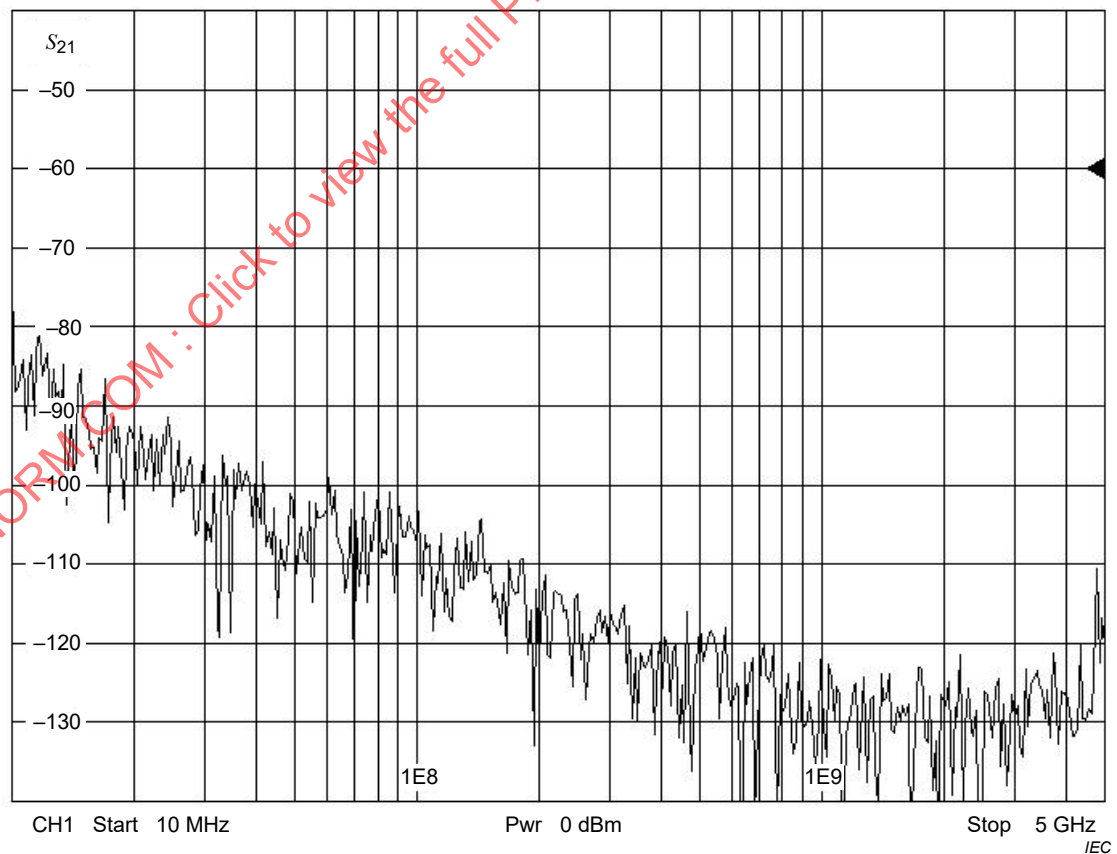


Figure A.10 – Isolation of the test fixture when characterizing an ideal short (metal plate)

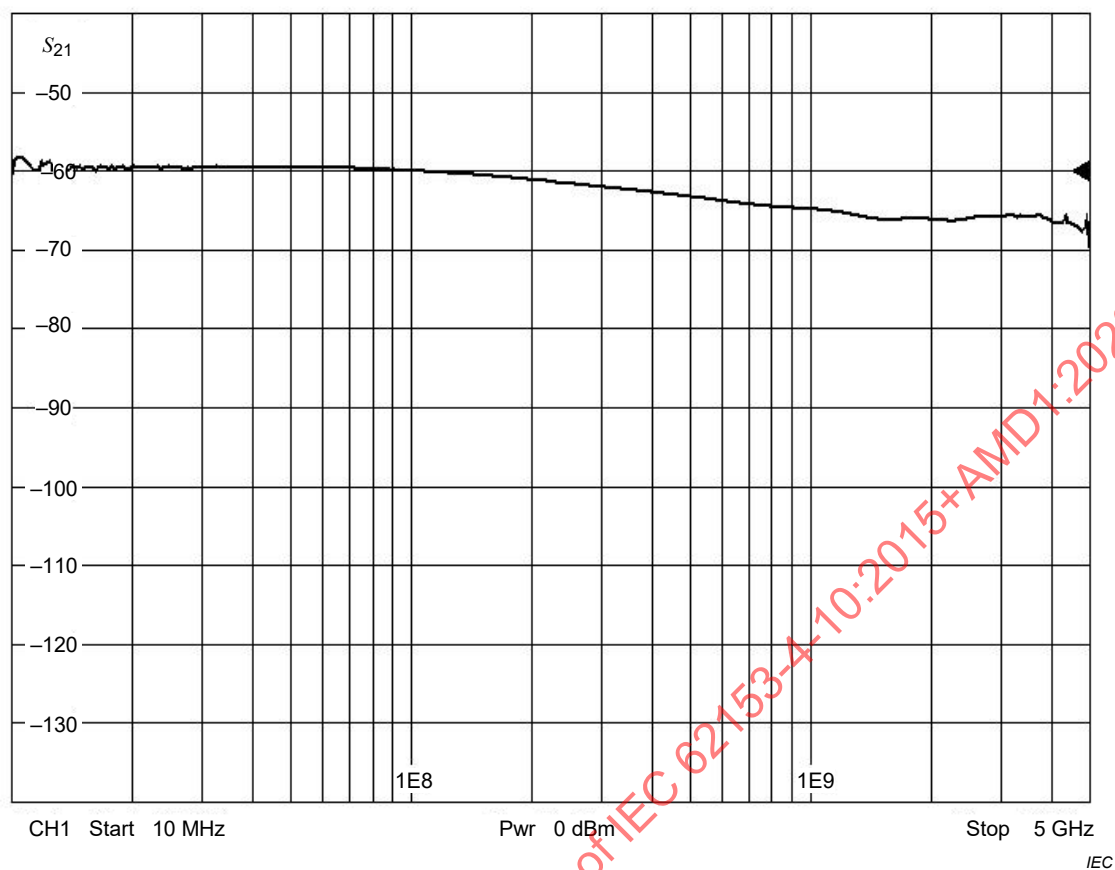


Figure A.11 – Measured operational screening transmission when characterizing a typical conductive O-ring

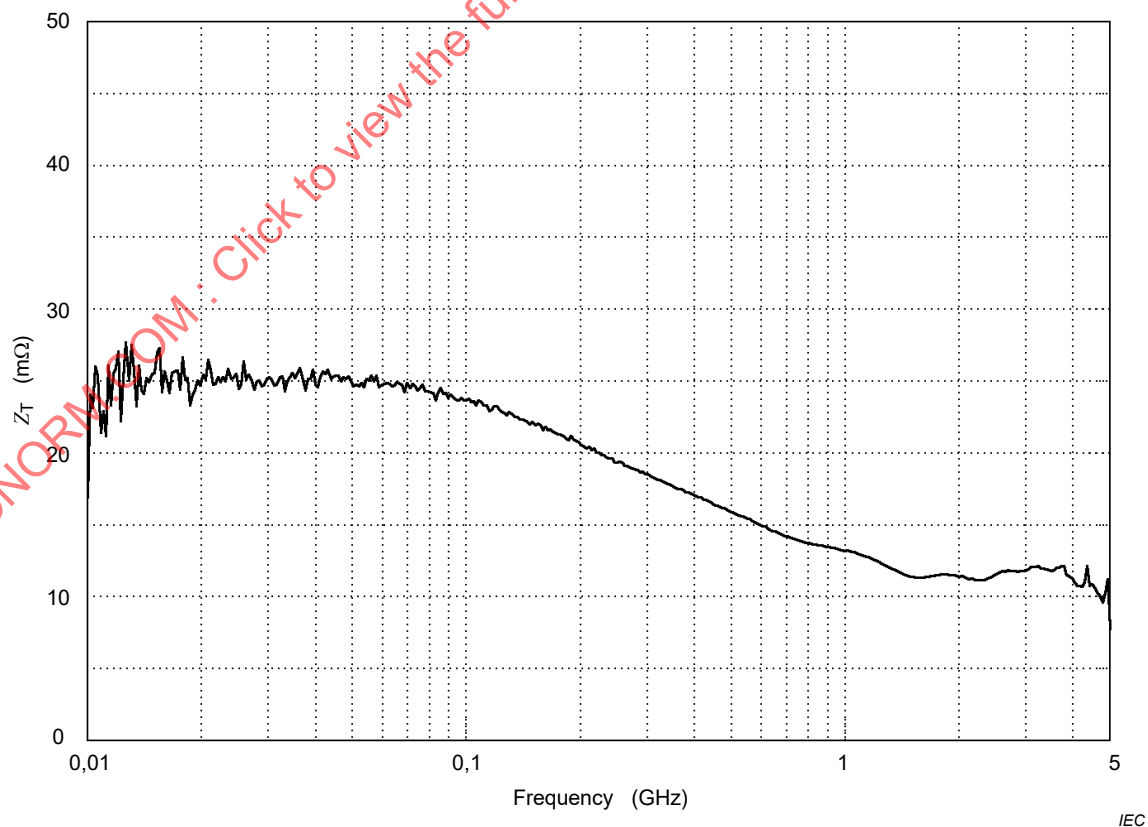


Figure A.12 – Transfer impedance Z_T of a typical conductive O-ring

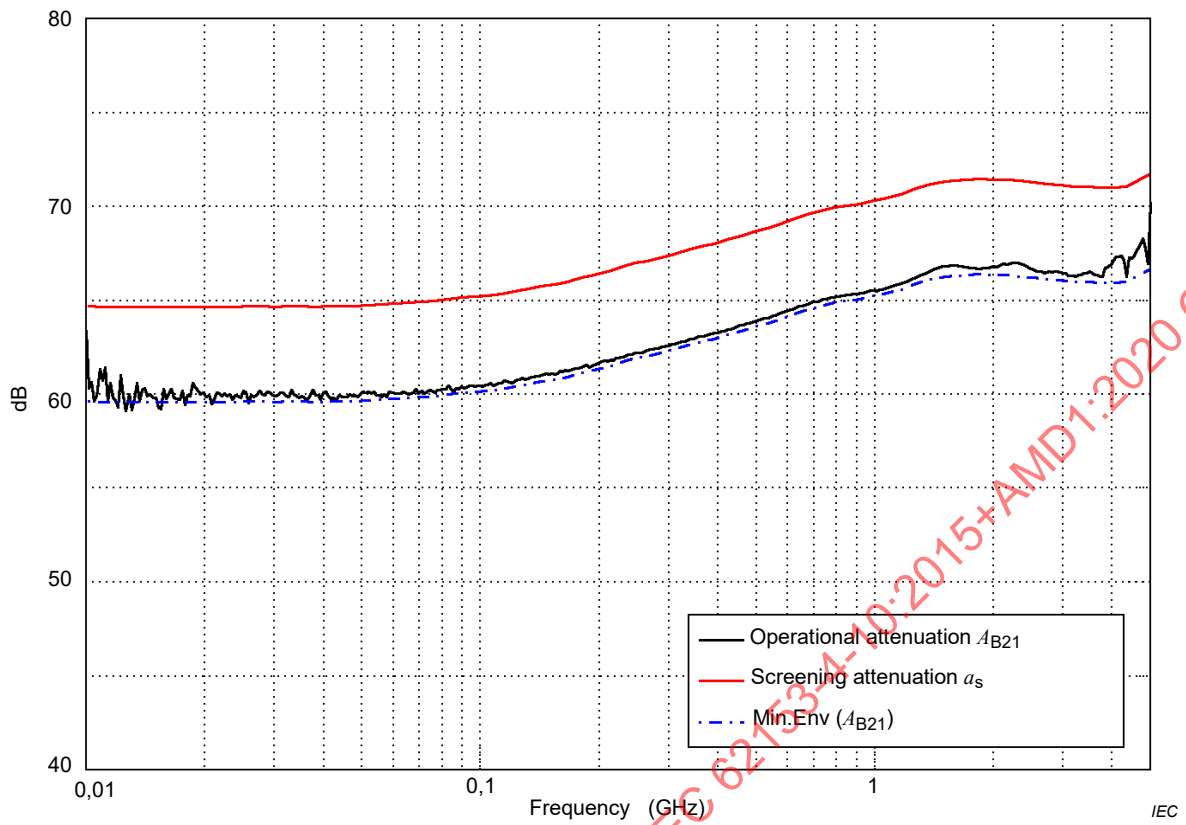


Figure A.13 – Screening attenuation a_s of a typical conductive O-ring

Annex B (informative)

Reference device for verification measurement

B.1 General

In order to verify the proper function of the applied instrumentation and the calculation of the transfer impedance according to 7.1 it is recommended to do a verification measurement by the use of a reference device. Beginning with the physical characteristic of the transfer impedance Z_T which is a linear combination of a resistive and a magnetic component, described by:

$$Z_T = R + j\omega M$$

where

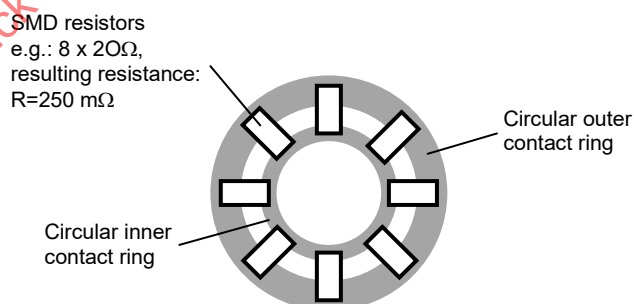
R is the resistive component, and

M is the magnetic (inductive) component,

the basic idea behind the verification measurement is to compare the resistive component R of the measured transfer impedance Z_T of the reference device to the value obtained by a very precisely milliohm meter measurement. The desired characteristic for the reference device is to achieve a wide frequency area that shows up a stable value of the resistive component. This requirement can be realized by a design that has a minimum magnetic component. Also, an increase of the resistive component pushes the frequency where the magnetic component predominates the resistive component towards higher values. On the other hand, the investigation of the relative measurement deviation does not require measurements done at specifically low values for Z_T or small transmission coefficients S_{21} , respectively.

B.2 Design of the reference device

An example design of such a device is given in Figure B.1. This design includes SMD resistors that are characterized by having low inductances. The resistors are soldered to a printed circuit board to provide the needed mechanical properties. The board design provides an inner contact zone that is soldered to a turned contact element and an outer contact zone in order to ensure connection to the shielding wall of the test fixture.



IEC

Figure B.1 – Reference device, e.g. resistors soldered onto a PCB

The outer connection should be realised in a complete circular manner. Alternatively, direct soldering to the shielding wall or the use of an additional outer contact device is appropriate. The second gives the advantage of an applicability to test fixtures of different sizes. As a simple solution, this optional additional contact device can be made of a modified metallic cable feed-through.

B.3 Verification measurement result

A typical verification measurement result is depicted in Figure B.2. The graph is characterized by a wide frequency area showing up a stable value for the transfer impedance that corresponds to the milliohm measurement result of the device which is in this case 250mΩ. Towards higher frequencies the magnetic component results in an approximate 20dB/dec increase of the transfer impedance curve.

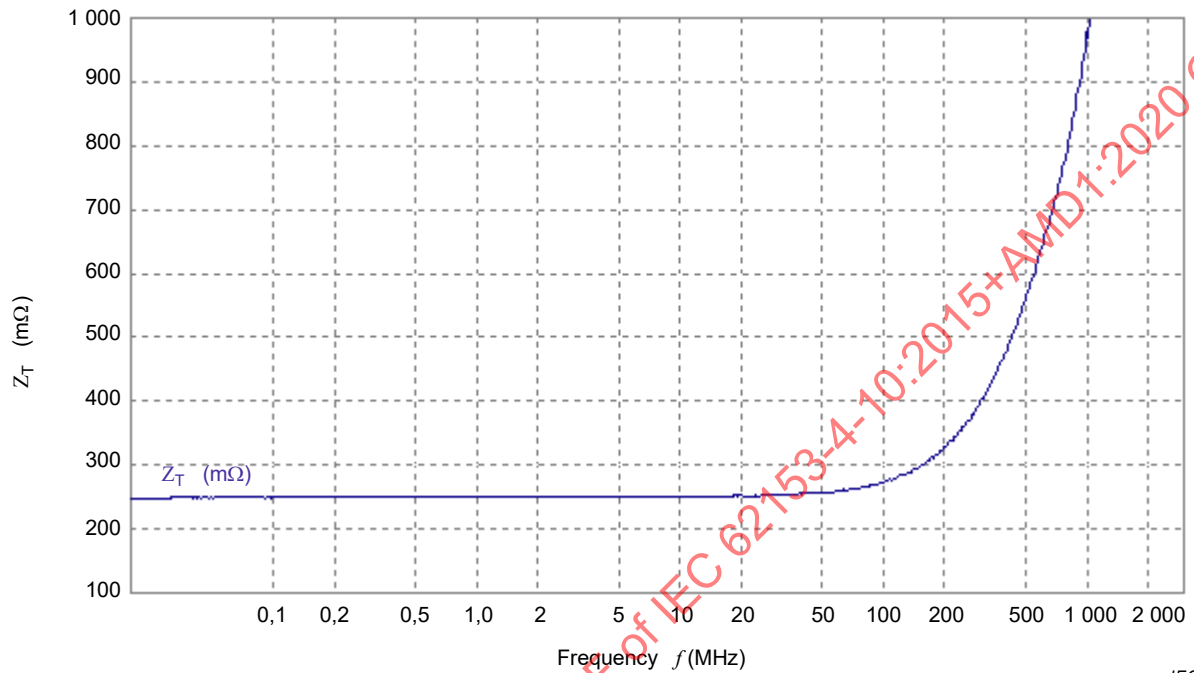


Figure B.2 – Typical verification measurement result

Annex C (informative)

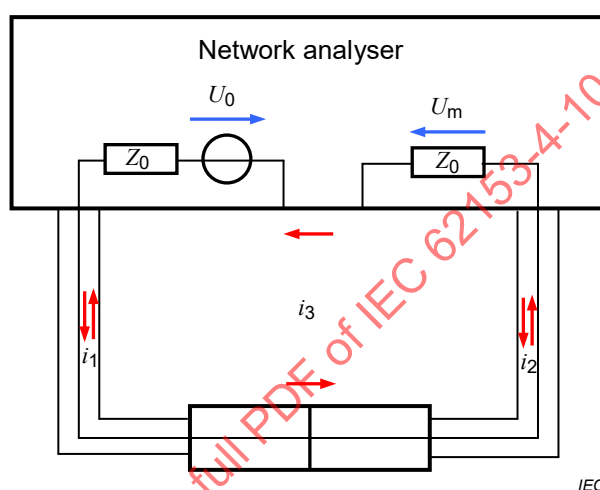
Impact of ground loops on low frequency measurements

C.1 General

In general test configurations the generator and the receiver have the same ground potential. This is not only valid when using network analyzer but also when using a separate generator and receiver as long both are connected directly to the power supply (due to the earthing conductor). This ground loop leads to measurement errors especially at lower frequencies.

C.2 Analysis of the test set-up

Figure C.1 below shows a usual double coaxial test set-up for the measurement of the transfer impedance.



Key

Z_0 System impedance (of generator and receiver)

U_0 Generator source voltage

i_1, i_2, i_3 Loop currents

U_m Receiver voltage

Figure C.1 – Double coaxial test set-up

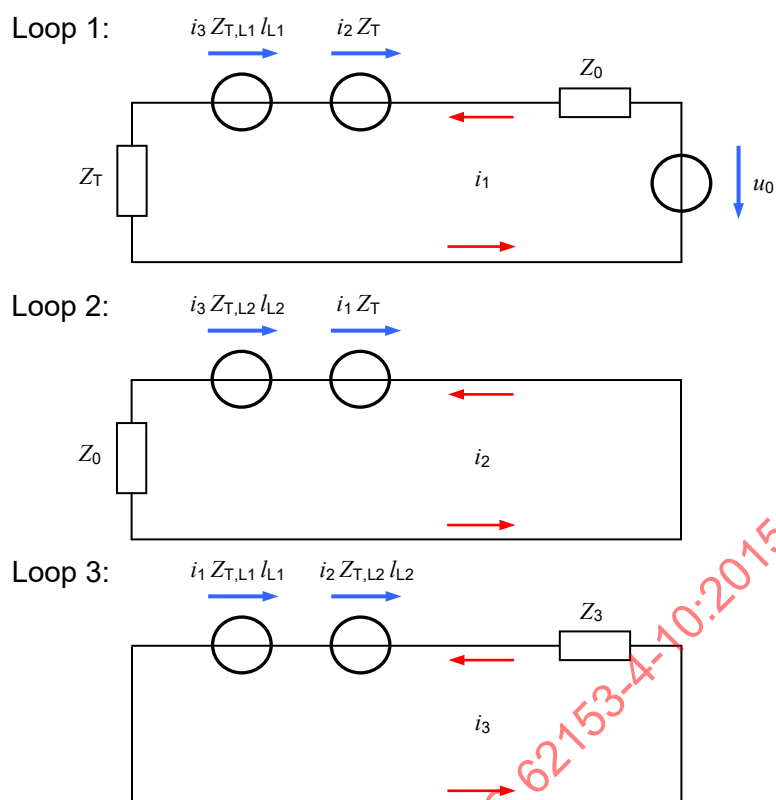
The set-up consists of three coupled loops:

Loop 1: device under test (DUT) with test lead to generator (primary circuit).

Loop 2: device under test with test lead to receiver (secondary circuit).

Loop 3: between tube and NWA front panel connected by both test leads.

The equivalent circuits of the 3 loops are shown in Figure C.2 under the assumption of test leads, DUT and outer circuit of the double coaxial set-up without loss and perfect shielding of the double coaxial set-up.



IEC

Key

Z_T	Transfer impedance of the DUT	Z_0	System impedance (of generator and receiver)
$Z_{T,L1}$	Transfer impedance of test lead 1	Z_3	Longitudinal impedance of loop 3
$Z_{T,L2}$	Transfer impedance of test lead 2		
l_{L1}	Length of test lead 1	i_1, i_2, i_3	Loop current
l_{L2}	Length of test lead 2	U_0	Generator source voltage

Figure C.2 – Equivalent circuits of the double coaxial test set-up

For low frequencies where the wave propagation effect can be neglected we get:

$$\frac{u_m}{u_0} \cdot \frac{Z_0}{2} \approx Z_T \frac{Z_{T,L1} \cdot l_1 \cdot Z_{T,L2} \cdot l_2}{Z_3}$$

The second term shows the measurement error. It could be reduced by:

- using test leads with low transfer impedance;
- using a short test lead;
- increasing the longitudinal impedance of loop 3.

The impedance of loop 3 could be increased by using ferrites on the test leads or by using a generator and receiver which are not on the same ground potential, i.e. use of separate generator and receiver which are battery driven or connected to the power supply using separation transformer.

The effect of the measurement error is shown in Figure C.3 below. Here the difference of a measurement with ferrites (green curve) and a measurement without ferrites on the test leads (blue curve) is compared.

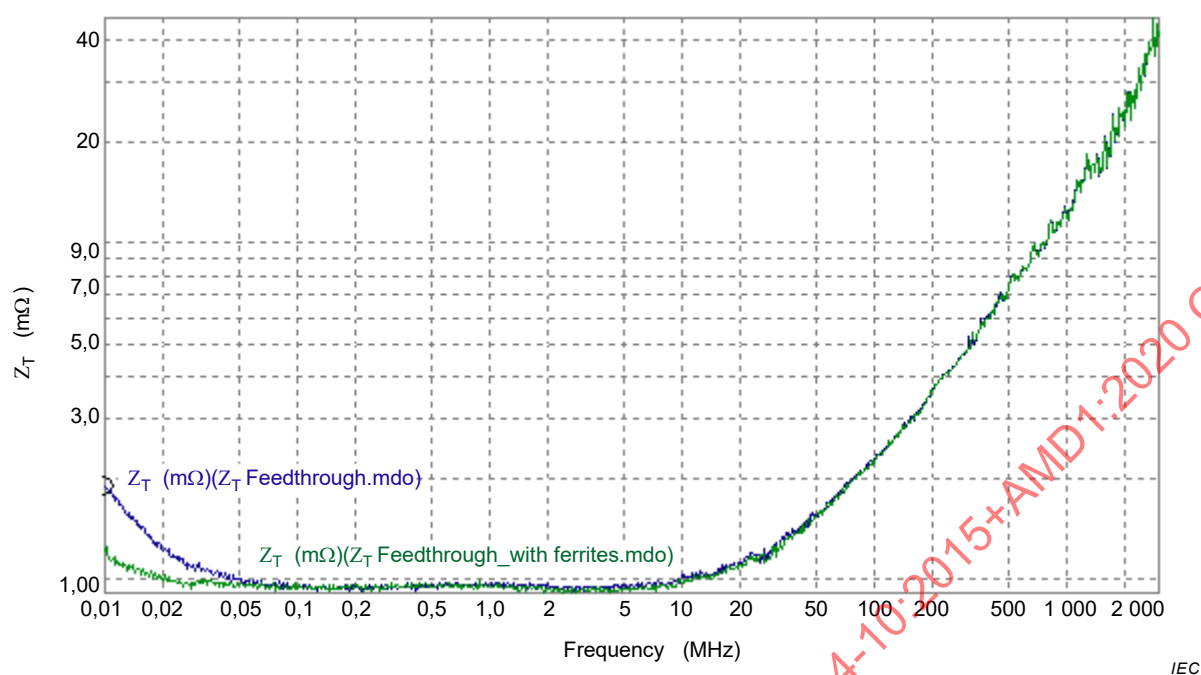


Figure C.3 – Results obtained with (green) and without ferrites on the test leads (blue)

Annex D (informative)

Measurement of the transfer impedance of conductive gaskets with controlled contact pressure

D.1 General

A well-known effect in contact physics is the dependence of the contact resistance to the force F that is applied to the contact system. A typical progression of the contact resistance follows $\sim F^{-2/3}$ meaning that if the contact force is increased, the contact resistance is decreasing based on an increasing number of microscopic contact points. Conductive gaskets act in a similar manner. When the pressure acting on the gasket is increased, the resistance of the transition through the arrangement contact surface 1 – gasket – contact surface 2 is decreasing.

This annex gives the normative details whenever pressure controlled measurements of the transfer impedance of conductive gaskets are required.

D.2 Measuring equipment and auxiliary measuring devices

Typical measuring equipment and auxiliary measuring devices consist of:

- RF-generator and test receiver (test method A) or a network analyser (NWA) (test method B),
- test fixture for the relevant specimen size,
- terminating resistor (test method A: RF-generator and test receiver).

D.3 Test setup

The test set-up is shown in Figure D.1.

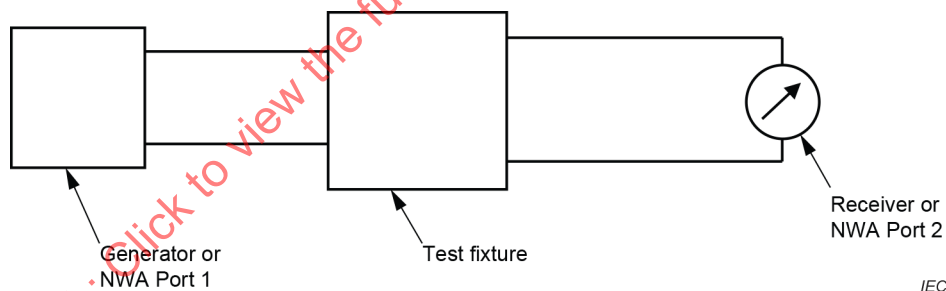
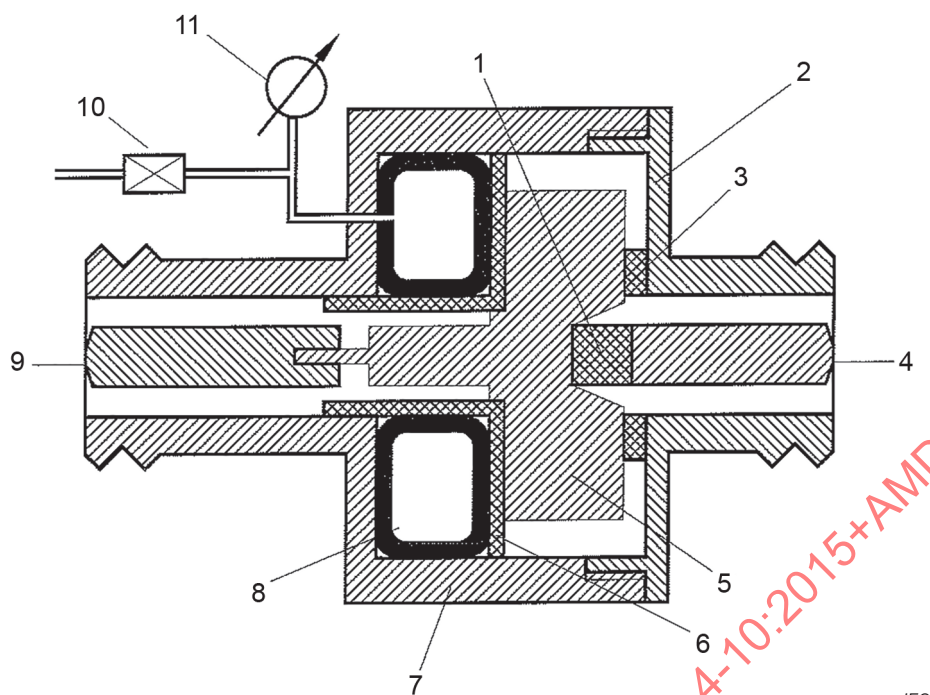


Figure D.6 – Test set-up

Figure D.2 shows the details of an example for a suitable test fixture enabling the determination of certain contact pressures during the measurement.



IEC

Key

- 1 termination (only required for test method A: RF-Generator and test receiver)
- 2 housing lid
- 3 test specimen
- 4 connection to generator port (method A) or NWA Port 1 (method B)
- 5 contact element
- 6 insulator
- 7 housing
- 8 pressure element
- 9 connection to test receiver port (method A) or NWA Port 2 (method B)
- 10 connection to pneumatic or hydraulic
- 11 manometer

Figure D.7 – Details of the test fixture

D.4 Test specimen

Specimens of size A are dimensioned for measurements up to 3 GHz, size B for measurements up to 750 MHz (see Table D.1 and Figure D.3).

Table D.1 – Specimen size

Specimen size	D1 mm	D2 mm
A	40	min. 20
B	160	min. 80

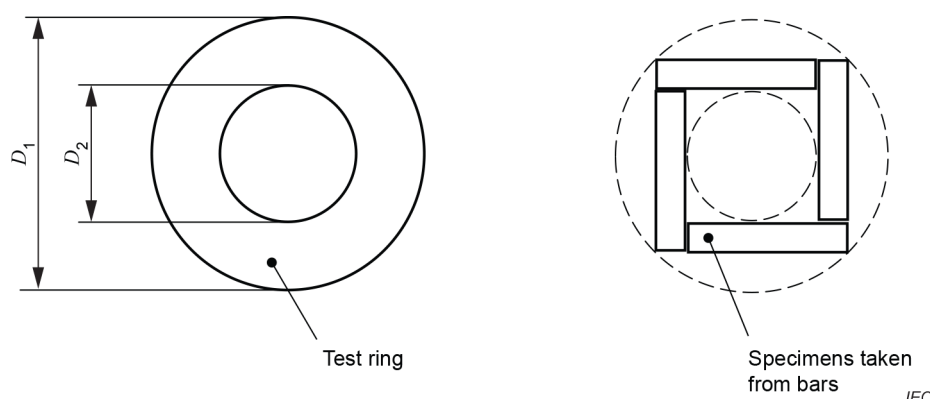


Figure D.8 – Specimen size and shape

The shape of the specimen results typically from the delivery shape of the gaskets under test; test rings shall be prepared e.g. from gasket foils or sheets, test bars shall be prepared e.g. from gasket section or strips.

D.5 Measurement procedure

D.5.1 Test method A: matched RF-generator and test receiver

The test set-up is assembled according to Figure D.1 and Figure D.2.

The terminating resistor value Z_{Res} shall be in accordance with the source impedance of the RF-generator Z_G . The impedance of the test receiver Z_R shall be in accordance with the source impedance of the RF-generator Z_G . The impedance of the test cables Z_0 shall be in accordance with the source impedance of the RF-generator, so that $Z_G = Z_{Res} = Z_R = Z_0$.

D.5.2 Test method B: un-matched NWA measurement

The test set-up is assembled according to Figure D.1 and Figure D.2.

The terminating resistor is not used with method B.

The NWA shall be calibrated according to the manufacturer's specifications.

D.5.3 Both methods

The operational attenuation $A_{B21}(Z_T = \infty)$ of the test fixture with an open circuited DUT ($Z_T = \infty$) shall be measured and recorded vs. frequency.

The operational attenuation A'_{B21} with the feed-through connector mounted to the plate or the gasket inserted is measured and recorded vs. frequency.

The operational attenuation of the gasket is then

$$A_{B21} = A'_{B21} - A_{B21}(Z_T = \infty)$$

Depending on the application, measurements of the transfer impedance can be taken at different frequencies and compression forces or different thicknesses and varying shapes in the course of compression, respectively.

The compression force and frequency are to be selected in accordance with manufacturer's specification or customers option.

D.6 Expression of results

D.6.1 Method A: matched RF-generator and test receiver measurement

The transfer impedance of the test specimen shall be calculated as follows:

$$|Z_T| = |Z_0| \times 10^{\frac{A_{B21}}{20}}$$

where

A_{B21} is the operational attenuation in dB;

Z_0 is the nominal characteristic impedance of the test setup, equal to the impedance of the generator and receiver and the terminating resistor.

D.6.2 Method B: un-matched NWA measurement

The transfer impedance of the test specimen shall be calculated as follows:

$$|Z_T| = \frac{|Z_0|}{2} \times 10^{\frac{A_{B21}}{20}}$$

where

A_{B21} is the operational attenuation in dB;

Z_0 is the nominal characteristic impedance of the test setup, equal to the impedance of the network analyser.

Bibliography

IEC TR 62152:2009, *Transmission properties of cascaded two-ports or quadripols – Background of terms and definitions*

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

IEC 62153-4-4, *Metallic communication cable test methods – Part 4-4: Electromagnetic compatibility (EMC) – Test method for measuring of the screening attenuation as up to and above 3 GHz, triaxial method*

IEC 62153-4-7, *Metallic communication cable test methods – Part 4-7: Electromagnetic compatibility (EMC) – Test method for measuring the transfer impedance and the screening – or the coupling attenuation – Tube in tube method*

- [1] Halme L., Wollitzer M., et al., "Measurement of the Shielding or Screening Effectiveness of Feed-throughs and Electromagnetic Gaskets up to 4 GHz and above", *Proceedings of the 56th IWCS*, 2007
 - [2] Hoffmann, Michael H. W., *Hochfrequenztechnik*, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, 1997, ISBN 3-540-61667-5, Kapitel 8
 - [3] Bedea, Asslar: <http://www.bedea.com>, extensive documentation and download area on the principle of the triaxial measurement technique
 - [4] CISPR 25, *Vehicles, boats and internal combustion engines – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement for the protection of on-board receivers*
 - [5] Schmid T., Wollitzer M., Halme L., Mund B., "Verification of Feed-Through Configurations by Means of Simple Test Apparatus on Component Level", *Proceedings, 20th Int. Zurich Symposium on EMC*, Zurich 2009
-

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62153-4-10:2015+AMD1:2020 CSV

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	36
1 Domaine d'application	38
2 Références normatives	38
3 Termes et définitions	38
4 Principe de la méthode d'essai	41
5 Procédure.....	45
5.1 Équipement.....	45
5.2 Plage dynamique	45
5.3 Vérification du montage d'essai	45
5.4 Préparation de l'échantillon.....	45
6 Mesurage	45
6.1 Généralités	45
6.2 Affaiblissement d'écran	45
6.3 Impédance de transfert	45
7 Expression des résultats.....	46
7.1 Impédance de transfert	46
7.2 Affaiblissement d'écran	46
7.3 Exigences	46
Annexe A (informative) Référence pour le mesurage de l'efficacité de blindage des traversées et des joints d'étanchéité électromagnétiques.....	47
A.1 Généralités	47
A.2 Modèle théorique de la procédure d'essai	48
A.3 Réalisation des mesurages.....	49
A.3.1 Uniformité de l'impédance caractéristique de la fixation d'essai	49
A.3.2 Mesurer les joints d'étanchéité EMI en utilisant un VNA.....	50
A.3.3 Images et résultats de mesure.....	51
Annexe B (informative) Dispositif de référence pour le mesurage de vérification.....	59
B.1 Généralités	59
B.2 Conception du dispositif de référence	59
B.3 Résultat du mesurage de vérification	60
Annexe C (informative) Impact des boucles de terre sur les mesurages à basse fréquence	61
C.1 Généralités	61
C.2 Analyse du montage d'essai.....	61
Annexe D (informative) Mesure de l'impédance de transfert des joints d'étanchéité conducteurs à pression de contact contrôlée	64
D.1 Généralités	64
D.2 Equipements de mesure et dispositifs de mesure auxiliaires	64
D.3 Montage d'essai.....	64
D.4 Spécimen d'essai.....	65
D.5 Procédure de mesure.....	66
D.5.1 Méthode d'essai A: générateur RF et récepteur d'essai adaptés	66
D.5.2 Méthode d'essai B: mesure avec l'analyseur de réseau non adapté	66
D.5.3 Les deux méthodes	66
D.6 Expression des résultats	67

D.6.1	Méthode A: mesure avec le générateur RF et le récepteur d'essai adaptés	67
D.6.2	Méthode B: mesure avec l'analyseur de réseau non adapté	67
	Bibliographie	68
	Figure 1 – Dispositif à deux ports	39
	Figure 2 – Circuit équivalent du montage d'essai et définition de Z_T	39
	Figure 3 – Section transversale d'une configuration type d'une traversée	42
	Figure 4 – Section transversale de la fixation d'essai avec un connecteur	43
	Figure 5 – Section transversale de la fixation d'essai avec un joint d'étanchéité électromagnétique	44
	Figure A.1 – Section transversale d'une configuration type d'une traversée	47
	Figure A.2 – Section transversale de la fixation d'essai avec un connecteur	48
	Figure A.3 – Circuit équivalent de la configuration d'essai avec l'admittance shunt y de la traversée	49
	Figure A.4 – Réponse à un échelon TDR au port d'entrée de la fixation d'essai	50
	Figure A.5 – Vue de la fixation d'essai reliée à un analyseur de réseau	51
	Figure A.6 – Vue d'en haut de la fixation d'essai	51
	Figure A.7 – Vue détaillée de la zone de contact	52
	Figure A.8 – Vue détaillée de la rétention pour l'essai du joint torique conducteur	54
	Figure A.9 – Isolation de l'analyseur de réseau	54
	Figure A.10 – Isolation de la fixation d'essai lors de la caractérisation d'un court-circuit idéal (plaque métallique)	55
	Figure A.11 – Transmission d'écran opérationnelle mesurée lors de la caractérisation d'un joint torique conducteur type	56
	Figure A.12 – Impédance de transfert Z_T d'un joint torique conducteur type	57
	Figure A.13 – Affaiblissement d'écran a_S d'un joint torique conducteur type	58
	Figure B.1 – Dispositif de référence, par exemple des résistances soudées à une carte de circuit imprimé	59
	Figure B.2 – Résultat du mesurage de vérification type	60
	Figure C.1 – Montage d'essai coaxial double	61
	Figure C.2 – Circuits équivalents du montage d'essai coaxial double	62
	Figure C.3 – Résultats obtenus avec ferrites (en vert) et sans ferrite sur les conducteurs d'essai (en bleu)	63
	Figure D.1 – Montage d'essai	64
	Figure D.2 – Détails de l'installation d'essai	65
	Figure D.3 – Taille et forme du spécimen	66
	Tableau D.1 – Taille de spécimen	65

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES D'ESSAI DES CÂBLES MÉTALLIQUES DE COMMUNICATION –

Partie 4-10: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Impédance de transfert et affaiblissement d'écran des traversées et des joints d'étanchéité électromagnétiques – Méthode d'essai coaxiale double

AVANT-PROPOS

- 11) La Commission Électrotechnique 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 de la présente Publication 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 et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

IEC 62153-4-10 édition 2.1 contient la deuxième édition (2015-11) [documents 46/563/FDIS et 46/580/RVD] et son amendement 1 (2020-07) [documents 46/736/CDV et 46/769/RVC].

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 62153-4-10 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 deuxième édition constitue une révision technique.

Les modifications techniques majeures par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- ajout d'un nouvel article qui décrit une procédure de vérification du montage de mesure et des informations supplémentaires relatives à la préparation des échantillons;
- ajout d'une nouvelle Annexe qui décrit comment améliorer la certitude de mesure dans la zone de très basses fréquences.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62153, publiées sous le titre général: *Méthodes d'essai des câbles métalliques de communication*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement 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.

IMPORTANT – Le logo « colour inside » qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle 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.

MÉTHODES D'ESSAI DES CÂBLES MÉTALLIQUES DE COMMUNICATION –

Partie 4-10: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Impédance de transfert et affaiblissement d'écran des traversées et des joints d'étanchéité électromagnétiques – Méthode d'essai coaxiale double

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62153 décrit une méthode coaxiale adaptée à la détermination de l'impédance de transfert et/ou de l'affaiblissement d'écran des traversées et des joints d'étanchéité électromagnétiques.

Le montage d'essai de l'affaiblissement d'écran blindé selon l'IEC 62153-4-4 (méthode triaxiale) a été modifié afin de prendre en compte les particularités des traversées et des joints d'étanchéité.

Une plage de fréquences large et dynamique peut être appliquée pour soumettre aux essais des traversées et des joints d'étanchéité même fortement écartés avec des instruments normaux depuis les basses fréquences jusqu'à la limite des ondes transversales définies dans les circuits coaxiaux à environ 4 GHz.

2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à l'application 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).

Vide.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

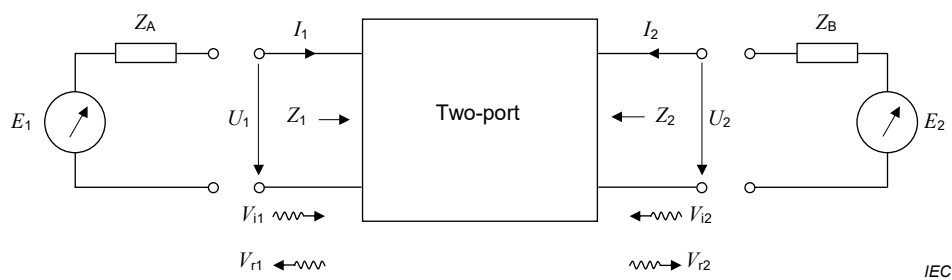
3.1

fonction de transfert opérationnel (Betriebs) vers l'avant H_{B21}

paramètre de diffusion opérationnel (Betriebs) S_{21}

quotient de la racine carrée réfléchie de l'onde de puissance délivrée dans l'impédance de référence de la sortie des deux ports et de la racine carrée non réfléchie de l'onde de puissance consommée à l'entrée des deux ports

EXEMPLE (voir la Figure 1)



Anglais	Français
Two-port	Deux ports

Légende

- E_1, E_2 analyseur de réseau à l'entrée et à la sortie, V_{i1}, V_{i2} racine carrée incidente des ondes de puissance complexes (voir note) à l'entrée et à la sortie, respectivement
- Z_A, Z_B impédance de référence à l'entrée et à la sortie, respectivement V_{r1}, V_{r2} racine carrée réfléchie des ondes de puissance complexes (voir note) à l'entrée et à la sortie, respectivement
- I_1, I_2 courant à l'entrée et à la sortie, respectivement Z_1, Z_2 impédance à l'entrée et à la sortie, respectivement
- U_1, U_2 tension à l'entrée et à la sortie, respectivement

Figure 1 – Dispositif à deux ports

Note 1 à l'article: La puissance complexe est le produit $U \cdot I$. La puissance apparente est le produit $U \cdot I^*$, qui est utilisé en technique de puissance électrique, lorsque l'angle entre la tension et le courant présente un intérêt. I^* est le conjugué du courant I .

S_{21} ou H_{B21} est la fonction de transfert opérationnel (Betriebs) vers l'avant définie comme suit:

$$S_{21} = \frac{V_{r2}}{V_{i1}} \Big|_{V_{i2}=0} = \frac{2U_2}{E_1} \sqrt{\frac{Z_A}{Z_B}} = H_{B21}$$

Voir l'Annexe C de l'IEC TR 62152:2009.

3.2

impédance de transfert

circuit équivalent du mesurage d'une traversée ou d'un joint d'étanchéité, impédance shunt Z_T entre le circuit primaire et le circuit secondaire

EXEMPLE L'impédance de transfert d'un écran électriquement court-circuité est définie comme le quotient de la tension en circuit ouvert U_2 induite au circuit secondaire par le courant I_1 délivré dans le circuit primaire ou vice versa. Voir la Figure 2.

Z_T d'un écran électriquement court-circuité est exprimée en Ω ou en décibels par rapport à 1 Ω .

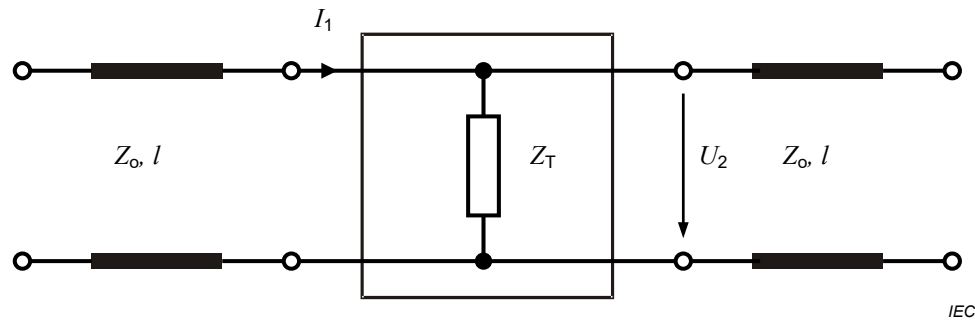


Figure 2 – Circuit équivalent du montage d'essai et définition de Z_T

$$Z_T = \frac{U_2}{I_1} \quad (1)$$

$$Z_T = +20 \times \log_{10} \left(\frac{|Z_T|}{1\Omega} \right) \quad (2)$$

3.3

affaiblissement opérationnel (Betriebs)

quotient de la racine carrée non réfléchi de l'onde de puissance délivrée dans l'impédance de référence de l'entrée des deux ports et de la racine carrée de l'onde de puissance consommée par la charge des deux ports, exprimé en dB et en radians

Note 1 à l'article: Voir l'IEC TR 62152.

3.4

affaiblissement d'écran

a_s

rapport logarithmique entre la racine carrée (non réfléchi) incidente de l'onde de puissance délivrée à l'impédance nominale du circuit primaire du montage d'essai et les valeurs périodiques maximales de la racine carrée de l'onde de puissance $V_{r2,max}$, couplées au circuit secondaire du montage d'essai lorsque son impédance caractéristique Z_o est normalisée à 150Ω

EXEMPLE

$$\begin{aligned} a_s &= -20 \times \log_{10} \left(\text{Env} \left| \frac{V_{r2,max}}{V_{i1}} \right| \right) + 20 \times \log_{10} \left| \frac{\sqrt{150 \Omega}}{\sqrt{Z_o}} \right| = \\ &= 20 \times \log_{10} \left| \frac{1}{\text{Env}(S_{21,max})} \right| + 20 \times \log_{10} \left| \frac{\sqrt{150 \Omega}}{\sqrt{Z_o}} \right| = \\ &= \text{Min. Env.}(A_{B21}) + 20 \times \log_{10} \left| \frac{\sqrt{150 \Omega}}{\sqrt{Z_o}} \right| \end{aligned} \quad (3)$$

où

a_s est l'affaiblissement d'écran exprimé en dB;

$\text{Env}(A_{B21})$ est l'affaiblissement opérationnel enregistré comme courbe de l'enveloppe des valeurs mesurées en dB (Voir 7.1);

$\text{Min. Env.}(A_{B21})$ est l'affaiblissement opérationnel enregistré comme courbe d'enveloppe minimale des valeurs mesurées en dB (Voir 7.1);

150Ω est l'impédance normalisée du circuit secondaire ("externe" ou perturbé).

L'affaiblissement d'écran d'un dispositif électriquement court-circuité exprimé en dB est:

$$a_s \approx 20 \times \log_{10} \left| \frac{50 \Omega}{Z_T} \right| \quad (4)$$

où

a_s est l'affaiblissement d'écran exprimé en dB;

Z_T est l'impédance de transfert du dispositif en essai.

Note 1 à l'article: La formule (4) peut être déduite des Formules (3) et (5) comme suit, en prenant pour hypothèse un dispositif électriquement court-circuité:

$$a_s = 20 \times \log_{10} \left| \frac{\sqrt{Z_o \times 150 \Omega}}{2 \times Z_T} \right|. \text{ S'il est pris pour hypothèse que } 150 \Omega \approx 3 \times Z_o, \text{ alors}$$

$a_s = 20 \times \log_{10} \left| \frac{150 \Omega}{2\sqrt{3} \times Z_T} \right|$ et approximativement $2\sqrt{3} \approx 3$, alors $a_s \approx 20 \times \log_{10} \left| \frac{50 \Omega}{Z_T} \right|$ et la Formule (4) sont valides.

Dans le mesurage, les circuits primaire et secondaire ont une faible impédance. Cela conduit à A_{B21} inférieur de 6 dB par rapport au mesurage du tube des connecteurs par exemple; voir l'IEC 62153-4-7.

3.5

dispositif en essai

DUT

enveloppe ou écran d'un connecteur, prévu pour être monté sur une paroi (ou une boîte) blindée ou écrantée, ou sur un joint d'étanchéité électromagnétique

Note 1 à l'article: L'abréviation "DUT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "device under test".

3.6

méthode d'essai triaxiale

méthode pour mesurer l'impédance de transfert et l'affaiblissement d'écran des composants à transmission passive comme des câbles et connecteurs dans une disposition triaxiale

Note 1 à l'article: Principalement utilisée pour les composants ayant des dimensions allongées et ayant par conséquent un couplage distribué sur l'impédance de transfert le long des composants.

Voir également l'IEC TS 62153-4-1.

3.7

méthode d'essai coaxiale double

méthode pour mesurer l'impédance de transfert et l'affaiblissement d'écran des composants à transmission passive comme les traversées de connecteurs et les joints d'étanchéité électromagnétiques dans une disposition en cascade

Note 1 à l'article: Principalement utilisée pour les composants courts ayant une impédance de transfert concentrée.

Voir également l'IEC TS 62153-4-1.

4 Principe de la méthode d'essai

La Figure 3 représente une construction type de traversée pour laquelle une connexion coaxiale est amenée dans un boîtier écranté dans une carte de circuit imprimé. La connexion fiable de l'enveloppe du connecteur et du joint d'étanchéité électromagnétique à la boîte d'écran ou de blindage est importante.

L'étanchéité électromagnétique du montage de l'enveloppe du connecteur ou d'un joint d'étanchéité est mesurée comme impédance de transfert et/ou affaiblissement d'écran.

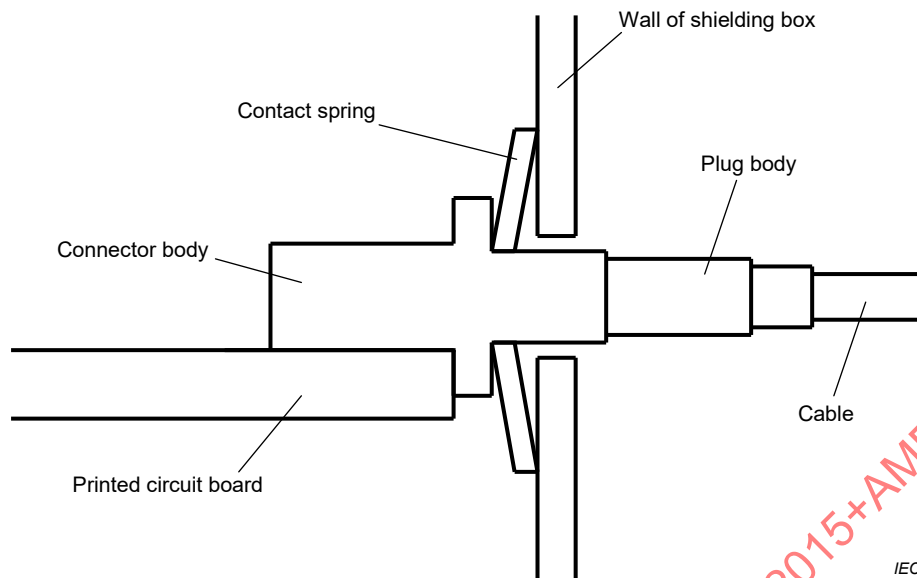
Le montage d'essai est constitué de deux systèmes coaxiaux ne laissant pas passer les radiofréquences, séparés par une paroi métallique sur laquelle le DUT est monté. Le montage d'essai de la traversée est représenté à la Figure 4. Le montage d'essai du joint d'étanchéité est représenté à la Figure 5. Dans le cas présent, le joint est pressé entre deux plaques métalliques.

Il convient que les impédances nominales des deux côtés de la fixation coaxiale soient identiques à celles de l'équipement d'essai. Le côté générateur est appelé le circuit primaire ou circuit interne, et le côté récepteur est appelé le circuit secondaire ou circuit externe.

Le montage d'essai est le même pour le mesurage de l'impédance de transfert et pour le mesurage de l'affaiblissement d'écran.

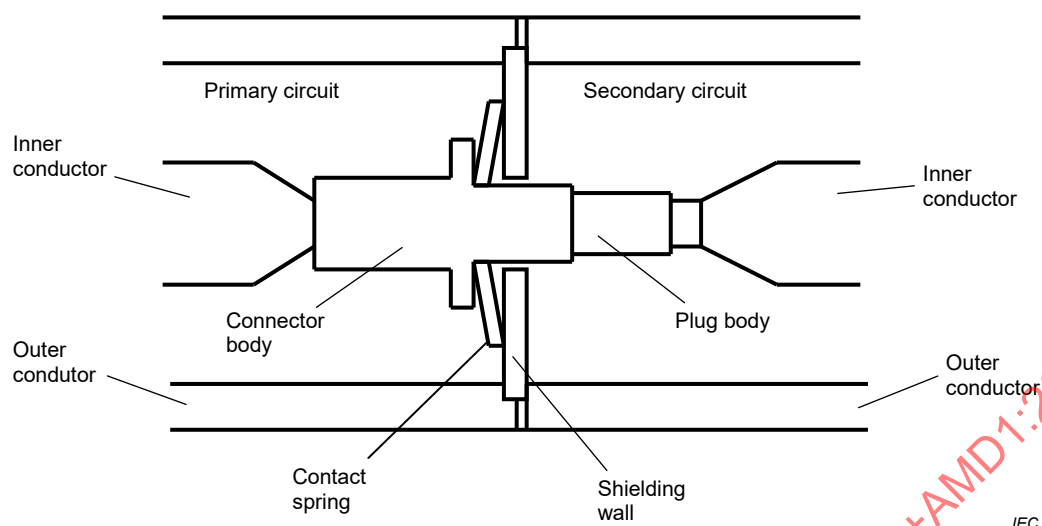
L'Annexe A donne un modèle théorique du montage d'essai. Des informations utiles relatives à la technique de mesure triaxiale sont données en [3]¹.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.



Anglais	Français
Wall of shielding box	Paroi de la boîte blindée
Contact spring	Ressort porte-contact
Plug body	Enveloppe de la fiche
Connector body	Enveloppe du connecteur
Cable	Câble
Printed circuit board	Carte de circuit imprimé

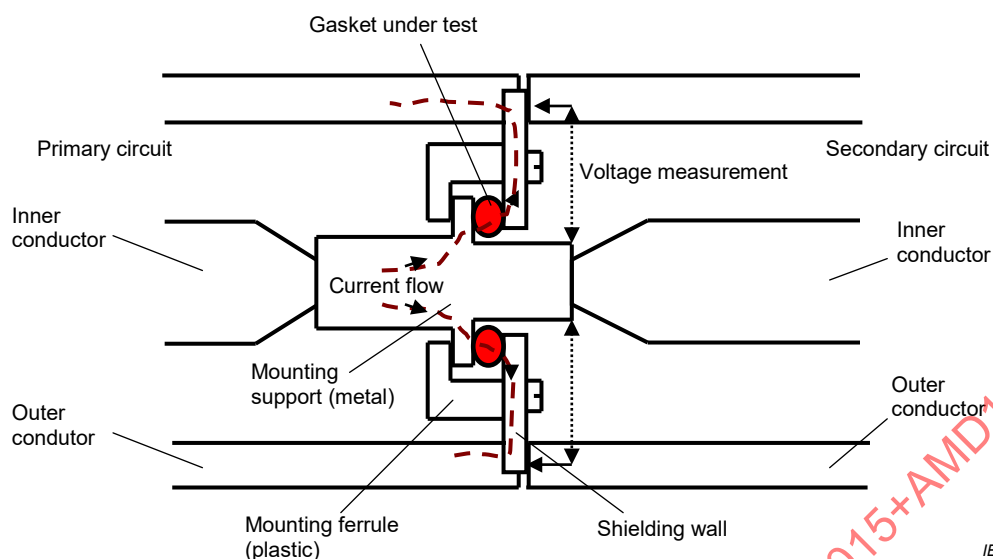
Figure 3 – Section transversale d'une configuration type d'une traversée



Anglais	Français
Primary circuit	Circuit primaire
Secondary circuit	Circuit secondaire
Inner conductor	Conducteur interne
Connector body	Enveloppe du connecteur
Plug body	Enveloppe de la fiche
Outer conductor	Conducteur externe
Contact spring	Ressort porte-contact
Shielding wall	Paroi blindée

NOTE Il est important de mesurer la tension couplée sans tension de couplage perturbatrice supplémentaire ne provenant pas de la traversée en essai (comparer à la Figure 5).

Figure 4 – Section transversale de la fixation d'essai avec un connecteur



Anglais	Français
Gasket under test	Joint d'étanchéité en essai
Primary circuit	Circuit primaire
Secondary circuit	Circuit secondaire
Voltage measurement	Mesurage de la tension
Inner conductor	Conducteur interne
Current flow	Flux de courant
Mounting support (metal)	Support de montage (métal)
Outer conductor	Conducteur externe
Mounting ferrule (plastic)	Virole de montage (plastique)
Shielding wall	Paroi blindée

Lors de la conception de socles conventionnels d'essai, il faut veiller à ce que le courant perturbateur du circuit primaire ne puisse pas engendrer de tensions de transition non désirées dans le circuit secondaire de mesure. Une tension séparée et des "contacts" de courant sont essentiels.

Il convient d'éviter la situation dans laquelle les résistances de transition ou de contact du socle conventionnel d'essai influencent les résultats d'essai. Une attention particulière doit être portée à la conception du montage de la plaque d'essai entre les circuits ou systèmes primaire et secondaire. La Figure 5 indique comment éviter que la résistance de transition ne se trouve entre la plaque montée et le circuit primaire dans le circuit de mesure de la tension de perturbation formé par le circuit secondaire du système d'essai.

Il est important de mesurer la tension couplée sans tension de couplage perturbatrice supplémentaire ne provenant pas du joint d'étanchéité en essai (comparer à la Figure 4).

Figure 5 – Section transversale de la fixation d'essai avec un joint d'étanchéité électromagnétique

5 Procédure

5.1 Équipement

La fixation d'essai est représentée aux Figures 3, 4 et 5, et comprend ce qui suit:

- une fixation d'essai coaxiale double pour laquelle les côtés sont séparés par une ou plusieurs parois métalliques pour le montage du DUT (Figure 4) (traversée) ou le joint d'étanchéité pressé entre deux plaques, la première appartenant au conducteur central et au circuit primaire et la seconde appartenant au conducteur externe et au circuit secondaire, Figure 5;
- la fixation d'essai coaxiale double ne laissant pas passer les radiofréquences, dont il convient de préférence que le diamètre soit tel que l'impédance caractéristique par rapport au tube externe soit égale à 50Ω , respectivement l'impédance nominale de l'analyseur de réseau ou du générateur et du récepteur;
- un générateur de signal avec la même impédance caractéristique que la fixation d'essai avec le DUT monté ou avec un adaptateur d'impédance et complété d'un amplificateur de puissance, si nécessaire, pour un affaiblissement d'écran très élevé;
- un récepteur avec un atténuateur à paliers étalonné ou un analyseur de réseau (VNA).

NOTE Le générateur et le récepteur peuvent être installés dans un analyseur de réseau.

5.2 Plage dynamique

La plage dynamique (bruit de fond) du montage d'essai doit être soumise à l'essai en remplaçant le DUT par une plaque métallique solide.

5.3 Vérification du montage d'essai

Afin de vérifier le bon fonctionnement des instruments appliqués et le calcul de l'impédance de transfert selon 7.1, il est recommandé d'effectuer un mesurage de vérification en utilisant un dispositif de référence avec des caractéristiques connues. Une conception d'exemple d'un tel dispositif est donnée à l'Annexe B.

5.4 Préparation de l'échantillon

Le connecteur de traversée ou le joint d'étanchéité doit être monté sur la fixation selon les instructions du fabricant. La spécification des zones de contact appliquées présente un intérêt puisqu'elle définit la résistance de contact en tant que partie intégrante de l'impédance de transfert du DUT. Les caractéristiques de contact déviantes de la fixation d'essai donnent lieu à des variations de l'impédance de transfert et de l'affaiblissement d'écran mesurés, respectivement.

6 Mesurage

6.1 Généralités

L'affaiblissement opérationnel A_{B21} ($Z_T = \infty$) de la fixation d'essai avec un DUT à circuit ouvert ($Z_T = \infty$) doit être mesuré et enregistré par rapport à la fréquence.

L'affaiblissement opérationnel A'_{B21} avec le connecteur de traversée monté sur la plaque ou le joint d'étanchéité inséré est mesuré et enregistré par rapport à la fréquence.

L'affaiblissement opérationnel de la traversée ou du joint d'étanchéité est alors:

$$A_{B21} = A'_{B21} - A_{B21}(Z_T = \infty)$$

6.2 Affaiblissement d'écran

Voir 3.4.

6.3 Impédance de transfert

Voir 3.2.

7 Expression des résultats

7.1 Impédance de transfert

$$Z_T = \frac{S_{21} Z_o}{2} = \frac{H_{B21} Z_o}{2}$$

$$|Z_T| = \frac{|Z_o|}{2} \times 10^{-\frac{A_{B21}}{20}} \quad (5)$$

où

Z_o est l'impédance caractéristique nominale des circuits primaire et secondaire, égale à l'impédance du générateur et du récepteur.

NOTE Contrairement au mesurage de l'impédance de transfert des écrans de câble, l'impédance de transfert du connecteur n'est pas liée à la longueur.

7.2 Affaiblissement d'écran

L'affaiblissement d'écran a_s doit être normalisé aux conditions normalisées convenues, pour lesquelles l'impédance du « monde externe » ou du circuit secondaire est $Z_s = 150 \Omega$:

$$a_s = \text{Min.Env}(A_{B21}) + 10 \times \log_{10} \left| \frac{Z_s = 150 \Omega}{Z_o} \right| \quad (6)$$

où

a_s est l'affaiblissement d'écran lié à l'impédance (« rayonnante ») d'un circuit secondaire ou externe de 150Ω en dB;

$\text{Min.Env}(A_{B21})$ est l'affaiblissement opérationnel enregistré comme la courbe d'enveloppe minimale des valeurs mesurées en dB (Voir 7.1);

Z_o est l'impédance caractéristique de la fixation en Ω .

NOTE À des fréquences supérieures à la limite de la traversée électriquement court-circuitée, les résultats de mesure sont similaires au mesurage de l'affaiblissement d'écran d'une longue ligne de transmission.

7.3 Exigences

Les résultats de l'impédance de transfert et/ou de l'affaiblissement d'écran doivent être conformes à la valeur indiquée dans la spécification applicable.

Annexe A (informative)

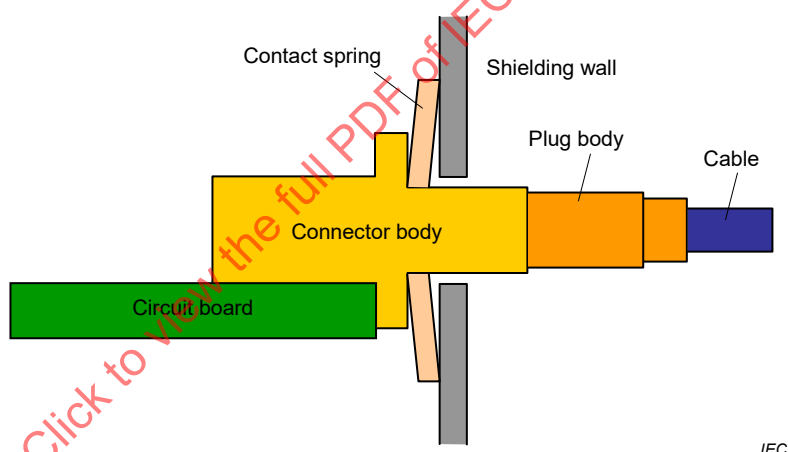
Référence pour le mesurage de l'efficacité de blindage des traversées et des joints d'étanchéité électromagnétiques

A.1 Généralités

Une référence pour le mesurage de l'efficacité de blindage ou d'écran des traversées et des joints d'étanchéité électromagnétiques est donnée en [1]. Ce qui suit est un exemple des éléments principaux de l'article, ainsi que des informations supplémentaires relatives au mesurage pratique, aux détails de la rétention du DUT et aux résultats obtenus.

Le bon fonctionnement de l'équipement de communication moderne est grandement influencé par la qualité du blindage EMI des composants électriques. Les traversées peuvent contribuer de façon significative au niveau global d'EMI de l'équipement de communication. Une section transversale de la configuration type d'une traversée est représentée à la Figure A.1. L'enveloppe du connecteur est soudée sur la carte de circuit et ainsi connectée électriquement au potentiel à la terre du circuit électrique.

À des fréquences plus élevées, le potentiel du plan de terre de la carte de circuit n'est en général pas égal à celui de la boîte de blindage. Un ressort porte-contact court-circuite cette différence potentielle. Si le ressort porte-contact n'est pas présent dans la configuration de la Figure A.1, il en résulterait un rayonnement excessif d'ondes électromagnétiques le long du conducteur externe du câble.



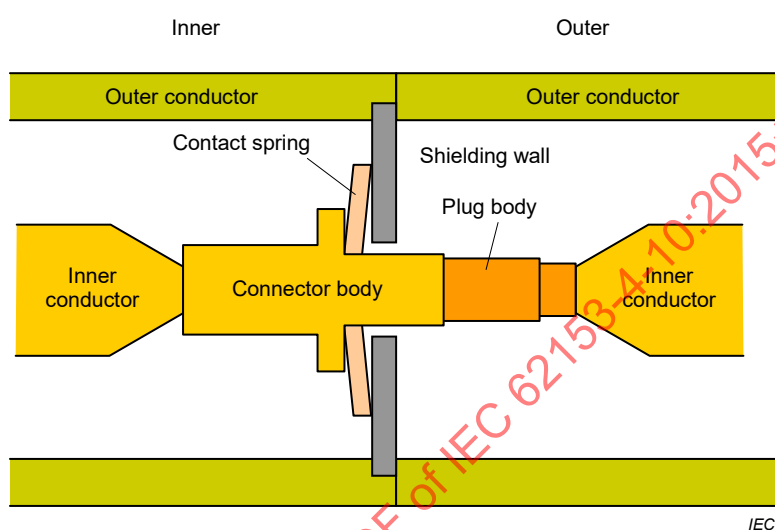
Anglais	Français
Contact spring	Ressort porte-contact
Shielding wall	Paroi blindée
Plug body	Enveloppe de la fiche
Cable	Câble
Connector body	Enveloppe du connecteur
Circuit board	Carte de circuit

Figure A.1 – Section transversale d'une configuration type d'une traversée

L'évaluation de l'efficacité de blindage ou d'écran d'une traversée dans une configuration d'essai comme cela est recommandé dans la CISPR 25 [4] est très chronophage. Les installations de mesure qui sont décrites ici se fondent généralement sur un certain type de mesurage de l'espace libre qui exige une chambre anéchoïque.

L'introduction de limites de conduction électrique bien définies dans une fixation d'essai simplifierait grandement la procédure de mesure.

Cela est possible en appliquant un montage d'essai coaxial. Une vue transversale de la fixation d'essai est représentée à la Figure A.2. La section à gauche de la Figure A.2 représente l'intérieur d'un composant. Un signal est délivré au conducteur externe du connecteur en essai par l'intermédiaire du conducteur interne de la ligne coaxiale. La quantité de fuite de radiofréquences pouvant être détectée du côté opposé de la paroi de blindage est choisie par le conducteur central de la ligne coaxiale à droite. En cas de paramètre de diffusion opérationnel à deux ports (S_{21}) ou de mesurage de la fonction de transmission d'exécution, lorsque les deux ports de l'analyseur de réseau sont reliés aux deux sections de ligne coaxiales, S_{21} est une mesure directe de l'efficacité de blindage d'une traversée ou d'un joint d'étanchéité soumis à l'essai dans des circonstances bien définies qui permettent de reproduire et comparer les essais.



Anglais	Français
Inner	Intérieur
Outer	Extérieur
Outer conductor	Conducteur externe
Contact spring	Ressort porte-contact
Shielding wall	Paroi blindée
Plug body	Enveloppe de la fiche
Inner conductor	Conducteur interne
Connector body	Enveloppe du connecteur

Figure A.2 – Section transversale de la fixation d'essai avec un connecteur

A.2 Modèle théorique de la procédure d'essai

La Figure A.3 représente un circuit équivalent de la fixation d'essai. L'impédance caractéristique et la longueur des deux côtés de la traversée en essai sont données par Z_0 et l respectivement. L'admittance shunt normalisée $y = 1/z$ par rapport à Z_0 et l'impédance shunt z représentent un modèle électrique simple de la traversée. Ce modèle s'applique tant que la longueur d'onde à la fréquence d'intérêt est longue comparée aux dimensions des structures.

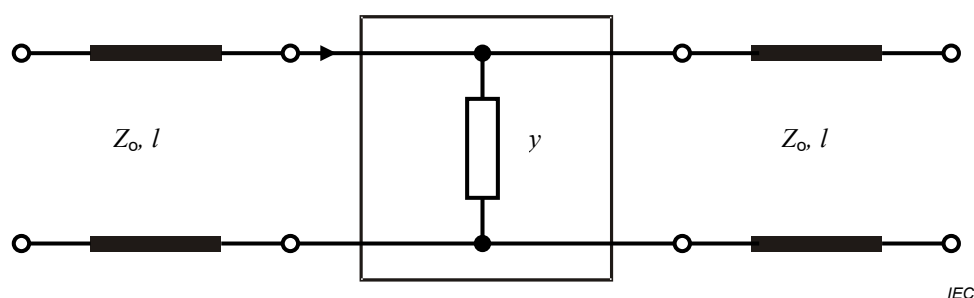


Figure A.3 – Circuit équivalent de la configuration d'essai avec l'admittance shunt y de la traversée

D'après Hoffmann [2] et/ou Halme *et al.* [1], le réseau à deux ports contenant l'admittance shunt normalisée y ou l'impédance shunt normalisée z peut être décrit par la matrice-paramètre- S opérationnelle lorsqu'elle est placée entre des impédances égales qui sont les impédances normalisées ou de référence, soit $Z_o = Z_L$.

$$\underline{S} = \begin{pmatrix} \frac{-y}{y+2} & \frac{2}{y+2} \\ \frac{2}{y+2} & \frac{-y}{y+2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{-1}{1+2z} & \frac{2z}{1+2z} \\ \frac{2z}{1+2z} & \frac{-1}{1+2z} \end{pmatrix} \quad (\text{A.1})$$

z et y sont normalisées à l'impédance de référence Z_o par:

$$z = \frac{1}{y} = \frac{Z}{Z_o} = \frac{1}{Y \cdot Z_o} \quad (\text{A.2})$$

Dans le cas d'un circuit ouvert idéal et d'un court-circuit comme circuit équivalent pour la traversée, les matrices- S suivantes sont calculées:

pour $z \rightarrow 0 : S = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \quad (\text{A.3})$

ou $z \rightarrow \infty : S = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$

La formule (A.1) indique que l'impédance shunt égale à Z_T de la traversée peut être estimée à partir du paramètre S mesuré S_{21} par:

$$Z_T = z \cdot Z_o = \frac{S_{21}}{2(1-S_{21})} \cdot Z_o \approx \frac{S_{21}}{2} \cdot Z_o \text{ for } |S_{21}| \ll 1 \quad (\text{A.4})$$

A.3 Réalisation des mesures

A.3.1 Uniformité de l'impédance caractéristique de la fixation d'essai

L'uniformité de l'impédance caractéristique dans la fixation d'essai est importante. Les sections de ligne ayant des écarts par rapport à l'impédance caractéristique nominale engendrent des transformations d'impédance, ce qui donne lieu à des mesures qui génèrent des calculs erronés de l'impédance de transfert et de l'affaiblissement d'écran.

Les mesures de câble avec la méthode d'essai d'efficacité d'écran ont démontré que pour obtenir ces résultats, qui correspondent à la théorie, des points de réflexion involontaires dans la fixation d'essai doivent être évités. Le mesurage du réflectomètre dans le domaine temporel (TDR – *time domain reflectometer*) effectué sur une fixation d'essai avec une

connexion traversante, représenté à la Figure A.4, vérifie le bon lissage de l'impédance de la section de ligne coaxiale dans les circuits primaire et secondaire.

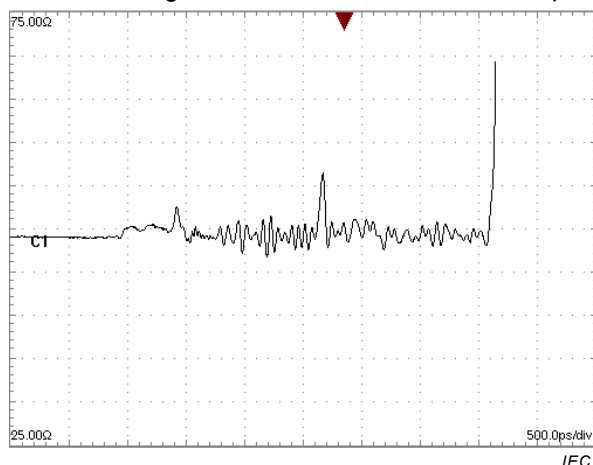


Figure A.4a – Sans filtre, le temps de montée est de 17 ps

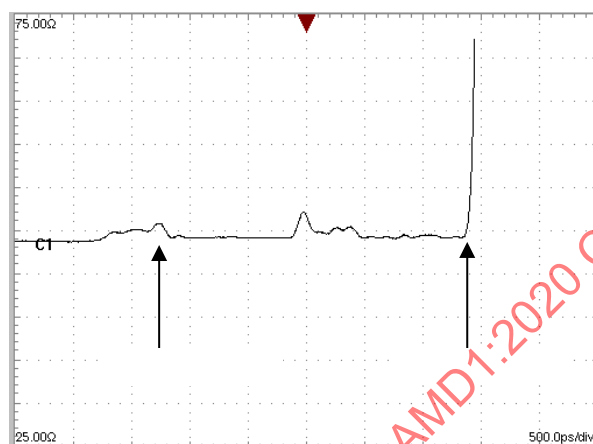


Figure A.4b – Avec filtre, le temps de montée est de 73 ps

NOTE Le port de sortie est un circuit ouvert. Objet d'essai "connexion traversante ($Z_T = \infty$)". (0,5 ns/div ou 8,5 cm/div; 5 Ω /div). Le filtre est passe-bas (4,8 GHz).

Figure A.4 – Réponse à un échelon TDR au port d'entrée de la fixation d'essai

Aucun écart substantiel du système d'impédance ($Z_o = 50 \Omega$) avec la possibilité d'engendrer des erreurs de mesure d'écran ne peut être observé.

A.3.2 Mesurer les joints d'étanchéité EMI en utilisant un VNA

Les mesurages d'écran sont effectués avec des générateurs et récepteurs de signal adaptés. Ces instruments sont inclus dans des analyseurs de réseaux modernes (VNA) qui permettent également une manipulation aisée avec des fonctions internes utiles et des procédures d'étalonnage qui garantissent des certitudes de mesure élevées et un fonctionnement simple.

Une procédure appropriée d'utilisation d'un VNA pour mesurer l'affaiblissement d'écran d'une traversée ou d'un joint d'étanchéité EMI selon les exigences des Articles 5, 6 et 7 est donnée dans la procédure par étapes suivante.

- Garantir la capacité de la fixation d'essai, par exemple un mesurage TDR d'une connexion traversante.
- Étalonner le VNA afin d'atteindre une certitude de mesure et un bruit de fond suffisants.
- Mesurer la connexion traversante ($Z_T = \infty$) avec le VNA et enregistrer l'amplitude logarithmique de transmission d'exécution S_{21} ($|S_{21}(Z_T = \infty)|$ [dB], équivalente à $-A_{B21}(Z_T = \infty)$).
- Assurer la plage dynamique nécessaire en remplaçant la connexion traversante avec une paroi de blindage métallique solide et en enregistrant le bruit de fond mesuré. Permettre les fonctions de moyennage peut aider à réduire considérablement le bruit de fond.
- Préparer une rétention d'essai pour le DUT selon la spécification applicable ou les instructions du fabricant.
- Remplacer la paroi de blindage métallique par le DUT monté dans la rétention d'essai et mesurer l'amplitude logarithmique de transmission d'exécution S'_{21} ($|S'_{21}|$ en [dB], équivalent à $-A'_{B21}$).
- Calculer la transmission d'écran opérationnelle S_{21} [dB] = S'_{21} [dB] – $S_{21}(Z_T = \infty)$ [dB] (facilement réalisé en appliquant les fonctions de mémoire interne et de calcul du VNA).
- L'affaiblissement opérationnel de la traversée ou du joint d'étanchéité est alors $A_{B21} = -S_{21}$ [dB].

- i) Calculer l'impédance de transfert ou l'affaiblissement d'écran selon 7.1 ou 7.2 respectivement.

A.3.3 Images et résultats de mesure

La Figure A.5 représente la fixation d'essai appliquée reliée à un VNA. Les Figures A.6 et A.7 sont des vues détaillées de la fixation d'essai et des zones de contact. La Figure A.8 présente des images et des représentations détaillées de la rétention d'essai du DUT appliqué.

Afin d'étudier le niveau de bruit de l'analyseur de réseau, les deux ports ont été reliés aux éléments de court-circuit pour imiter la fixation d'essai montée avec un joint d'étanchéité à impédance de transfert faible. Les résultats sont représentés à la Figure A.9. Le tracé de la Figure A.10 représente les résultats de mesure lorsqu'une plaque métallique est montée dans la fixation d'essai représentant la plage dynamique. L'amplitude mesurée de S_{21} est comparable au cas où seule la limite de bruit de l'analyseur de réseau est mesurée. Cela mène à l'hypothèse selon laquelle même une plage dynamique plus élevée peut être atteinte lorsqu'un amplificateur à faible bruit (LNA – *low noise amplifier*) ou un récepteur avec un bruit de fond plus faible est appliqué.

La Figure A.11 représente un résultat de mesure S_{21} type d'un joint torique conducteur appliqué en tant que joint d'étanchéité EMI. Ce mesurage sert de base pour le calcul de l'impédance de transfert Z_T (Figure A.12) ou l'affaiblissement d'écran a_s (Figure A.13) du DUT selon 7.1 et 7.2, respectivement.



Figure A.5 – Vue de la fixation d'essai reliée à un analyseur de réseau



Figure A.6a – Fixation d'essai assemblée



Figure A.6b – Fixation d'essai ouverte

Figure A.6 – Vue d'en haut de la fixation d'essai



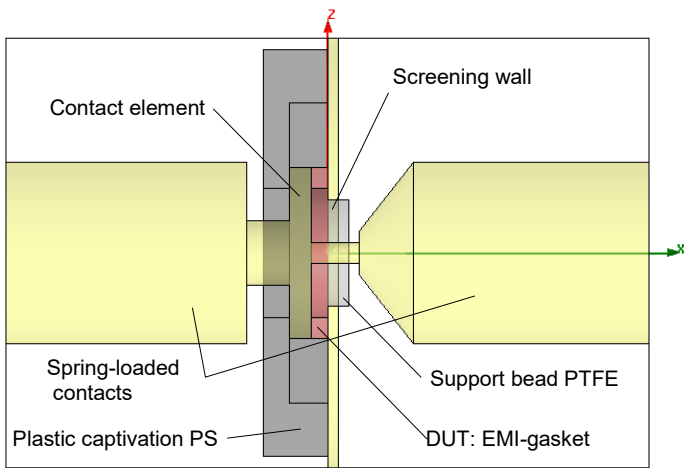
Figure A.7a – Rétention d'essai démontée



Figure A.7b – Rétention d'essai montée

Figure A.7 – Vue détaillée de la zone de contact

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62153-4-10:2015+AMD1:2020 CSV



Anglais	Français
Contact element	Élément de contact
Screening wall	Paroi d'écran
Spring-loaded contacts	Contacts à ressort
Support bead PTFE	Rondelle de support en PTFE
Plastic captivation PS	Rétention plastique PS
DUT: EMI-gasket	DUT: joint d'étanchéité EMI

Figure A.8a – Dessin schématique de la rétention d'essai



Figure A.8b – Rétention d'essai désassemblée

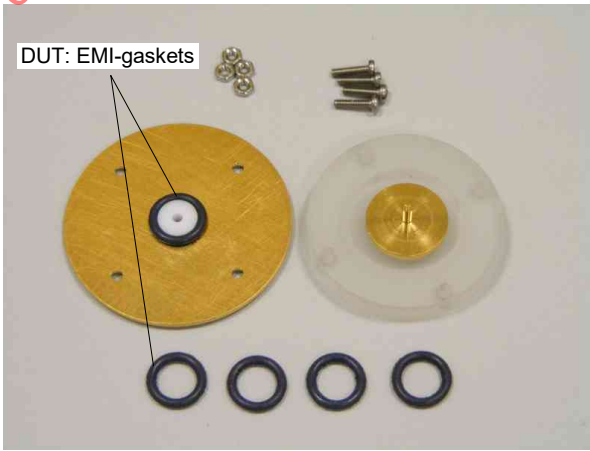


Figure A.8c – Rétention d'essai préassemblée



Figure A.8d – Vue de devant (visant le circuit primaire)

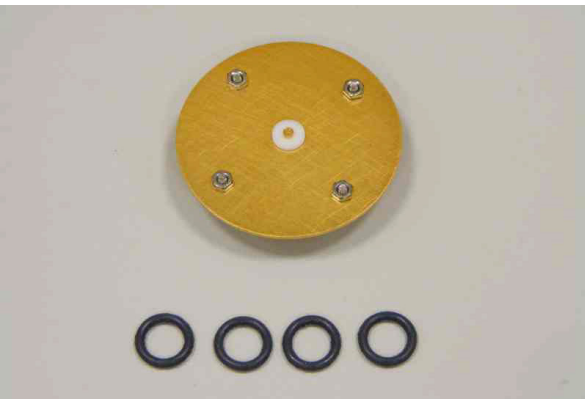
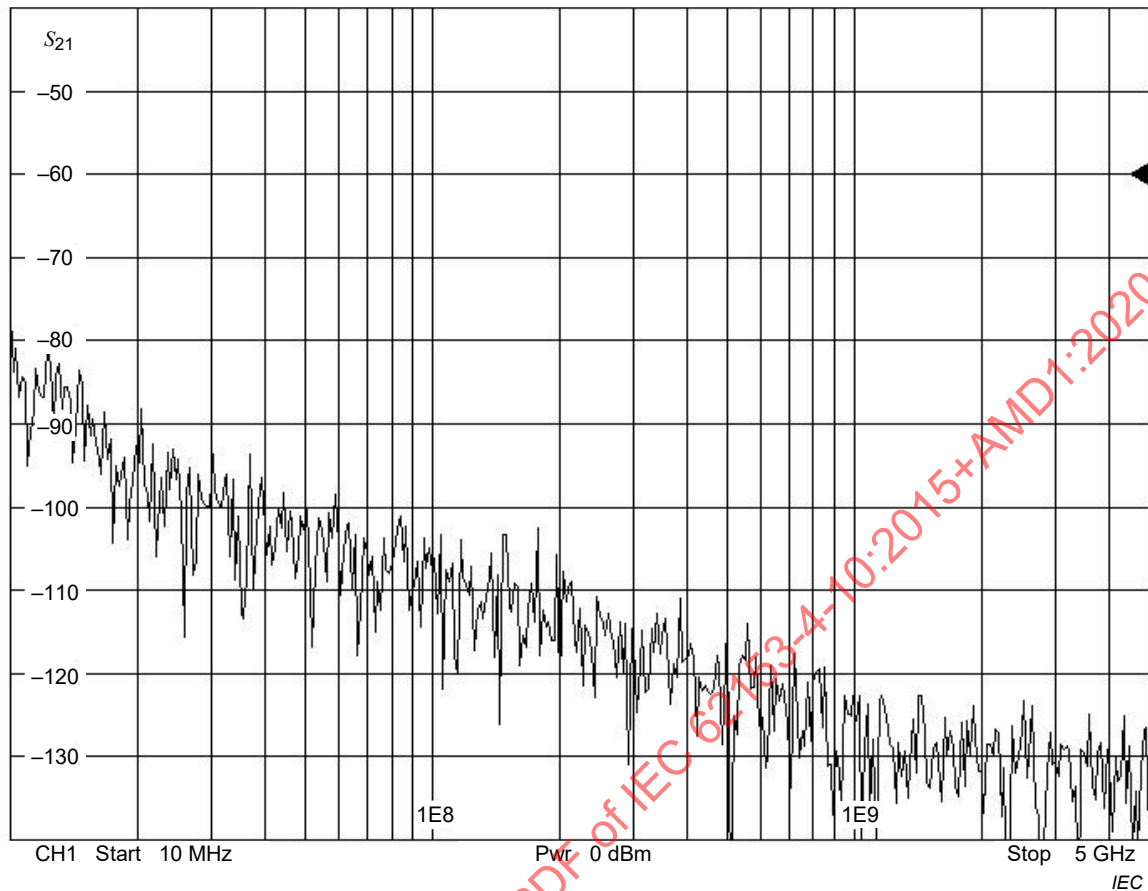


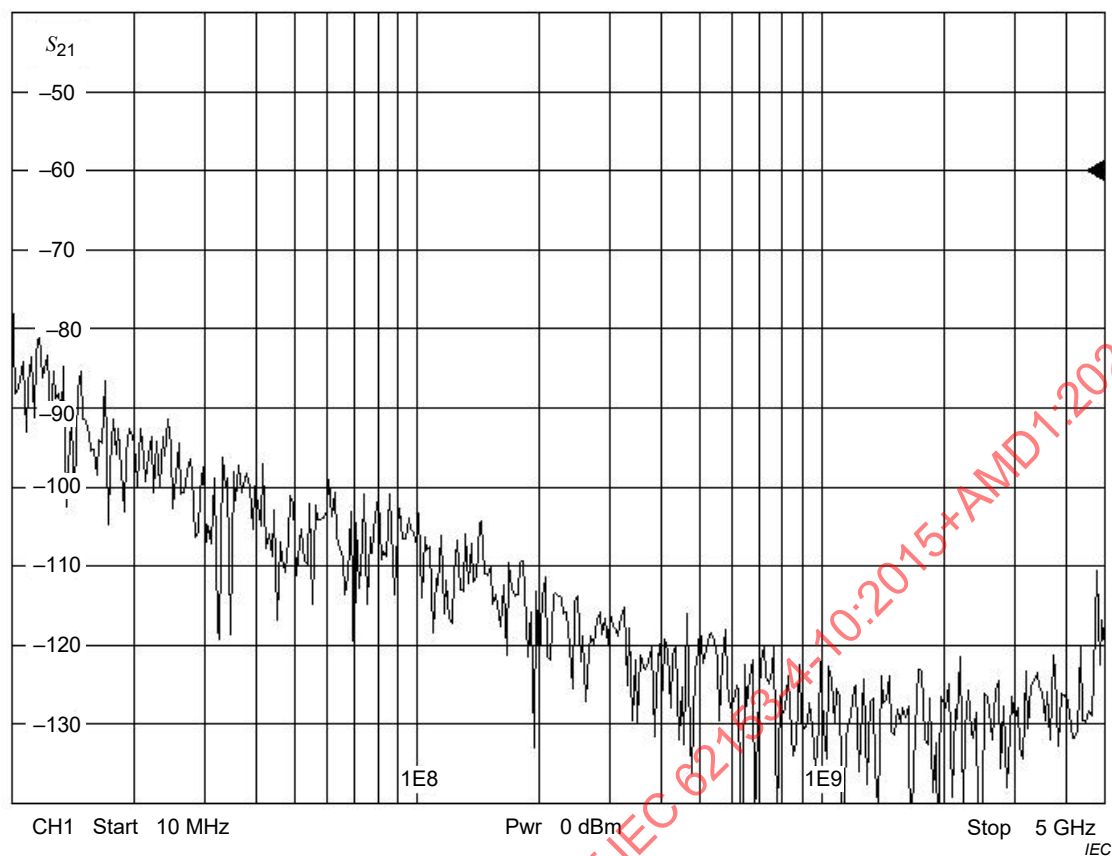
Figure A.8e – Vue arrière (visant le circuit secondaire)

Figure A.8 – Vue détaillée de la rétention pour l'essai du joint torique conducteur



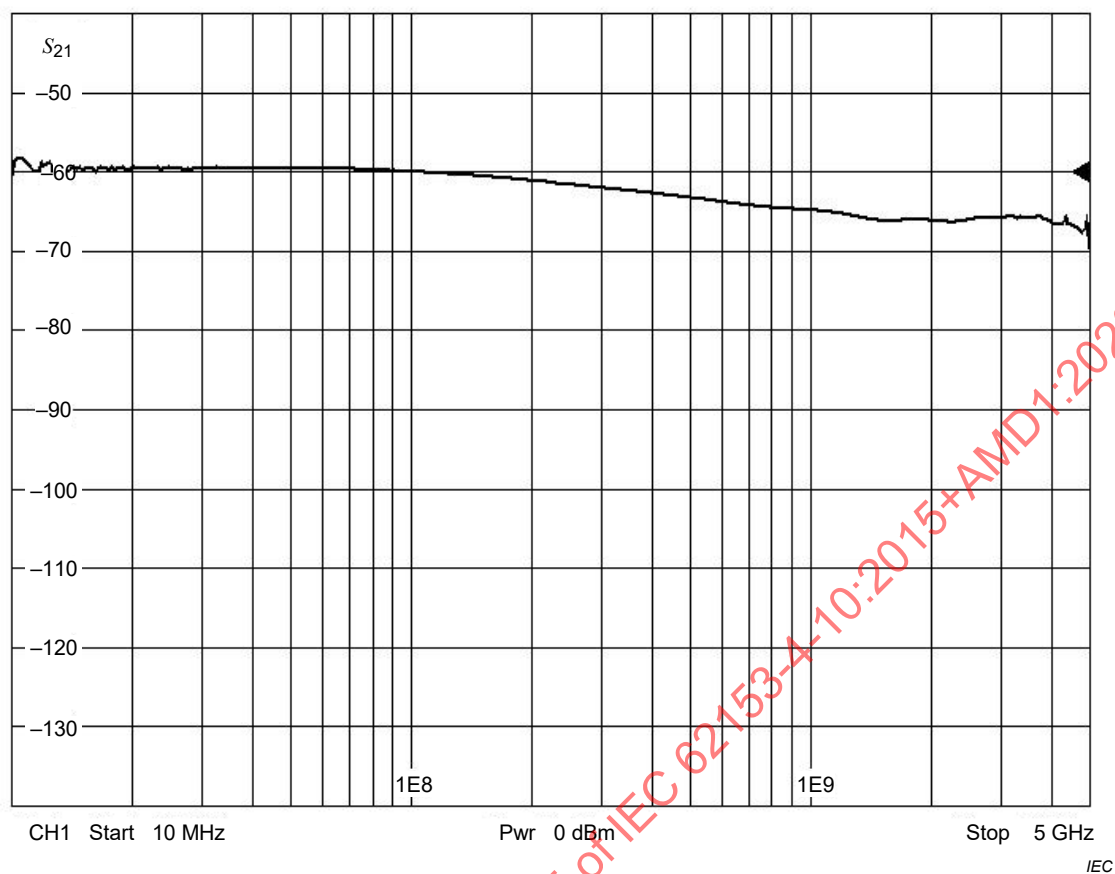
Anglais	Français
Start	Début
Pwr	Puissance
Stop	Arrêt

Figure A.9 – Isolation de l'analyseur de réseau



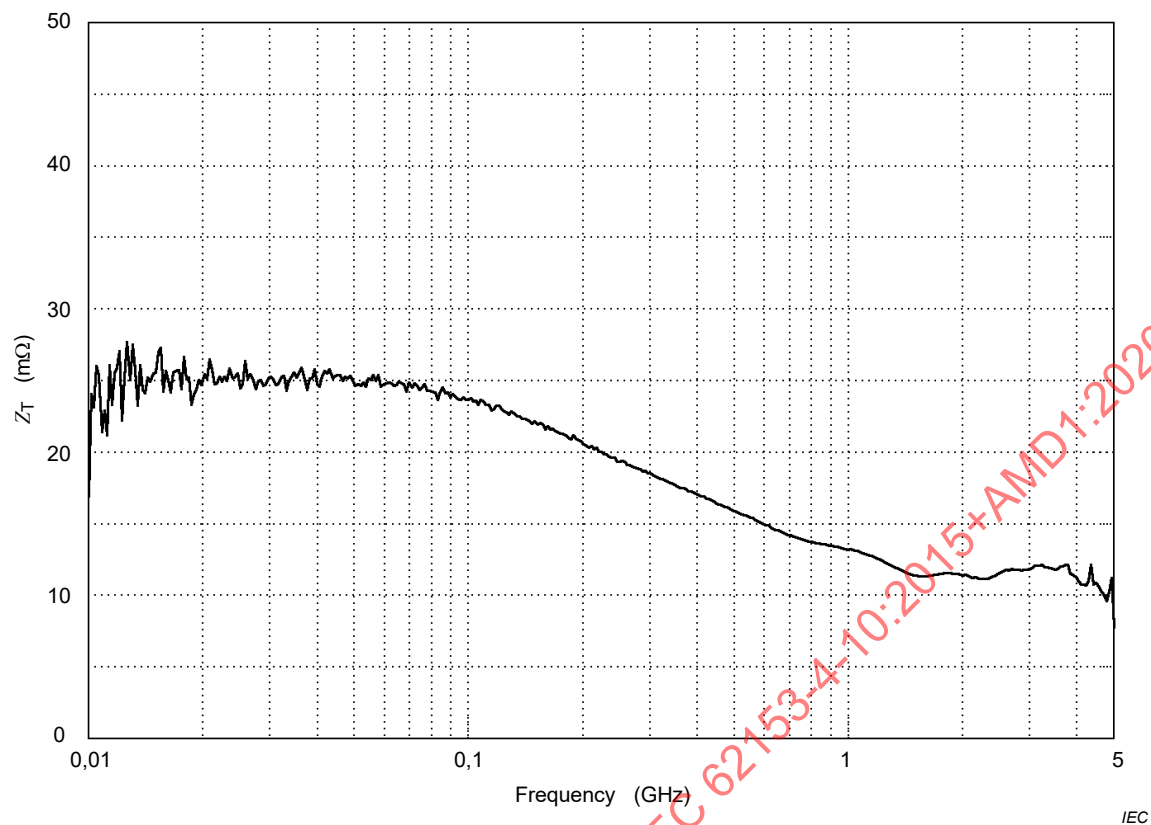
Anglais	Français
Start	Début
Pwr	Puissance
Stop	Arrêt

Figure A.10 – Isolation de la fixation d'essai lors de la caractérisation d'un court-circuit idéal (plaque métallique)



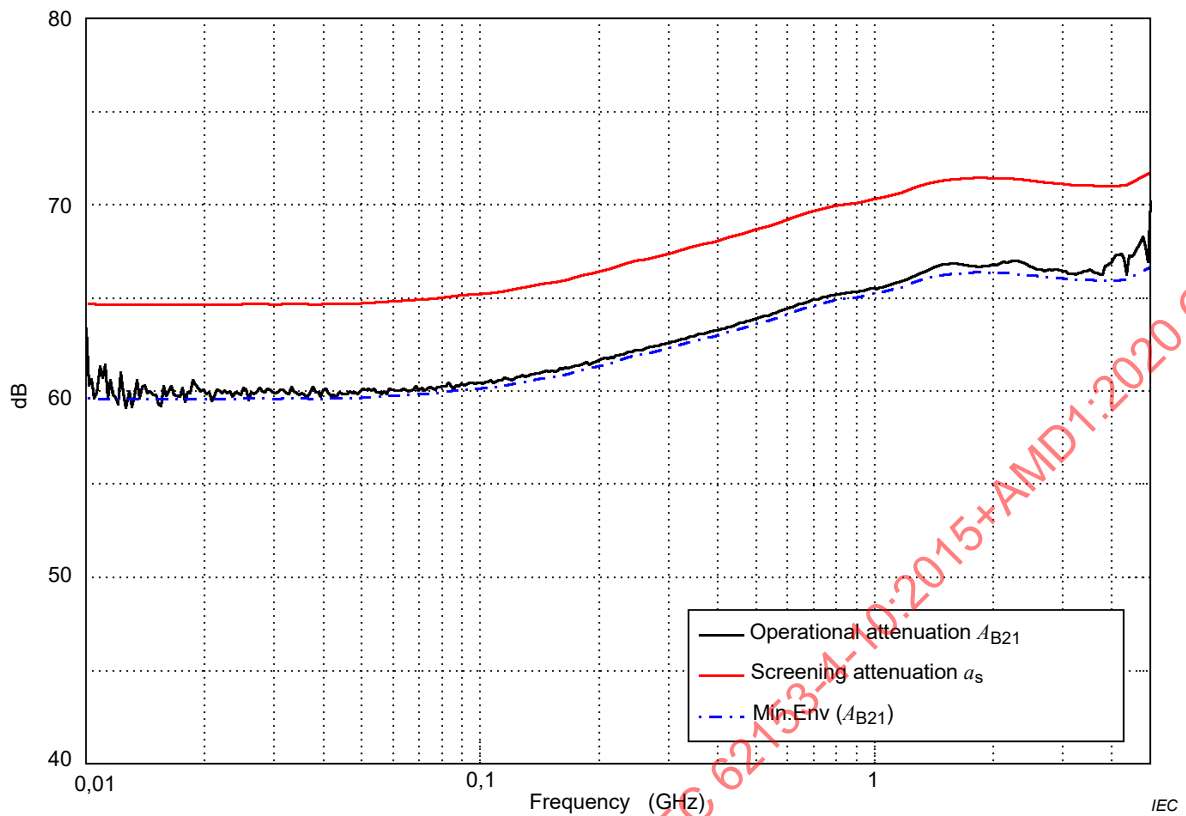
Anglais	Français
Start	Début
Pwr	Puissance
Stop	Arrêt

Figure A.11 – Transmission d'écran opérationnelle mesurée lors de la caractérisation d'un joint torique conducteur type



Anglais	Français
Frequency	Fréquence

Figure A.12 – Impédance de transfert Z_T d'un joint torique conducteur type



Anglais	Français
Operational attenuation	Affaiblissement opérationnel
Screening attenuation	Affaiblissement d'écran
Frequency	Fréquence

Figure A.13 – Affaiblissement d'écran a_s d'un joint torique conducteur type

Annexe B (informative)

Dispositif de référence pour le mesurage de vérification

B.1 Généralités

Afin de vérifier le bon fonctionnement des instruments appliqués et le calcul de l'impédance de transfert selon 7.1, il est recommandé d'effectuer un mesurage de vérification en utilisant un dispositif de référence. En commençant avec la caractéristique physique de l'impédance de transfert Z_T qui est une combinaison linéaire d'un composant résistif et d'un composant magnétique, décrite par:

$$Z_T = R + j\omega M$$

où

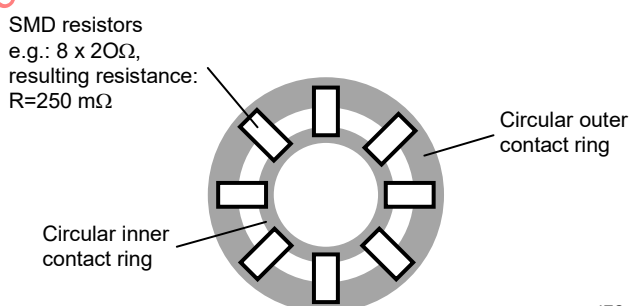
R est le composant résistif, et

M est le composant magnétique (inductif),

l'idée de base sous-jacente au mesurage de vérification consiste à comparer le composant résistif R de l'impédance de transfert mesurée Z_T du dispositif de référence à la valeur obtenue par un mesurage très précis en milliohms. La caractéristique désirée pour le dispositif de référence est d'atteindre une large zone de fréquences qui présente une valeur stable du composant résistif. Cette exigence peut être satisfaite par une conception ayant un composant magnétique minimal. Une augmentation du composant résistif élève également la fréquence à des valeurs plus élevées auxquelles le composant magnétique surpasse le composant résistif. D'autre part, l'étude de l'écart de mesure relatif n'exige pas de mesurage effectué à des valeurs spécialement faibles pour Z_T ou de faibles coefficients de transmission S21, respectivement.

B.2 Conception du dispositif de référence

Une conception d'exemple d'un tel dispositif est donnée à la Figure B.1. Cette conception inclut les résistances CMS qui sont caractérisées comme ayant des inductances faibles. Les résistances sont soudées sur une carte de circuit imprimé permettant de fournir les propriétés mécaniques nécessaires. La conception de la carte assure une zone de contact interne soudée à un élément de contact tourné et une zone de contact externe afin d'assurer une connexion à la paroi de blindage de la fixation d'essai.



Anglais	Français
SMD resistors e.g.: 8 x 20 Ω, resulting resistance R = 250 mΩ	Résistances CMS, par exemple 8 x 20 Ω, résistance résultante R = 250 mΩ
Circular outer contact ring	Anneau de contact circulaire externe
Circular inner contact ring	Anneau de contact circulaire interne

Figure B.1 – Dispositif de référence, par exemple des résistances soudées à une carte de circuit imprimé

Il convient de réaliser la connexion externe de façon complètement circulaire. En variante, la soudure directe à la paroi de blindage ou l'utilisation d'un dispositif de contact externe supplémentaire est appropriée. Le dispositif de contact externe supplémentaire offre l'avantage d'une applicabilité aux fixations d'essai de différentes dimensions. Une solution simple est que ce dispositif de contact supplémentaire facultatif soit constitué d'une traversée de câble métallique modifiée.

B.3 Résultat du mesurage de vérification

Un résultat de mesure type pour le mesurage de vérification est représenté à la Figure B.2. Le graphique est caractérisé par une grande zone de fréquence présentant une valeur stable de l'impédance de transfert qui correspond au résultat de mesure en milliohms du dispositif, qui est dans ce cas de 250 mΩ. Vers des fréquences plus élevées, le composant magnétique donne lieu à une augmentation approximative de 20 dB/déc de la courbe d'impédance de transfert.

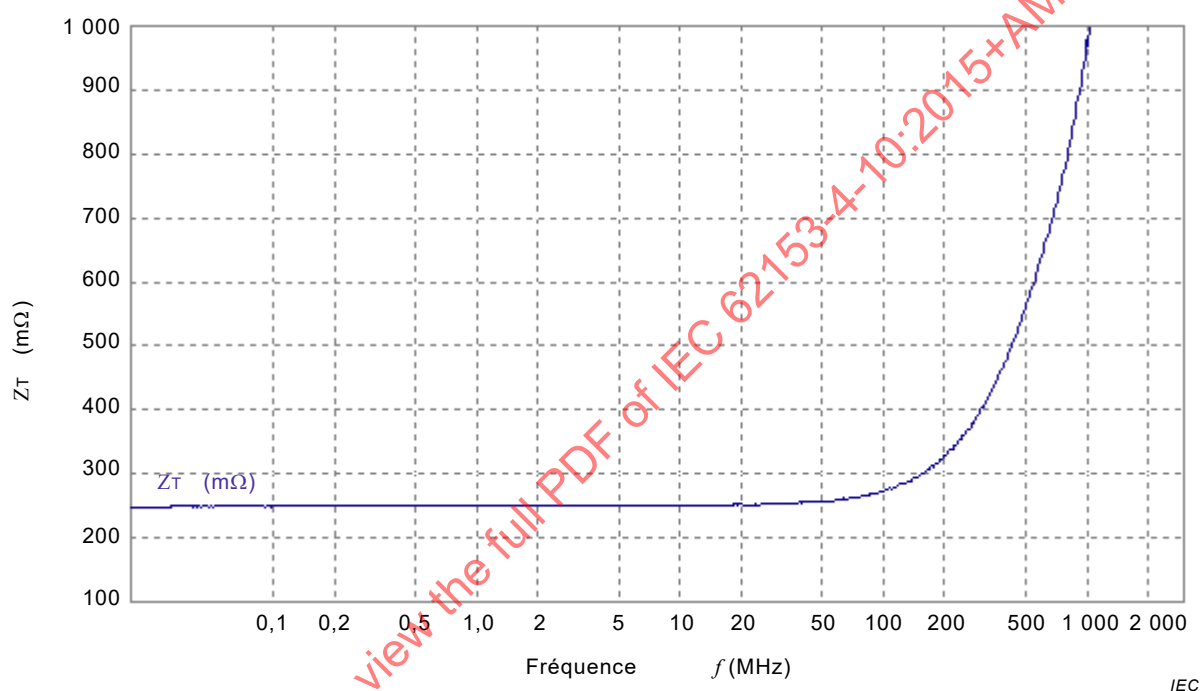


Figure B.2 – Résultat du mesurage de vérification type

Annexe C
(informative)

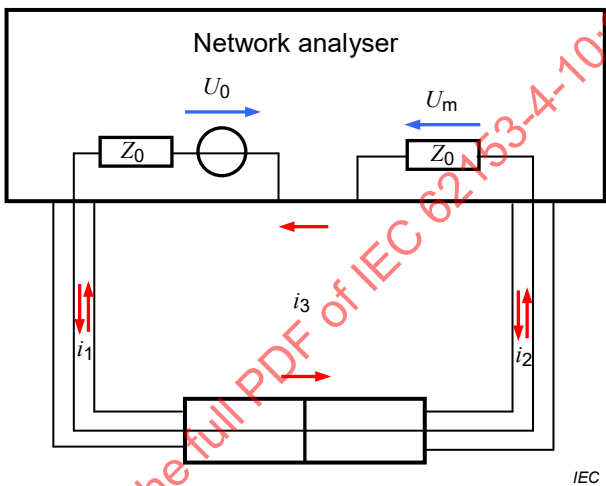
Impact des boucles de terre sur les mesures à basse fréquence

C.1 Généralités

Dans les configurations d'essai générales, le générateur et le récepteur ont le même potentiel à la terre. Cela est valable pour l'utilisation d'un analyseur de réseau, mais aussi pour l'utilisation d'un générateur et d'un récepteur séparés à condition qu'ils soient reliés directement à l'alimentation électrique (du fait de conducteur à la terre). Cette boucle de terre provoque des erreurs de mesure, en particulier aux fréquences plus faibles.

C.2 Analyse du montage d'essai

La Figure C.1 ci-dessous représente un montage d'essai coaxial double pour le mesurage de l'impédance de transfert.



Anglais	Français
Network analyser	Analyseur de réseau

Légende

Z_0	Impédance système (du générateur et du récepteur)	i_1, i_2, i_3	Courants de boucle
U_0	Tension source du générateur	U_m	Tension du récepteur

Figure C.1 – Montage d'essai coaxial double

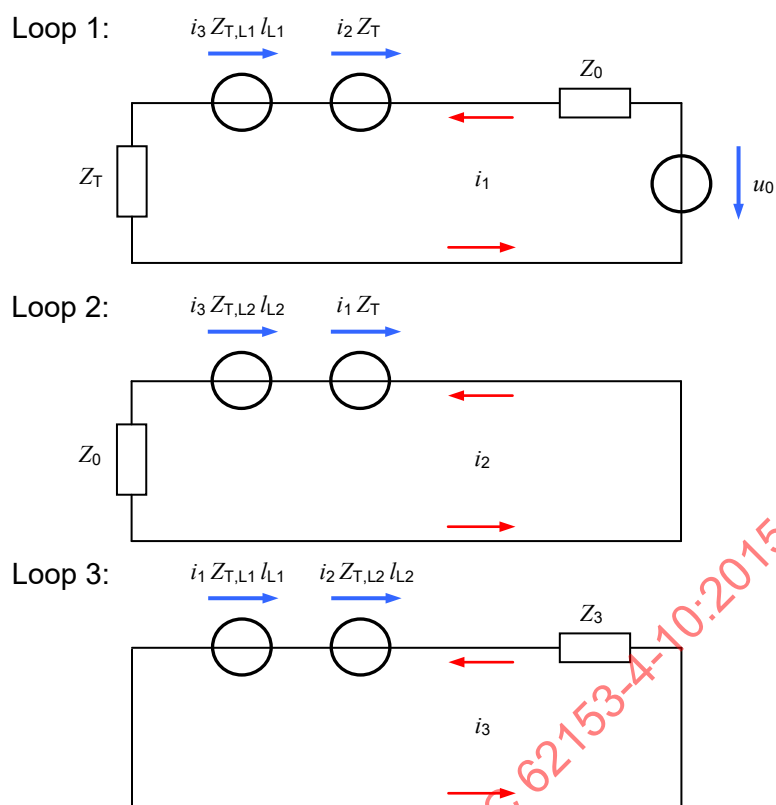
Le montage est constitué de trois boucles couplées:

Boucle 1: dispositif en essai (DUT) avec conducteur d'essai vers le générateur (circuit primaire).

Boucle 2: dispositif en essai avec conducteur d'essai vers le récepteur (circuit secondaire).

Boucle 3: entre le tube et le panneau frontal du VNA reliés par des conducteurs d'essai.

Les circuits équivalents des trois boucles sont représentés à la Figure C.2, avec l'hypothèse selon laquelle les conducteurs d'essai, le DUT et le circuit externe du montage coaxial double n'ont pas de perte et que le montage coaxial double a un blindage parfait.



IEC

Anglais	Français
Loop	Boucle

Légende

Z_T	Impédance de transfert du DUT	Z_0	Impédance système (du générateur et du récepteur)
$Z_{T,L1}$	Impédance de transfert du conducteur d'essai 1	Z_3	Impédance longitudinale de la boucle 3
$Z_{T,L2}$	Impédance de transfert du conducteur d'essai 2		
l_{L1}	Longueur du conducteur d'essai 1	i_1, i_2, i_3	Courant de boucle
l_{L2}	Longueur du conducteur d'essai 2	U_0	Tension source du générateur

Figure C.2 – Circuits équivalents du montage d'essai coaxial double

Pour des basses fréquences pour lesquelles l'effet de propagation d'onde peut être négligé, est obtenu:

$$\frac{u_m}{u_0} \cdot \frac{Z_0}{2} \approx Z_T \frac{Z_{T,L1} \cdot l_1 \cdot Z_{T,L2} \cdot l_2}{Z_3}$$

Le second terme représente l'erreur de mesure. Il peut être réduit en:

- utilisant des conducteurs d'essai à impédance de transfert faible;
- utilisant un conducteur d'essai court;
- augmentant l'impédance longitudinale de la boucle 3.

L'impédance de la boucle 3 pourrait être augmentée en utilisant des ferrites sur les conducteurs d'essai ou en utilisant un générateur et un récepteur qui ne sont pas sur le même potentiel à la terre, c'est-à-dire en utilisant un générateur et un récepteur séparés alimentés par batterie ou reliés à l'alimentation électrique par un transformateur de séparation.

L'effet de l'erreur de mesure est représenté à la Figure C.3 ci-dessous. Dans le cas présent, la différence entre un mesurage avec des ferrites (courbe verte) et un mesurage sans ferrite sur les conducteurs d'essai (courbe bleue) est étudiée.

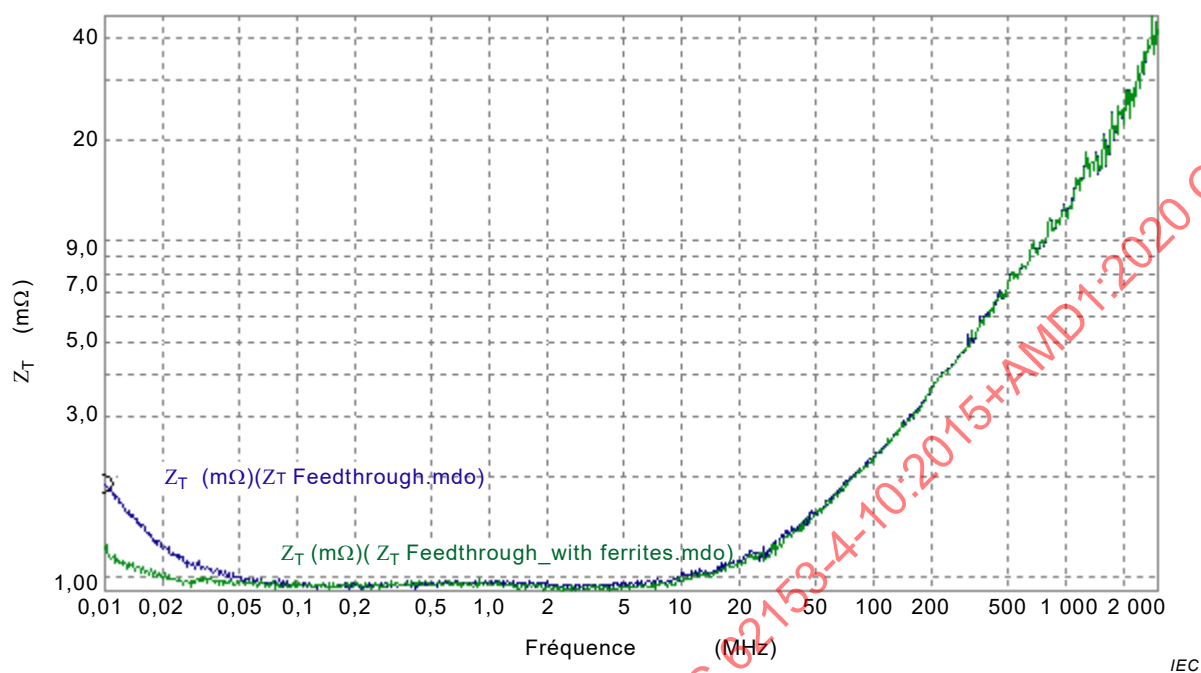


Figure C.3 – Résultats obtenus avec ferrites (en vert) et sans ferrite sur les conducteurs d'essai (en bleu)

Annexe D (informative)

Mesure de l'impédance de transfert des joints d'étanchéité conducteurs à pression de contact contrôlée

D.1 Généralités

Un effet bien connu en physique de contact est la dépendance de la résistance de contact à la force F qui est appliquée au système de contact. Une progression type de la résistance de contact suit $\sim F^{-2/3}$, ce qui signifie que si la force de contact est augmentée, la résistance de contact diminue sur la base d'un nombre croissant de points de contact microscopiques. Les joints d'étanchéité conducteurs se comportent de la même manière. Lorsque la pression exercée sur le joint d'étanchéité est augmentée, la résistance de la transition à travers la configuration surface de contact 1 – joint d'étanchéité – surface de contact 2 diminue.

La présente annexe donne les détails normatifs chaque fois que des mesures contrôlées en pression de l'impédance de transfert des joints d'étanchéité conducteurs sont exigées.

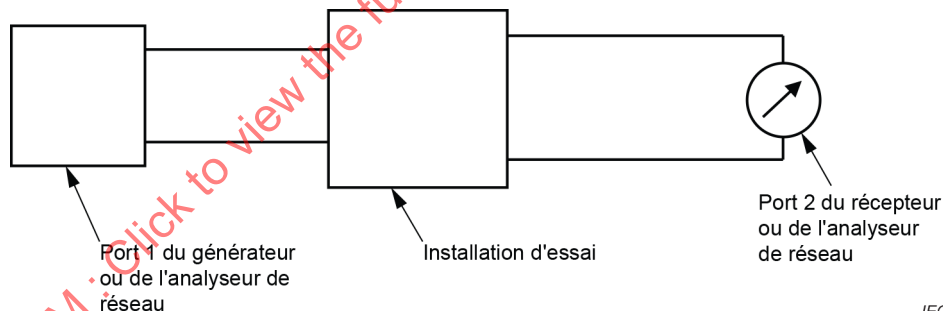
D.2 Equipements de mesure et dispositifs de mesure auxiliaires

Les équipements de mesure et dispositifs de mesure auxiliaires types se composent:

- d'un générateur RF et d'un récepteur d'essai (méthode d'essai A) ou d'un analyseur de réseau (NWA, *network analyser*) (méthode d'essai B),
- d'une installation d'essai pour la taille de spécimen correspondante,
- d'une résistance de terminaison (méthode d'essai A: générateur RF et récepteur d'essai).

D.3 Montage d'essai

Le montage d'essai est représenté à la Figure D.1.



IEC

Figure D.6 – Montage d'essai

La Figure D.2 présente les détails d'un exemple d'installation d'essai adaptée, permettant la détermination de certaines pressions de contact au cours de la mesure.



Légende

- 1 terminaison (uniquement exigée pour la méthode d'essai A: générateur RF et récepteur d'essai)
- 2 couvercle du boîtier
- 3 spécimen d'essai
- 4 connexion au port du générateur (méthode A) ou au port 1 de l'analyseur de réseau (méthode B)
- 5 élément de contact
- 6 isolateur
- 7 boîtier
- 8 élément de pression
- 9 connexion au port du récepteur d'essai (méthode A) ou au port 2 de l'analyseur de réseau (méthode B)
- 10 connexion au système pneumatique ou hydraulique
- 11 manomètre

Figure D.7 – Détails de l'installation d'essai

D.4 Spécimen d'essai

Les spécimens de taille A ont des dimensions pour des mesures jusqu'à 3 GHz, ceux de taille B pour des mesures jusqu'à 750 MHz (voir Tableau D.1 et Figure D.3).

Tableau D.1 – Taille de spécimen

Taille de spécimen	D1 mm	D2 mm
A	40	min. 20
B	160	min. 80

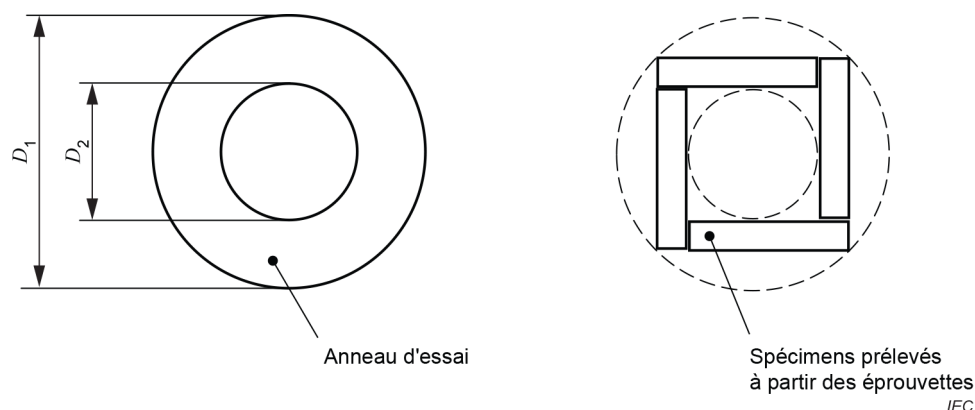


Figure D.8 – Taille et forme du spécimen

La forme du spécimen provient généralement de l'état de livraison des joints d'étanchéité en essai; les anneaux d'essai doivent être préparés, par exemple à partir de feuilles ou de plaques d'étanchéité, les éprouvettes doivent être préparées par exemple à partir de sections ou de bande

D.5 Procédure de mesure

D.5.1 Méthode d'essai A: générateur RF et récepteur d'essai adaptés

Le montage d'essai est assemblé conformément à la Figure D.1 et à la Figure D.2.

La valeur de la résistance de terminaison Z_{Res} doit être conforme à l'impédance de source du générateur RF Z_G . L'impédance du récepteur d'essai Z_R doit être conforme à l'impédance de source du générateur RF Z_G . L'impédance des câbles d'essai Z_0 doit être conforme à l'impédance de source du générateur RF, de telle sorte que $Z_G = Z_{Res} = Z_R = Z_0$.

D.5.2 Méthode d'essai B: mesure avec l'analyseur de réseau non adapté

Le montage d'essai est assemblé conformément à la Figure D.1 et à la Figure D.2.

La résistance de terminaison n'est pas utilisée avec la méthode B.

L'analyseur de réseau doit être étalonné conformément aux spécifications du fabricant.

D.5.3 Les deux méthodes

L'affaiblissement opérationnel $A_{B21}(Z_T = \infty)$ de l'installation d'essai avec un DUT en circuit ouvert ($Z_T = \infty$) doit être mesuré et enregistré par rapport à la fréquence.

L'affaiblissement opérationnel A'_{B21} avec le connecteur de traversée monté sur la plaque ou le joint d'étanchéité inséré est mesuré et enregistré par rapport à la fréquence.

L'affaiblissement opérationnel du joint d'étanchéité est alors

$$A_{B21} = A'_{B21} - A_{B21}(Z_T = \infty)$$

En fonction de l'application, les mesures de l'impédance de transfert peuvent être prises à différentes fréquences et forces de compression ou différentes épaisseurs et diverses formes au cours de la compression, respectivement.

La force de compression et la fréquence doivent être choisies conformément à la spécification du fabricant ou à l'option du client.

D.6 Expression des résultats

D.6.1 Méthode A: mesure avec le générateur RF et le récepteur d'essai adaptés

L'impédance de transfert du spécimen d'essai doit se calculer comme suit:

$$|Z_T| = |Z_0| \times 10^{\frac{-A_{B21}}{20}}$$

A_{B21} est l'atténuation opérationnelle en dB;

Z_0 est l'impédance caractéristique nominale du montage d'essai, égale à l'impédance du générateur et récepteur et la résistance de terminaison.

D.6.2 Méthode B: mesure avec l'analyseur de réseau non adapté

L'impédance de transfert du spécimen d'essai doit se calculer comme suit:

$$|Z_T| = \frac{|Z_0|}{2} \times 10^{\frac{-A_{B21}}{20}}$$

où

A_{B21} est l'atténuation opérationnelle en dB;

Z_0 est l'impédance caractéristique nominale du montage d'essai, égale à l'impédance de l'analyseur de réseau.

Bibliographie

IEC TR 62152:2009, *Transmission properties of cascaded two-ports or quadripols – Background of terms and definitions* (disponible en anglais seulement)

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

IEC 62153-4-4, *Metallic communication cable test methods – Part 4-4: Electromagnetic compatibility (EMC) – Test method for measuring of the screening attenuation as up to and above 3 GHz, triaxial method* (disponible en anglais seulement)

IEC 62153-4-7, *Méthodes d'essai des câbles métalliques de communication – Partie 4-7: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Méthode d'essai pour mesurer l'impédance de transfert et l'affaiblissement d'écran – ou l'affaiblissement de couplage – Méthode des tubes concentriques*

- [1] Halme L., Wollitzer M., et al., "Measurement of the Shielding or Screening Effectiveness of Feed-throughs and Electromagnetic Gaskets up to 4 GHz and above", *Proceedings of the 56th IWCS*, 2007
 - [2] Hoffmann, Michael H. W., *Hochfrequenztechnik*, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, 1997, ISBN 3-540-61667-5, Kapitel 8
 - [3] Bedea, Asslar: <http://www.bedeia.com>, vaste documentation et espace de téléchargement sur le principe de la technique de mesure triaxiale
 - [4] CISPR 25, *Véhicules, bateaux et moteurs à combustion interne – Caractéristiques des perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure pour la protection des récepteurs embarqués*
 - [5] Schmid T., Wollitzer M., Halme L., Mund B., "Verification of Feed-Through Configurations by Means of Simple Test Apparatus on Component Level", *Proceedings, 20th Int. Zurich Symposium on EMC*, Zurich 2009
-

FINAL VERSION**VERSION FINALE**

**Metallic communication cable test methods –
Part 4-10: Electromagnetic compatibility (EMC) – Transfer impedance and
screening attenuation of feed-throughs and electromagnetic gaskets – Double
coaxial test method**

**Méthodes d'essai des câbles métalliques de communication –
Partie 4-10: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Impédance de transfert et
affaiblissement d'écran des traversées et des joints d'étanchéité
électromagnétiques – Méthode d'essai coaxiale double**

CONTENTS

FOREWORD	4
1 Scope	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Principle of the test method	9
5 Procedure.....	12
5.1 Equipment	12
5.2 Dynamic range.....	12
5.3 Verification of the test set-up	12
5.4 Sample preparation.....	12
6 Measurement.....	12
6.1 General.....	12
6.2 Screening attenuation	12
6.3 Transfer impedance	12
7 Expression of results	13
7.1 Transfer impedance	13
7.2 Screening attenuation	13
7.3 Requirements	13
Annex A (informative) Background for the measurement of the shielding effectiveness of feed-throughs and electromagnetic gaskets	14
A.1 General.....	14
A.2 Theoretical model of the test procedure	15
A.3 Performing measurements	16
A.3.1 Characteristic impedance uniformity of the test fixture	16
A.3.2 Measuring EMI-gaskets by using a NWA	16
A.3.3 Pictures and measurement results	17
Annex B (informative) Reference device for verification measurement	23
B.1 General.....	23
B.2 Design of the reference device.....	23
B.3 Verification measurement result.....	24
Annex C (informative) Impact of ground loops on low frequency measurements	25
C.1 General.....	25
C.2 Analysis of the test set-up.....	25
Annex D (informative) Measurement of the transfer impedance of conductive gaskets with controlled contact pressure.....	28
D.1 General.....	28
D.2 Measuring equipment and auxiliary measuring devices	28
D.3 Test setup.....	28
D.4 Test specimen	29
D.5 Measurement procedure	30
D.5.1 Test method A: matched RF-generator and test receiver	30
D.5.2 Test method B: un-matched NWA measurement	30
D.5.3 Both methods	30
D.6 Expression of results	31
D.6.1 Method A: matched RF-generator and test receiver measurement	31

D.6.2 Method B: un-matched NWA measurement.....	31
Bibliography.....	32
Figure 1 – A two-port	7
Figure 2 – Equivalent circuit of the test set-up and definition of Z_T	7
Figure 3 – Cross-section of a typical feed-through configuration	10
Figure 4 – Cross-section of the test fixture with a connector	10
Figure 5 – Cross-section of the test fixture with an electromagnetic gasket.....	11
Figure A.1 – Cross-section of a typical feed-through configuration	14
Figure A.2 – Cross-section of the test fixture with a connector	15
Figure A.3 – Equivalent circuit of the test setup with the shunt admittance y of the feed-through	15
Figure A.4 – TDR step response at input-port of test fixture	16
Figure A.5 – View of the test fixture connected to a network analyzer	18
Figure A.6 – Top view of the test fixture	18
Figure A.7 – Detailed view of the contact area	18
Figure A.8 – Detailed view of the captivation for the conductive O-ring test.....	19
Figure A.9 – Isolation of the network analyzer.....	20
Figure A.10 – Isolation of the test fixture when characterizing an ideal short (metal plate)	20
Figure A.11 – Measured operational screening transmission when characterizing a typical conductive O-ring.....	21
Figure A.12 – Transfer impedance Z_T of a typical conductive O-ring.....	21
Figure A.13 – Screening attenuation a_s of a typical conductive O-ring	22
Figure B.1 – Reference device, e.g. resistors soldered onto a PCB.....	23
Figure B.2 – Typical verification measurement result	24
Figure C.1 – Double coaxial test set-up	25
Figure C.2 – Equivalent circuits of the double coaxial test set-up.....	26
Figure C.3 – Results obtained with (green) and without ferrites on the test leads (blue).....	27
Figure D.1 – Test set-up	28
Figure D.2 – Details of the test fixture	29
Figure D.3 – Specimen size and shape	30
Table D.1 – Specimen size	29

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METALLIC COMMUNICATION CABLE TEST METHODS –

Part 4-10: Electromagnetic compatibility (EMC) – Transfer impedance and screening attenuation of feed-throughs and electromagnetic gaskets – Double coaxial test 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.

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.

IEC 62153-4-10 edition 2.1 contains the second edition (2015-11) [documents 46/563/FDIS and 46/580/RVD] and its amendment 1 (2020-07) [documents 46/736/CDV and 46/769/RVC].

This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

International Standard IEC 62153-4-10 has been prepared by IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, R.F. connectors, R.F. and microwave passive components and accessories.

This second edition constitutes a technical revision.

The main technical changes with regard to the previous edition are as follows:

- addition of a new clause that describes a procedure for verification of the measurement set-up and further information regarding sample preparation;
- addition of a new Annex that describes how to improve measurement certainty in the very low frequency area.

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

A list of all parts of the IEC 62153 series, under the general title: *Metallic communication cable test methods*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment 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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication 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.

METALLIC COMMUNICATION CABLE TEST METHODS –

Part 4-10: Electromagnetic compatibility (EMC) – Transfer impedance and screening attenuation of feed-throughs and electromagnetic gaskets – Double coaxial test method

1 Scope

This part of IEC 62153 details a coaxial method suitable for determining the transfer impedance and/or screening attenuation of feed-throughs and electromagnetic gaskets.

The shielded screening attenuation test set-up according to IEC 62153-4-4 (triaxial method) has been modified to take into account the particularities of feed-throughs and gaskets.

A wide dynamic and frequency range can be applied to test even super screened feed-throughs and gaskets with normal instrumentation from low frequencies up to the limit of defined transversal waves in the coaxial circuits at approximately 4 GHz.

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.

Void.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

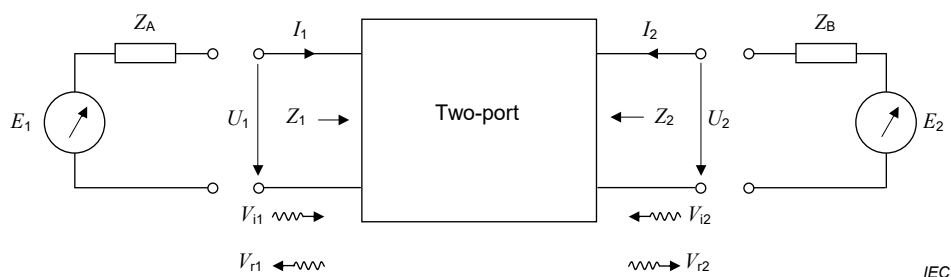
3.1

operational (Betriebs) transfer function in the forward direction H_{B21}

operational (Betriebs) scattering parameter S_{21}

quotient of the reflected square root of power wave fed into the reference impedance of the output of the two-port and the unreflected square root of the power wave consumed at the input of the two-port

EXAMPLE (see Figure 1)



Key

E_1, E_2	network analyzer at input, output respectively	V_{i1}, V_{i2}	incident square root of complex power waves (see note) at input and output, respectively
Z_A, Z_B	reference impedance at input and output respectively	V_{r1}, V_{r2}	reflected square root of complex power waves (see note) at input and output, respectively
I_1, I_2	current at input and output, respectively	Z_1, Z_2	impedance at input and output, respectively
U_1, U_2	voltage at input and output, respectively		

Figure 1 – A two-port

Note 1 to entry: Complex power is the product $U \cdot I$. Apparent power is the product $U \cdot I^*$, which is used in electrical power technique, where the angle between the voltage and current is of interest. I^* is the complex conjugate of the current I .

S_{21} or H_{B21} is the operational (Betriebs) transfer function in the forward direction defined as follows:

$$S_{21} = \frac{V_{r2}}{V_{i1}} \bigg|_{V_{i2}=0} = \frac{2U_2}{E_1} \sqrt{\frac{Z_A}{Z_B}} = H_{B21}$$

See Annex C of IEC TR 62152:2009.

3.2

transfer impedance

equivalent circuit of the measurement of a feed-through or gasket, shunt impedance Z_T between the primary and secondary circuit

EXAMPLE The transfer impedance of an electrically short screen is defined as the quotient of the open circuit voltage U_2 induced to the secondary circuit by the current I_1 fed into the primary circuit or vice versa. See Figure 2.

Z_T of an electrically short screen is expressed in Ω or decibels in relation to 1 Ω .

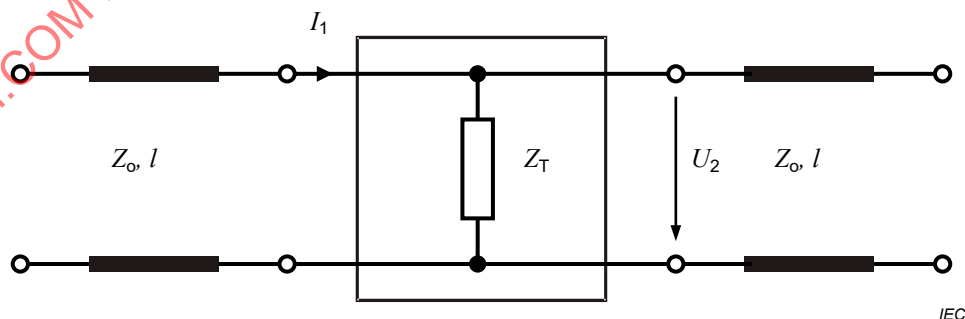


Figure 2 – Equivalent circuit of the test set-up and definition of Z_T

$$Z_T = \frac{U_2}{I_1} \quad (1)$$

$$Z_T = +20 \times \log_{10} \left(\frac{|Z_T|}{1\Omega} \right) \quad (2)$$

3.3

operational (Betriebs) attenuation

the quotient of the unreflected square root of power wave fed into the reference impedance of the input of the two-port and the square root of the power wave consumed by the load of the two-port expressed in dB and radians

Note 1 to entry: See IEC TR 62152.

3.4

screening attenuation

a_s

logarithmic ratio of the incident (unreflected) square root of power wave fed into the nominal impedance of the primary circuit of the test set-up and the periodic maximum values of the square root of power wave $V_{r2, \max}$ coupled into the secondary circuit of the test set-up when its characteristic impedance Z_o is normalized to 150 Ω

EXAMPLE

$$\begin{aligned} a_s &= -20 \times \log_{10} \left(\text{Env} \left| \frac{V_{r2, \max}}{V_{i1}} \right| \right) + 20 \times \log_{10} \left| \frac{\sqrt{150 \Omega}}{\sqrt{Z_o}} \right| = \\ &= 20 \times \log_{10} \left| \frac{1}{\text{Env}(S_{21, \max})} \right| + 20 \times \log_{10} \left| \frac{\sqrt{150 \Omega}}{\sqrt{Z_o}} \right| = \\ &= \text{Min. Env} (A_{B21}) + 20 \times \log_{10} \left| \frac{\sqrt{150 \Omega}}{\sqrt{Z_o}} \right| \end{aligned} \quad (3)$$

where

a_s is the screening attenuation expressed in dB;

$\text{Env} (A_{B21})$ is the operational attenuation recorded as the envelope curve of the measured values in dB (See 7.1);

$\text{Min. Env} (A_{B21})$ is the operational attenuation recorded as the minimum envelope curve of the measured values in dB (See 7.1);

150 Ω is the standardized impedance of the secondary ("outer" or disturbed) circuit.

The screening attenuation, expressed in dB of an electrically short device is:

$$a_s \approx 20 \times \log_{10} \left| \frac{50 \Omega}{Z_T} \right| \quad (4)$$

where

a_s is the screening attenuation expressed in Ω ;

Z_T is the transfer impedance of the device under test.

Note 1 to entry: Formula (4) may be deduced from Formulas (3) and (5) as follows, assuming an electrically short device:

$$a_s = 20 \times \log_{10} \left| \frac{\sqrt{Z_o \times 150 \Omega}}{2 \times Z_T} \right|. \text{ If we assume that } 150 \Omega \approx 3 \times Z_o, \text{ then}$$

$$a_s = 20 \times \log_{10} \left| \frac{150 \Omega}{2\sqrt{3} \times Z_T} \right| \text{ and approximate } 2\sqrt{3} \approx 3 \text{ then } a_s \approx 20 \times \log_{10} \left| \frac{50 \Omega}{Z_T} \right| \text{ and Formula (4) is valid.}$$

In the measurement, both primary and secondary circuits are low impedance. This leads to a 6 dB lower A_{B21} than in e.g. the tube measurement of connectors; see IEC 62153-4-7.

3.5

device under test

DUT

connector's body or screen, intended to be mounted to a shielding or screening wall (or box), or an electromagnetic gasket

3.6

triaxial test method

method for measuring the transfer impedance and screening attenuation of passive transmission components like cables and connectors in an triaxial arrangement

Note 1 to entry: Primarily used for components with elongated dimensions and therefore distributed coupling over the transfer impedance along the components.

See also IEC TS 62153-4-1.

3.7

double coaxial test method

method for measuring the transfer impedance and screening attenuation of passive transmission components like connector feed-throughs and electro magnetical gaskets in an cascaded arrangement

Note 1 to entry: Primarily used for short components with concentrated transfer impedance.

See also IEC TS 62153-4-1.

4 Principle of the test method

Figure 3 shows a typical feed-through construction where a coaxial connection is brought into a screened housing to a printed circuit board. Important are the coaxial connector body's and electromagnetic gasket's reliable connection to the screening or shielding box.

The electromagnetic tightness of a connector body's mounting or a gasket is measured as transfer impedance and/or screening attenuation.

The test set-up consists of two RF-tight coaxial systems separated by a metallic wall to which the DUT is mounted. The feed-through test set-up is shown in Figure 4. The gasket test set-up is shown in Figure 5. Here the gasket is pressed between two metallic plates.

The nominal impedances of both sides of the coaxial fixture should be the same as that of the test equipment. The generator side is called the primary circuit or inner circuit and the receiver side is called the secondary circuit or outer circuit.

The set-up is the same for measuring the transfer impedance and the screening attenuation.

Annex A gives a theoretical model of the test set-up. Useful information concerning the triaxial measurement technique is given in [3]¹.

¹ Figures in square brackets refer to the Bibliography.

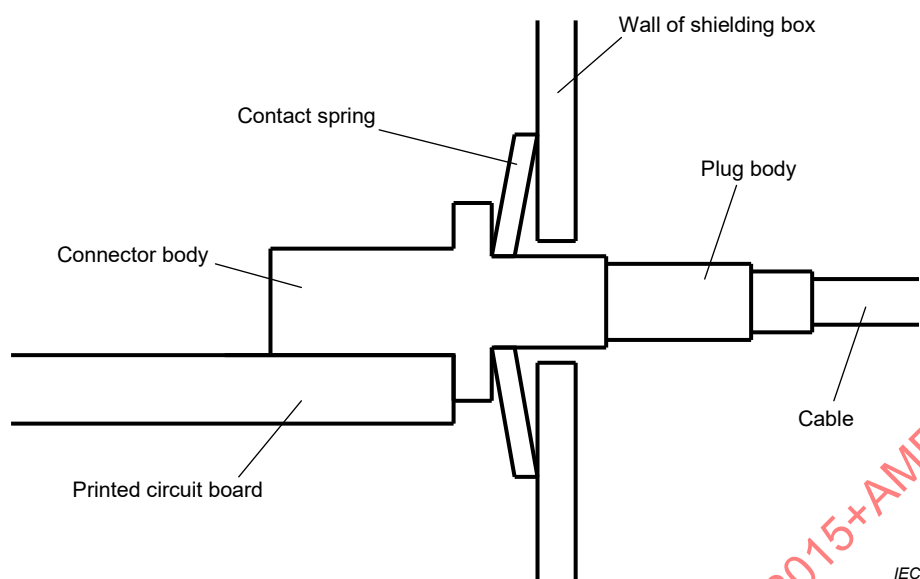
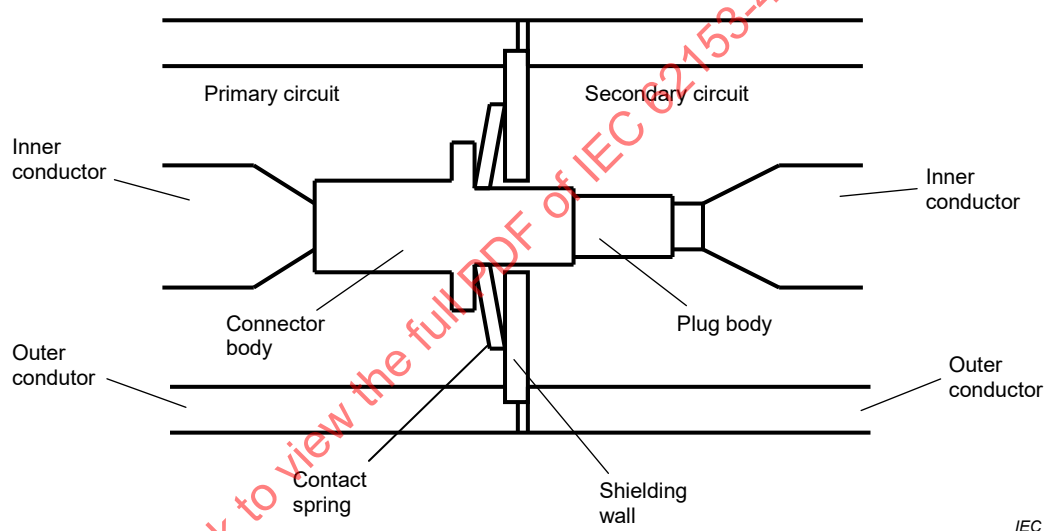
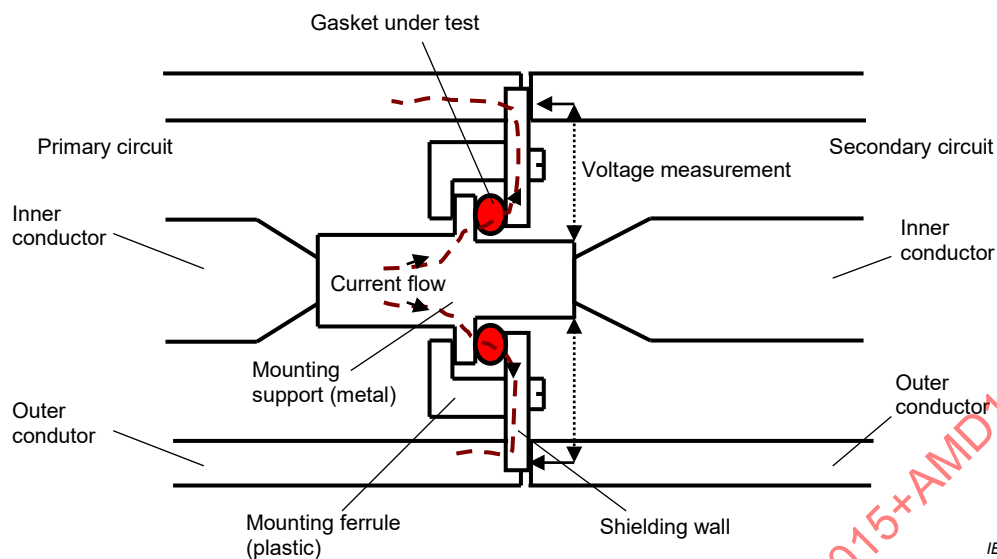


Figure 3 – Cross-section of a typical feed-through configuration



NOTE It is important that the coupled voltage is measured without any disturbing extra coupling voltage not coming from the feed-through under test (compare with Figure 5).

Figure 4 – Cross-section of the test fixture with a connector



In test rig design, care shall be taken that the disturbing current in the primary circuit cannot cause unwanted transition voltages in the measuring secondary circuit. Separate voltage and current "contacts" are a must.

One should not end in a situation where transition or contact resistances of the test rig influence the test results. Special care shall be taken to design the mounting of the test plate between the primary and secondary circuits or systems. Figure 5 shows how to avoid bringing the transition resistance between the mounting plate and primary circuit into the disturbing voltage measurement circuit formed by the secondary circuit of the test system.

It is important that the coupled voltage is measured without any disturbing extra coupling voltage not coming from the gasket under test (compare with Figure 4).

Figure 5 – Cross-section of the test fixture with an electromagnetic gasket

5 Procedure

5.1 Equipment

The test fixture set-up is shown in Figures 3, 4 and 5 and consists of the following:

- a double coaxial test fixture where the sides are separated by metallic wall/walls for mounting of the DUT (Figure 4) (feed-through) or the gasket pressed between two plates, the first one belonging to the centre conductor and primary circuit and the second one to the outer conductor and secondary circuit, Figure 5;
- the RF-tight double coaxial, test fixture which should have preferably a diameter such that the characteristic impedance to the outer tube is $50\ \Omega$ respectively the nominal impedance of the network analyzer or generator and receiver;
- a signal generator with the same characteristic impedance as the test fixture with the mounted DUT or an impedance matching adapter, completed with a power amplifier if necessary for very high screening attenuation;
- a receiver with a calibrated step attenuator or a network analyzer (NWA).

NOTE The generator and the receiver may be included in a network analyzer.

5.2 Dynamic range

The dynamic range (noise floor) of the test setup shall be tested by replacing the DUT by a solid metallic plate.

5.3 Verification of the test set-up

In order to verify the proper function of the applied instrumentation and the calculation of the transfer impedance according to 7.1, it is recommended to do a verification measurement by use of a reference device with known characteristics. An example design of such a device is given in Annex B.

5.4 Sample preparation

The feed-through connector or gasket shall be mounted into the fixture according to the manufacturer's instructions. The specification of the applied contact zones is of particular interest since this defines the contact resistance as an integral part of the transfer impedance of the DUT. Deviating test fixture contact characteristics will result in variations of the measured transfer impedance and screening attenuation, respectively.

6 Measurement

6.1 General

The operational attenuation $A_{B21}(Z_T = \infty)$ of the test fixture with an open circuited DUT ($Z_T = \infty$) shall be measured and recorded vs. frequency.

The operational attenuation A'_{B21} with the feed-through connector mounted to the plate or the gasket inserted is measured and recorded vs. frequency.

The operational attenuation of the feed-through or gasket is then:

$$A_{B21} = A'_{B21} - A_{B21}(Z_T = \infty)$$

6.2 Screening attenuation

See 3.4.

6.3 Transfer impedance

See 3.2.

7 Expression of results

7.1 Transfer impedance

$$Z_T = \frac{S_{21} Z_o}{2} = \frac{H_{B21} Z_o}{2}$$

$$|Z_T| = \frac{|Z_o|}{2} \times 10^{\frac{-A_{B21}}{20}} \quad (5)$$

where

Z_o is the nominal characteristic impedance of the primary and secondary circuits, equal to the impedance of the generator and receiver.

NOTE Contrary to the measurement of the transfer impedance of cable screens, the transfer impedance of the connector is not related to length.

7.2 Screening attenuation

The screening attenuation a_s has to be normalized to the agreed standard conditions where the impedance of the “outer world” or secondary circuit is $Z_s = 150 \Omega$:

$$a_s = \text{Min.Env}(A_{B21}) + 10 \times \log_{10} \left| \frac{Z_s = 150 \Omega}{Z_o} \right| \quad (6)$$

where

a_s is the screening attenuation related to a secondary or outer circuit (“radiating”) impedance of 150Ω in dB;

$\text{Min.Env}(A_{B21})$ is the operational attenuation recorded as the minimum envelope curve of the measured values in dB (see 7.1);

Z_o is the characteristic impedance of the fixture in Ω .

NOTE At frequencies higher than the limit of the electrically short feed-through the measurement, results will be similar to screening attenuation measurement of a long transmission line.

7.3 Requirements

The results of the transfer impedance and/or the screening attenuation shall comply with the value indicated in a relevant specification.

Annex A (informative)

Background for the measurement of the shielding effectiveness of feed-throughs and electromagnetic gaskets

A.1 General

A reference for the measurement of the shielding or screening effectiveness of feed-throughs and electromagnetic gaskets is given in [1]. The following is an excerpt of the main issues of this paper as well as additional information regarding the practical measurement, the details of DUT captivation and the obtained results.

The proper function of modern communication equipment is strongly influenced by the proper EMI shielding of electrical components. Feed-throughs can contribute significantly to the overall EMI level of communication equipment. A cross-section of the typical configuration of a feed-through is shown in Figure A.1. The connector body is soldered onto the circuit board and thus electrically connected to the ground potential of the electrical circuitry.

At higher frequencies, the potential of the circuit board's ground plane is usually not equal to that of the shielding box. A contact spring short-circuits this potential difference. If the contact spring were not present in the setup of Figure A.1, excessive radiation of electromagnetic waves along the cable's outer conductor would be the result.

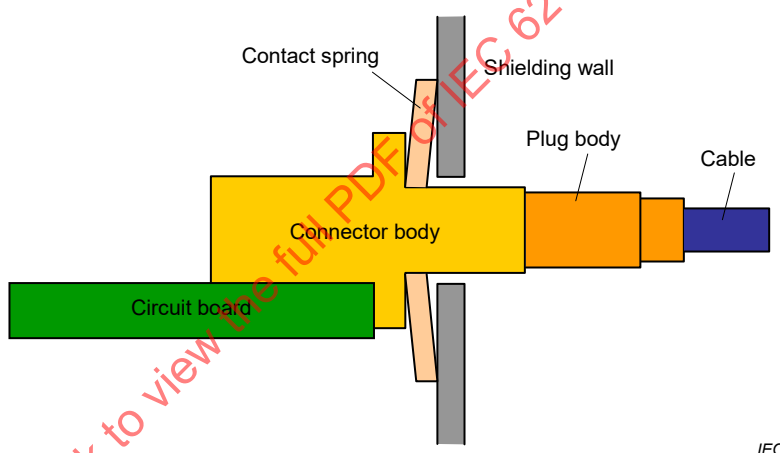


Figure A.1 – Cross-section of a typical feed-through configuration

It is usually a very time-consuming task to evaluate the shielding or screening effectiveness of a feed-through in a test configuration as is recommended in CISPR 25 [4]. The measurement setups that are described therein are generally based on some kind of free space measurement, which requires an anechoic chamber.

The introduction of well-defined electrically conducting boundaries in a test fixture would greatly simplify the measurement procedure.

This is possible by application of a coaxial test setup. A cross-section view of the test fixture is shown in Figure A.2. The section to the left of Figure A.2 represents the inner of a component. A signal is fed to the outer conductor of the connector under test by means of the coaxial line's inner conductor. The amount of RF-leakage that can be detected on the opposite side of the shielding wall is picked up by the centre conductor of the coaxial line to the right. In the case of a two-port operational scattering (S_{21}) parameter or operational forward transfer function measurement, where the two ports of the network analyzer are connected to both coaxial line sections, S_{21} is a direct measure for the shielding efficiency of a feed-through or gasket tested in well defined circumstances that make repeatable and comparable tests possible.

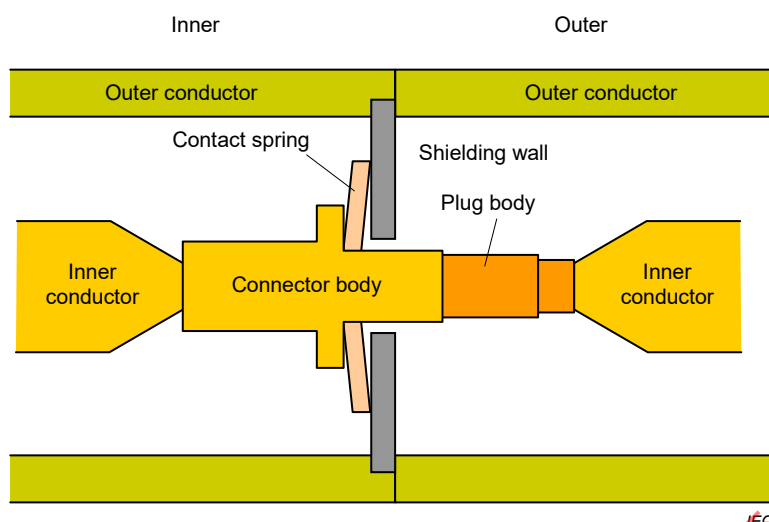


Figure A.2 – Cross-section of the test fixture with a connector

A.2 Theoretical model of the test procedure

Figure A.3 shows an equivalent circuit of the test fixture. The characteristic impedance and length on both sides of the feed-through under test are given by Z_o and l respectively. The normalized, with respect to Z_o , shunt admittance $y = 1/z$ and shunt impedance z represents a simple electrical model for the feed-through. This model is applicable, as long as the wavelength at the frequency of interest is long compared to the dimensions of the structures.

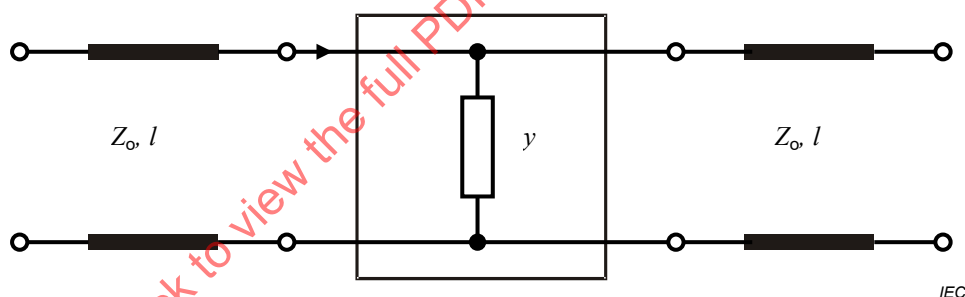


Figure A.3 – Equivalent circuit of the test setup with the shunt admittance y of the feed-through

Following Hoffmann [2] and/or Halme *et al.* [1], the two-port network containing the normalized shunt admittance y or normalized shunt impedance z can be described by the operational S -parameter-matrix when placed between equal impedances which are the normalizing or reference impedances, being $Z_o = Z_L$.

$$\underline{S} = \begin{pmatrix} \frac{-y}{y+2} & \frac{2}{y+2} \\ \frac{2}{y+2} & \frac{-y}{y+2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{-1}{1+2z} & \frac{2z}{1+2z} \\ \frac{2z}{1+2z} & \frac{-1}{1+2z} \end{pmatrix} \quad (\text{A.1})$$

z and y are normalized to the reference impedance Z_o by:

$$z = \frac{1}{y} = \frac{Z}{Z_o} = \frac{1}{Y \cdot Z_o} \quad (\text{A.2})$$

For the case of an ideal open circuit and a short circuit as an equivalent circuit for the feed-through, the following S -matrices are calculated:

for $z \rightarrow 0 : S = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$ (A.3)

or $z \rightarrow \infty : S = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$

Formula (A.1) indicates that the shunt impedance equal to Z_T of the feed-through may be estimated from the measured S -parameter S_{21} by:

$$Z_T = z \cdot Z_o = \frac{S_{21}}{2(1 - S_{21})} \cdot Z_o \approx \frac{S_{21}}{2} \cdot Z_o \text{ for } |S_{21}| \ll 1 \quad (\text{A.4})$$

A.3 Performing measurements

A.3.1 Characteristic impedance uniformity of the test fixture

The uniformity of the characteristic impedances within the test fixture is important. Line sections with deviations from the nominal characteristic impedance will cause impedance transformations, resulting in measurements that will generate erroneous calculations of the transfer impedance and the screening attenuation.

Cable measurements with the shielded screening effectiveness test method have shown that to obtain test results, which correspond to the theory, unintended reflection points in the test fixture shall be avoided. The time domain reflectometer (TDR) measurement performed on a test fixture with a through connection shown in Figure A.4 verifies a suitable impedance smoothness of the coaxial line section within the primary and secondary circuit.

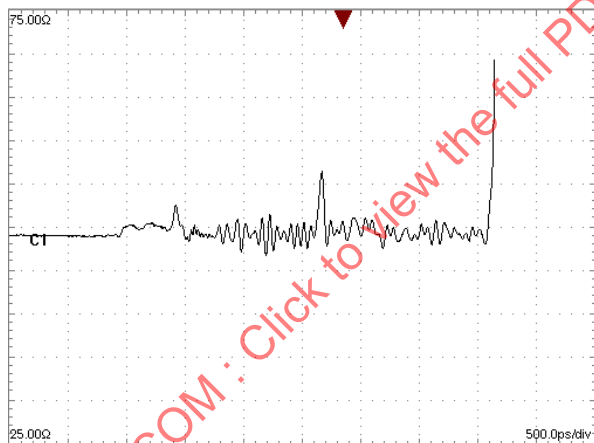


Figure A.4a – Without filter, rise time is 17 ps

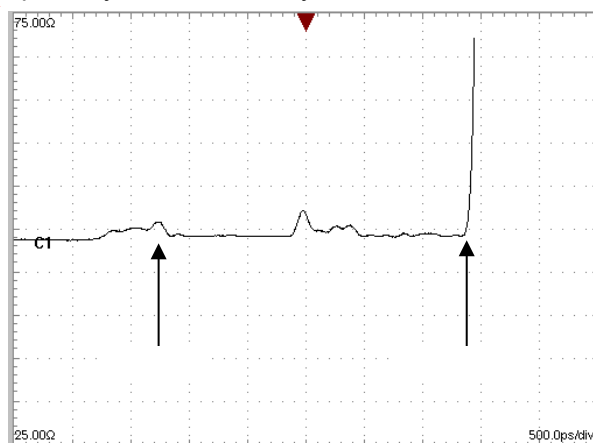


Figure A.4b – With filter, rise time is 73 ps

NOTE The output-port is an open circuit. Test object “through-connection ($Z_T = \infty$)”. (0,5 ns/div or 8,5 cm/div; 5 Ω/div). The filter is lowpass (4,8 GHz).

Figure A.4 – TDR step response at input-port of test fixture

No substantial deviation from the system impedance ($Z_o = 50 \Omega$) with potential to cause screening measurement errors can be observed.

A.3.2 Measuring EMI-gaskets by using a NWA

Screening measurements are performed with appropriate signal generators and receivers. These instruments are included in modern network analyzers (NWA) that also provide easy handling with useful internal functions and calibration procedures to ensure high measurement certainties and simple operation.

An appropriate procedure for the use of a NWA to measure the screening attenuation of a feed-through or an EMI-gasket according to the requirements in Clauses 5, 6 and 7 is given by the following step-by-step procedure.

- a) Ensure the capability of the test fixture, e.g. by TDR measurement of a through connection.
- b) Calibrate the NWA in order to reach sufficient measurement certainty and noise floor.
- c) Measure through connection ($Z_T = \infty$) with NWA and store S_{21} forward transmission log magnitude ($|S_{21}(Z_T = \infty)|$ [dB], equivalent to $-A_{B21}(Z_T = \infty)$).
- d) Ensure the needed dynamic range by replacing the through connection with a solid metallic shielding wall and recording the measured noise floor. Enabling averaging functions may help to reduce noise floor considerably.
- e) Prepare a test captivation for the DUT according to applicable specification or manufacturer's instruction.
- f) Replace the metallic shielding wall with the DUT mounted in the test captivation and measure S_{21} forward transmission log magnitude ($|S'_{21}|$ in [dB], equivalent to $-A'_{B21}$).
- g) Calculate the operational screening transmission $S_{21}[\text{dB}] = S'_{21}[\text{dB}] - S_{21}(Z_T = \infty)[\text{dB}]$ (easily done by applying NWA internal memory and calculation functions).
- h) The operational attenuation of the feed-through or gasket is then $A_{B21} = -S_{21}$ [dB].
- i) Calculate the transfer impedance or screening attenuation according to 7.1 or 7.2 respectively.

A.3.3 Pictures and measurement results

Figure A.5 shows pictures of the applied test fixture connected to a NWA. Figures A.6 and A.7 are detailed views of the test fixture and of the contact areas. Figure A.8 shows detailed pictures and depictions of the applied DUT-test captivation.

To investigate the noise level of the network analyzer, both ports were connected to shorting elements to imitate the test fixture mounted with a low transfer impedance gasket. Results are depicted in Figure A.9. The plot of Figure A.10 shows measurement results when a metal plate is mounted in the test fixture representing the dynamic range. The measured amplitude of S_{21} is comparable to the case where only the noise limit of the network analyzer was measured. This leads to the assumption that even a higher dynamic range can be achieved when a low noise amplifier, LNA, or a receiver with a lower noise floor is applied.

Figure A.11 shows a typical S_{21} measurement result of a conductive O-ring applied as an EMI-gasket. This measurement serves as a basis for the calculation of the transfer impedance Z_T (Figure A.12) or the screening attenuation a_s (Figure A.13) of the DUT according to 7.1 and 7.2, respectively.

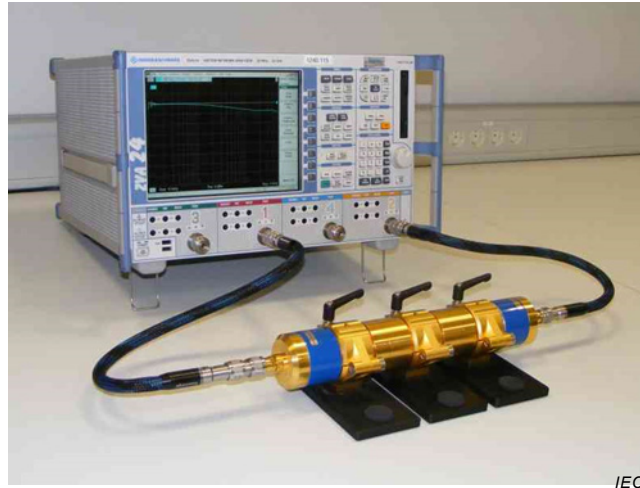


Figure A.5 – View of the test fixture connected to a network analyzer



Figure A.6a – Assembled test fixture



Figure A.6b – Open test fixture

Figure A.6 – Top view of the test fixture



Figure A.7a – De-mounted test captivation



Figure A.7b – Mounted test captivation

Figure A.7 – Detailed view of the contact area

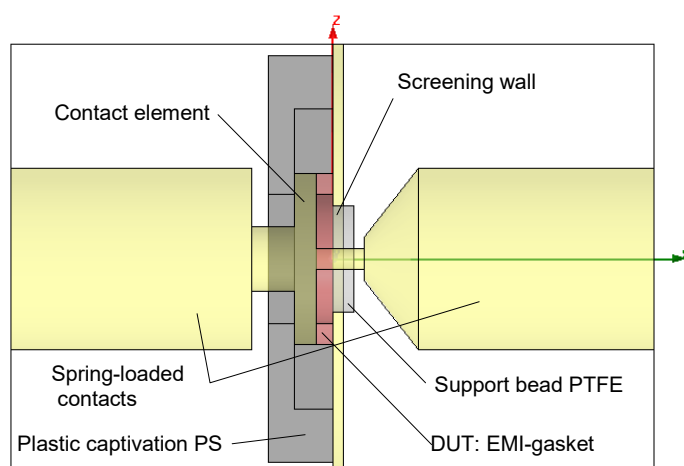


Figure A.8a – Schematic drawing of test captivation



Figure A.8b – De-assembled test captivation



Figure A.8c – Pre-assembled test captivation



Figure A.8d – Front view (aiming at primary circuit)

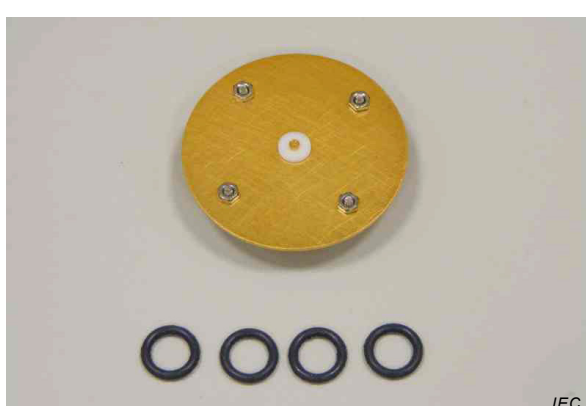


Figure A.8e – Rear view (aiming at secondary circuit)

Figure A.8 – Detailed view of the captivation for the conductive O-ring test

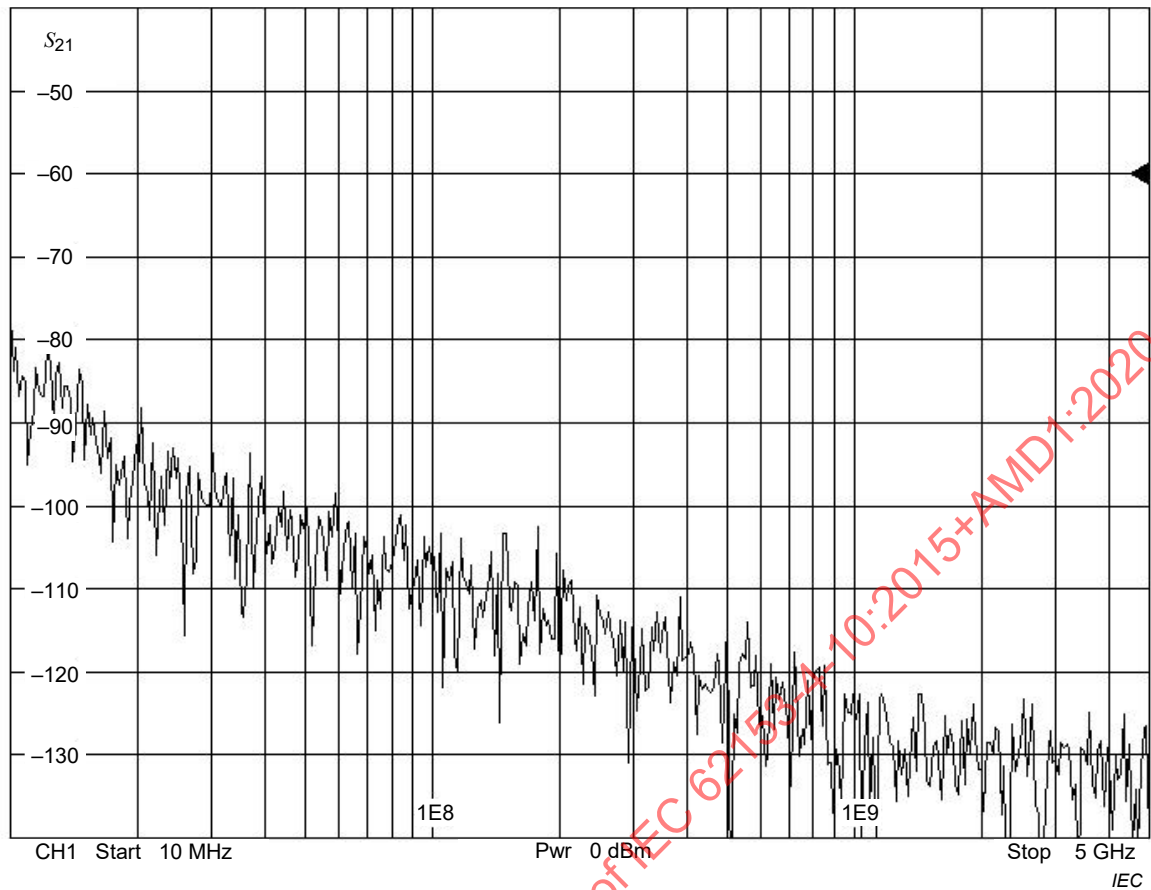


Figure A.9 – Isolation of the network analyzer

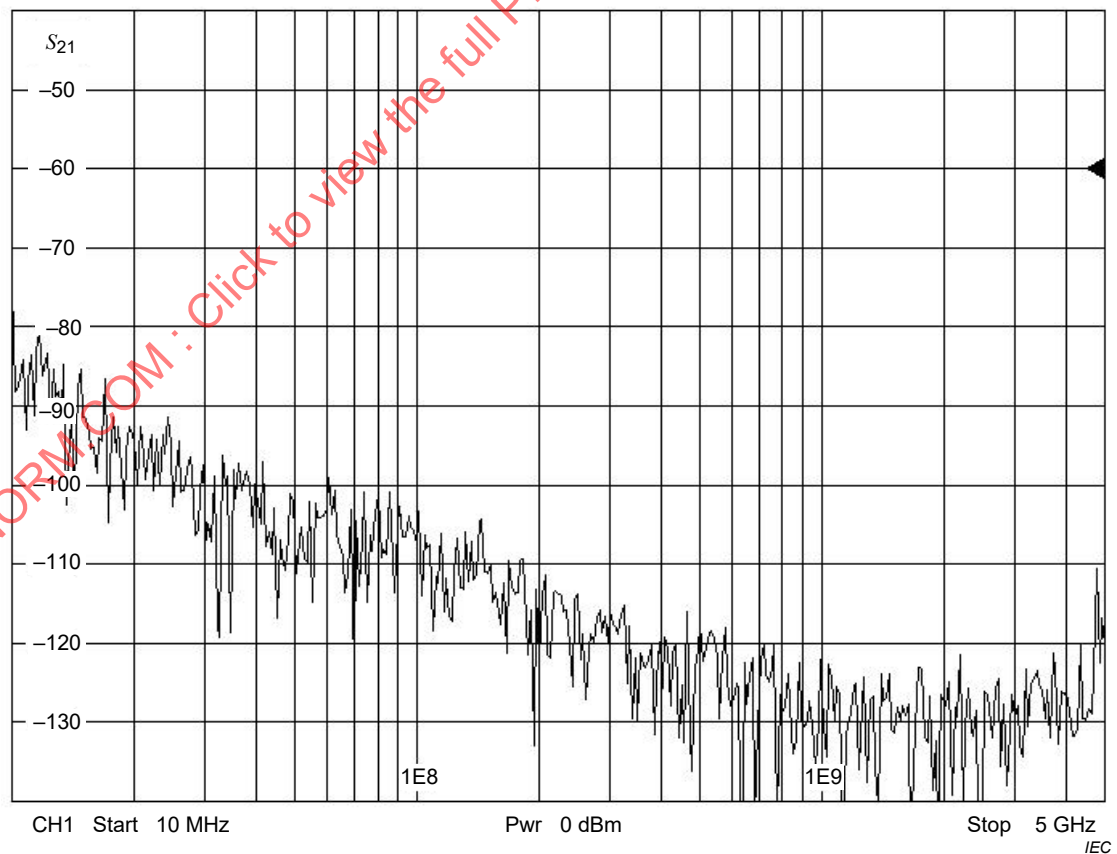


Figure A.10 – Isolation of the test fixture when characterizing an ideal short (metal plate)

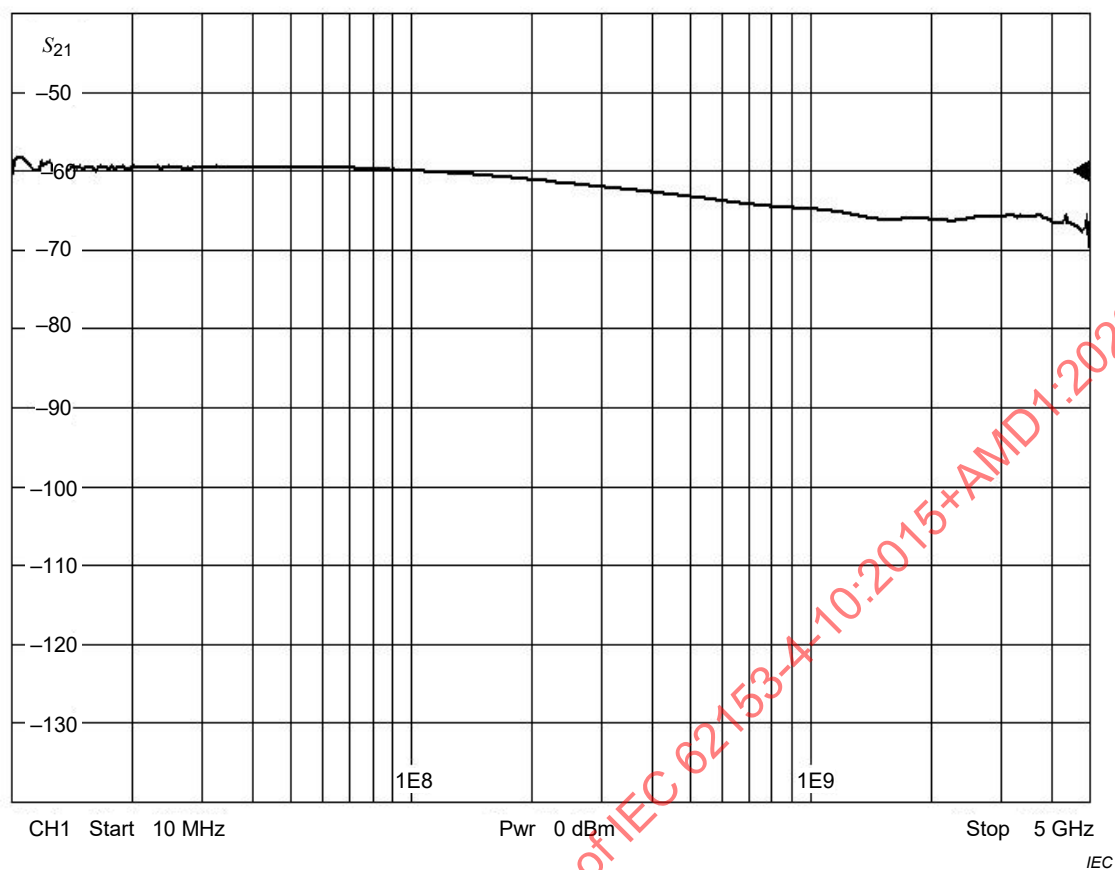


Figure A.11 – Measured operational screening transmission when characterizing a typical conductive O-ring

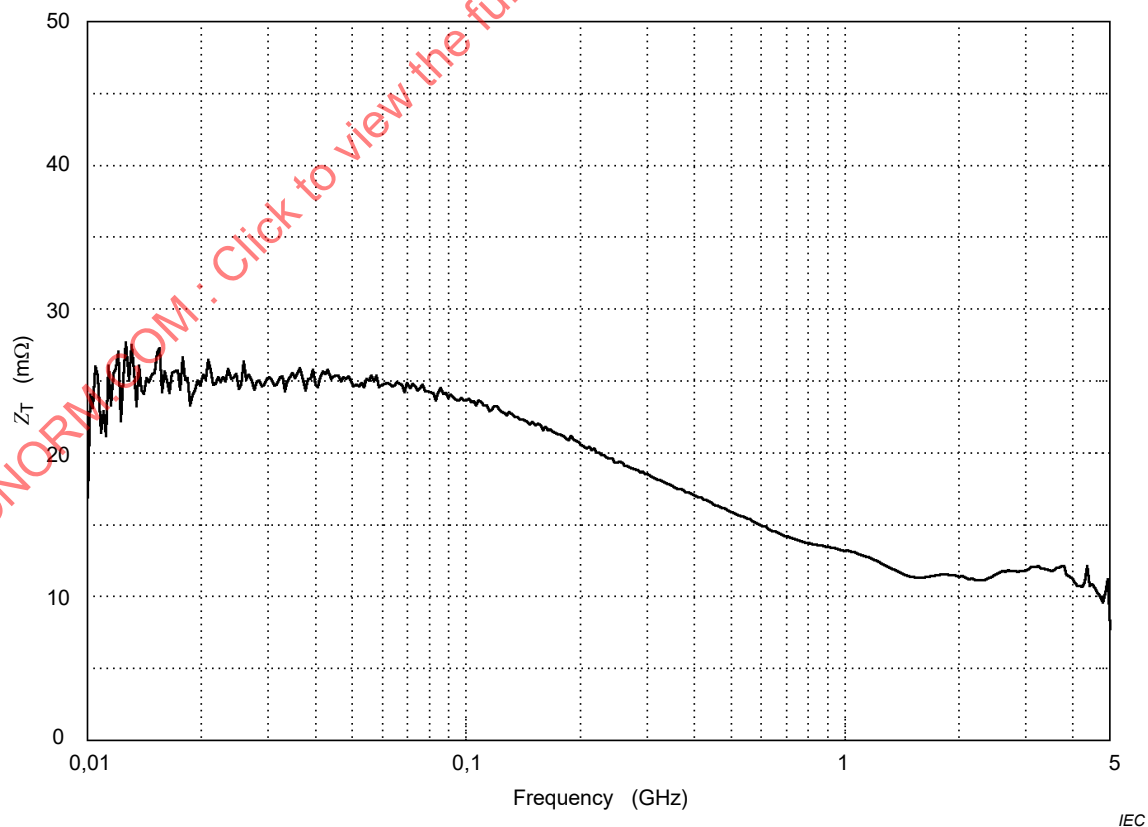


Figure A.12 – Transfer impedance Z_T of a typical conductive O-ring

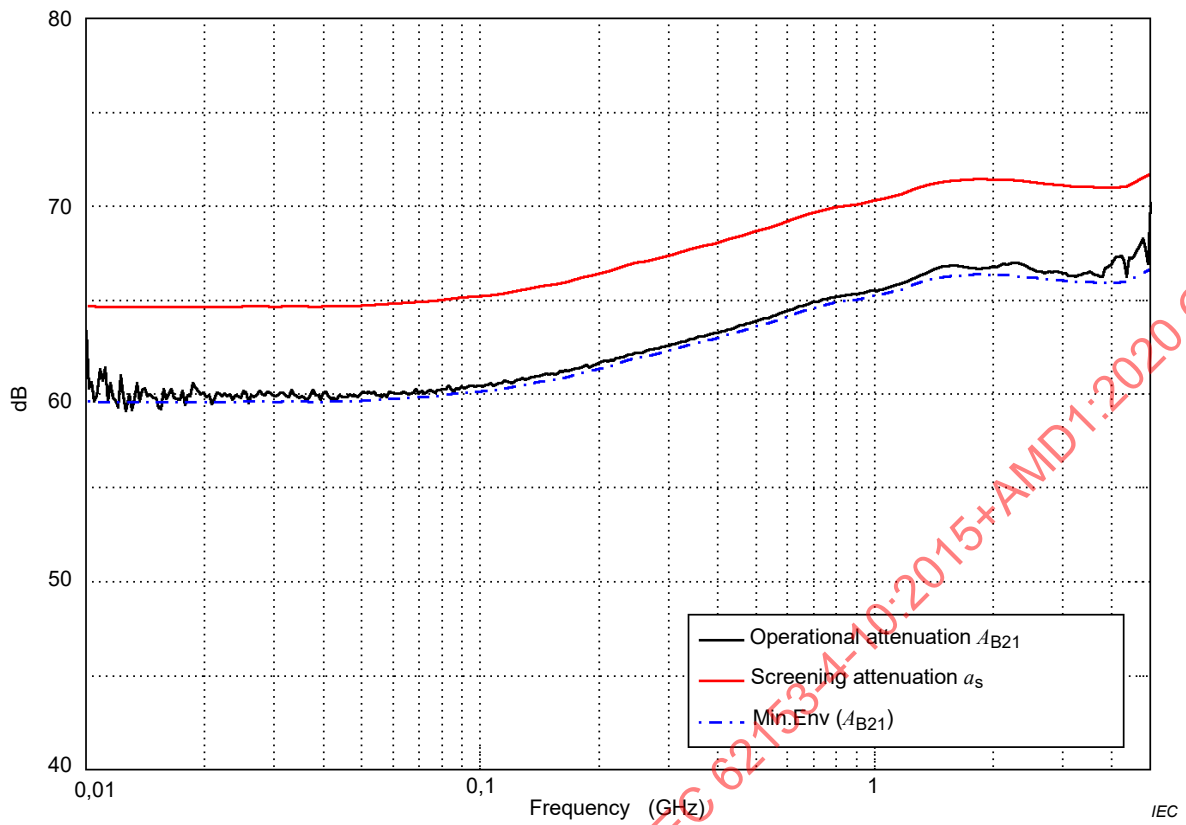


Figure A.13 – Screening attenuation a_s of a typical conductive O-ring

Annex B (informative)

Reference device for verification measurement

B.1 General

In order to verify the proper function of the applied instrumentation and the calculation of the transfer impedance according to 7.1 it is recommended to do a verification measurement by the use of a reference device. Beginning with the physical characteristic of the transfer impedance Z_T which is a linear combination of a resistive and a magnetic component, described by:

$$Z_T = R + j\omega M$$

where

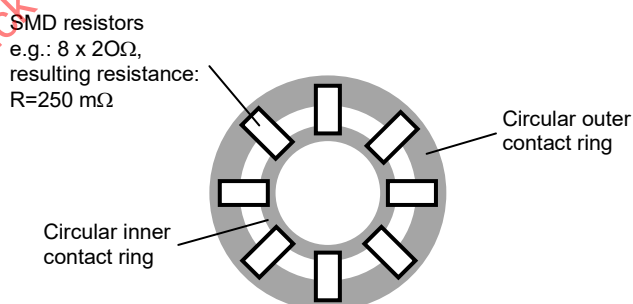
R is the resistive component, and

M is the magnetic (inductive) component,

the basic idea behind the verification measurement is to compare the resistive component R of the measured transfer impedance Z_T of the reference device to the value obtained by a very precisely milliohm meter measurement. The desired characteristic for the reference device is to achieve a wide frequency area that shows up a stable value of the resistive component. This requirement can be realized by a design that has a minimum magnetic component. Also, an increase of the resistive component pushes the frequency where the magnetic component predominates the resistive component towards higher values. On the other hand, the investigation of the relative measurement deviation does not require measurements done at specifically low values for Z_T or small transmission coefficients S_{21} , respectively.

B.2 Design of the reference device

An example design of such a device is given in Figure B.1. This design includes SMD resistors that are characterized by having low inductances. The resistors are soldered to a printed circuit board to provide the needed mechanical properties. The board design provides an inner contact zone that is soldered to a turned contact element and an outer contact zone in order to ensure connection to the shielding wall of the test fixture.



IEC

Figure B.1 – Reference device, e.g. resistors soldered onto a PCB

The outer connection should be realised in a complete circular manner. Alternatively, direct soldering to the shielding wall or the use of an additional outer contact device is appropriate. The second gives the advantage of an applicability to test fixtures of different sizes. As a simple solution, this optional additional contact device can be made of a modified metallic cable feed-through.

B.3 Verification measurement result

A typical verification measurement result is depicted in Figure B.2. The graph is characterized by a wide frequency area showing up a stable value for the transfer impedance that corresponds to the milliohm measurement result of the device which is in this case 250mΩ. Towards higher frequencies the magnetic component results in an approximate 20dB/dec increase of the transfer impedance curve.

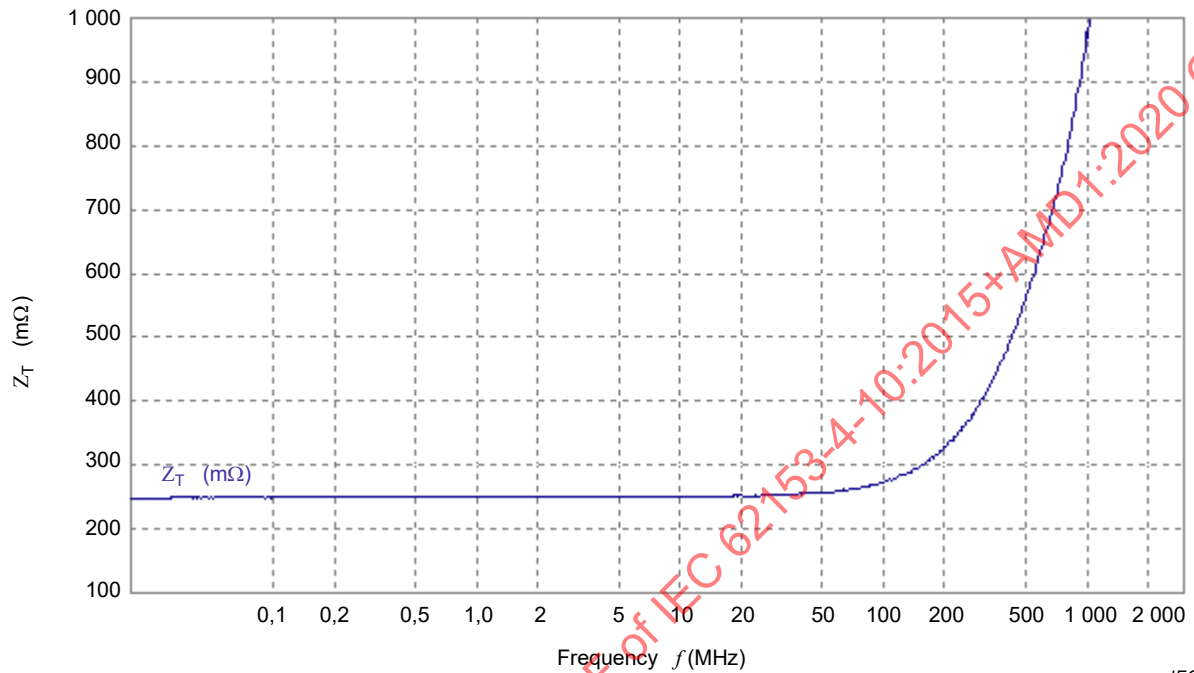


Figure B.2 – Typical verification measurement result

Annex C (informative)

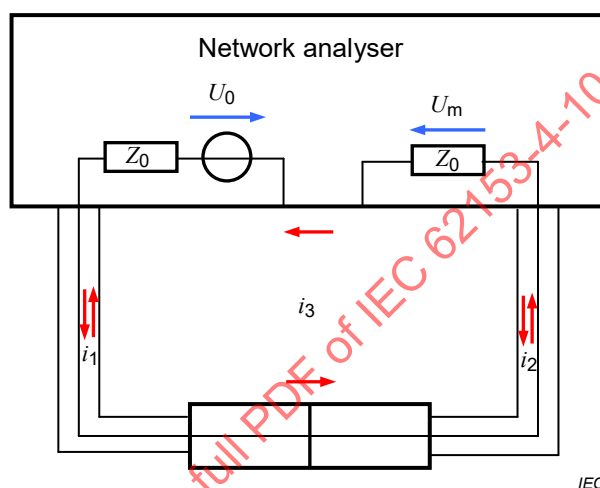
Impact of ground loops on low frequency measurements

C.1 General

In general test configurations the generator and the receiver have the same ground potential. This is not only valid when using network analyzer but also when using a separate generator and receiver as long both are connected directly to the power supply (due to the earthing conductor). This ground loop leads to measurement errors especially at lower frequencies.

C.2 Analysis of the test set-up

Figure C.1 below shows a usual double coaxial test set-up for the measurement of the transfer impedance.



Key

Z_0	System impedance (of generator and receiver)	i_1, i_2, i_3	Loop currents
U_0	Generator source voltage	U_m	Receiver voltage

Figure C.1 – Double coaxial test set-up

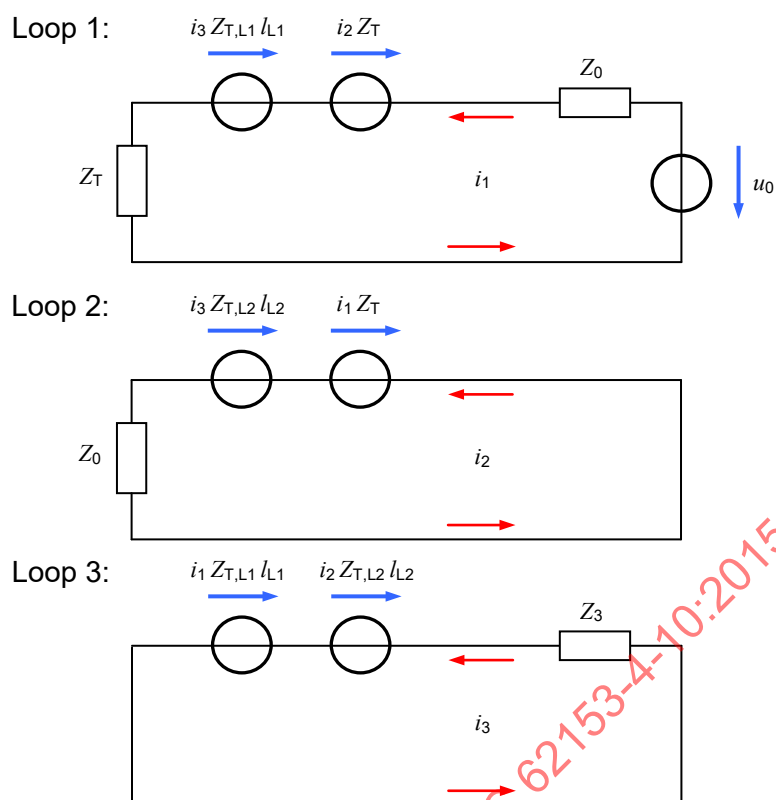
The set-up consists of three coupled loops:

Loop 1: device under test (DUT) with test lead to generator (primary circuit).

Loop 2: device under test with test lead to receiver (secondary circuit).

Loop 3: between tube and NWA front panel connected by both test leads.

The equivalent circuits of the 3 loops are shown in Figure C.2 under the assumption of test leads, DUT and outer circuit of the double coaxial set-up without loss and perfect shielding of the double coaxial set-up.



IEC

Key

Z_T	Transfer impedance of the DUT	Z_0	System impedance (of generator and receiver)
$Z_{T,L1}$	Transfer impedance of test lead 1	Z_3	Longitudinal impedance of loop 3
$Z_{T,L2}$	Transfer impedance of test lead 2		
l_{L1}	Length of test lead 1	i_1, i_2, i_3	Loop current
l_{L2}	Length of test lead 2	U_0	Generator source voltage

Figure C.2 – Equivalent circuits of the double coaxial test set-up

For low frequencies where the wave propagation effect can be neglected we get:

$$\frac{u_m}{u_0} \cdot \frac{Z_0}{2} \approx Z_T \frac{Z_{T,L1} \cdot l_1 \cdot Z_{T,L2} \cdot l_2}{Z_3}$$

The second term shows the measurement error. It could be reduced by:

- using test leads with low transfer impedance;
- using a short test lead;
- increasing the longitudinal impedance of loop 3.

The impedance of loop 3 could be increased by using ferrites on the test leads or by using a generator and receiver which are not on the same ground potential, i.e. use of separate generator and receiver which are battery driven or connected to the power supply using separation transformer.

The effect of the measurement error is shown in Figure C.3 below. Here the difference of a measurement with ferrites (green curve) and a measurement without ferrites on the test leads (blue curve) is compared.

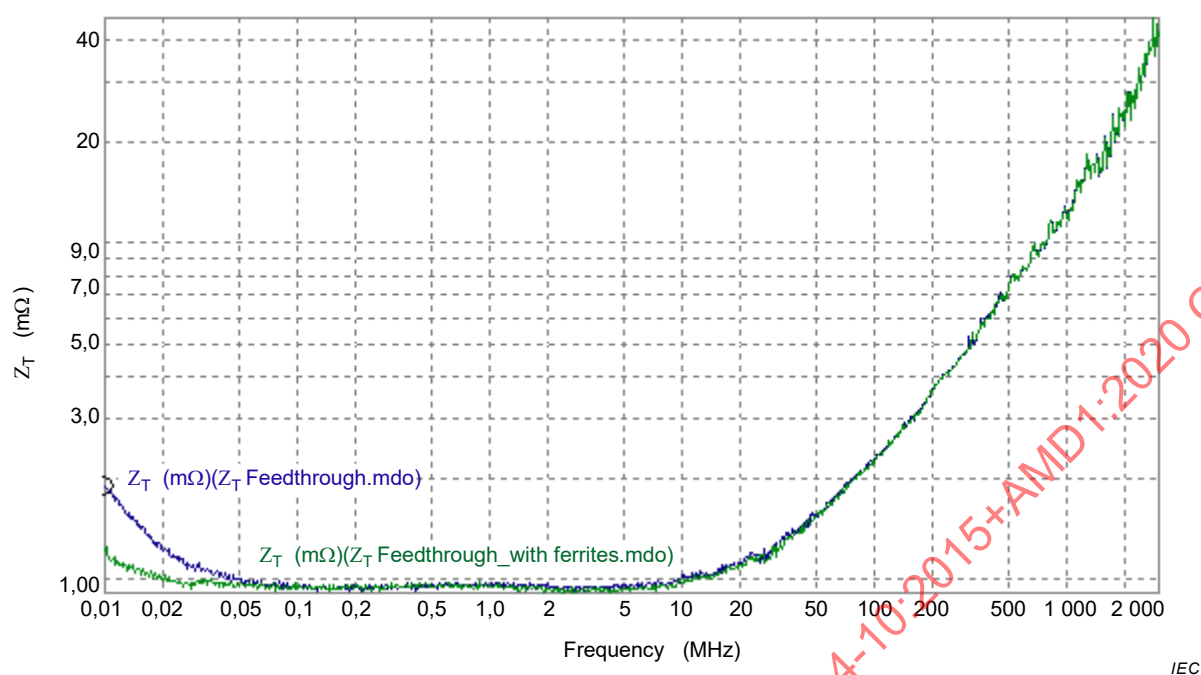


Figure C.3 – Results obtained with (green) and without ferrites on the test leads (blue)

Annex D (informative)

Measurement of the transfer impedance of conductive gaskets with controlled contact pressure

D.1 General

A well-known effect in contact physics is the dependence of the contact resistance to the force F that is applied to the contact system. A typical progression of the contact resistance follows $\sim F^{-2/3}$ meaning that if the contact force is increased, the contact resistance is decreasing based on an increasing number of microscopic contact points. Conductive gaskets act in a similar manner. When the pressure acting on the gasket is increased, the resistance of the transition through the arrangement contact surface 1 – gasket – contact surface 2 is decreasing.

This annex gives the normative details whenever pressure controlled measurements of the transfer impedance of conductive gaskets are required.

D.2 Measuring equipment and auxiliary measuring devices

Typical measuring equipment and auxiliary measuring devices consist of:

- RF-generator and test receiver (test method A) or a network analyser (NWA) (test method B),
- test fixture for the relevant specimen size,
- terminating resistor (test method A: RF-generator and test receiver).

D.3 Test setup

The test set-up is shown in Figure D.1.

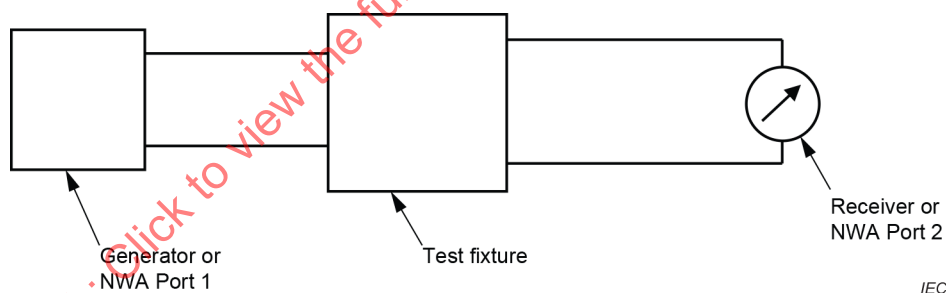
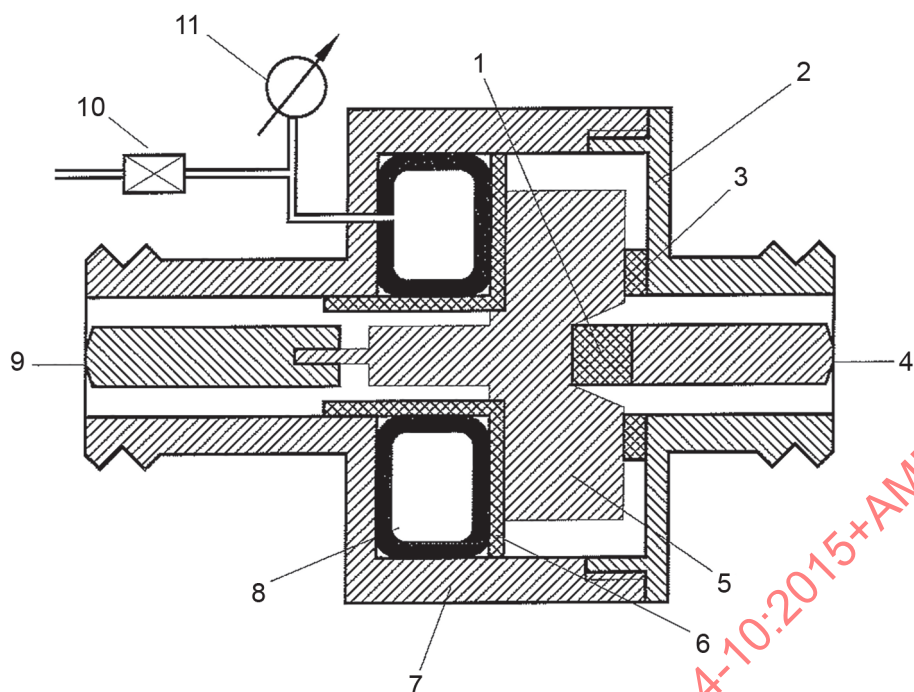


Figure D.6 – Test set-up

Figure D.2 shows the details of an example for a suitable test fixture enabling the determination of certain contact pressures during the measurement.



IEC

Key

- 1 termination (only required for test method A: RF-Generator and test receiver)
- 2 housing lid
- 3 test specimen
- 4 connection to generator port (method A) or NWA Port 1 (method B)
- 5 contact element
- 6 insulator
- 7 housing
- 8 pressure element
- 9 connection to test receiver port (method A) or NWA Port 2 (method B)
- 10 connection to pneumatic or hydraulic
- 11 manometer

Figure D.7 – Details of the test fixture

D.4 Test specimen

Specimens of size A are dimensioned for measurements up to 3 GHz, size B for measurements up to 750 MHz (see Table D.1 and Figure D.3).

Table D.1 – Specimen size

Specimen size	D1 mm	D2 mm
A	40	min. 20
B	160	min. 80

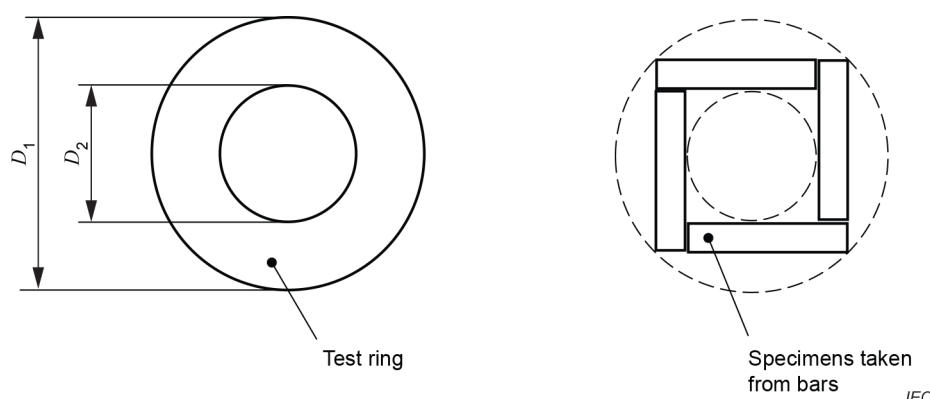


Figure D.8 – Specimen size and shape

The shape of the specimen results typically from the delivery shape of the gaskets under test; test rings shall be prepared e.g. from gasket foils or sheets, test bars shall be prepared e.g. from gasket section or strips.

D.5 Measurement procedure

D.5.1 Test method A: matched RF-generator and test receiver

The test set-up is assembled according to Figure D.1 and Figure D.2.

The terminating resistor value Z_{Res} shall be in accordance with the source impedance of the RF-generator Z_G . The impedance of the test receiver Z_R shall be in accordance with the source impedance of the RF-generator Z_G . The impedance of the test cables Z_0 shall be in accordance with the source impedance of the RF-generator, so that $Z_G = Z_{Res} = Z_R = Z_0$.

D.5.2 Test method B: un-matched NWA measurement

The test set-up is assembled according to Figure D.1 and Figure D.2.

The terminating resistor is not used with method B.

The NWA shall be calibrated according to the manufacturer's specifications.

D.5.3 Both methods

The operational attenuation $A_{B21}(Z_T = \infty)$ of the test fixture with an open circuited DUT ($Z_T = \infty$) shall be measured and recorded vs. frequency.

The operational attenuation A'_{B21} with the feed-through connector mounted to the plate or the gasket inserted is measured and recorded vs. frequency.

The operational attenuation of the gasket is then

$$A_{B21} = A'_{B21} - A_{B21}(Z_T = \infty)$$

Depending on the application, measurements of the transfer impedance can be taken at different frequencies and compression forces or different thicknesses and varying shapes in the course of compression, respectively.

The compression force and frequency are to be selected in accordance with manufacturer's specification or customers option.

D.6 Expression of results

D.6.1 Method A: matched RF-generator and test receiver measurement

The transfer impedance of the test specimen shall be calculated as follows:

$$|Z_T| = |Z_0| \times 10^{\frac{A_{B21}}{20}}$$

where

A_{B21} is the operational attenuation in dB;

Z_0 is the nominal characteristic impedance of the test setup, equal to the impedance of the generator and receiver and the terminating resistor.

D.6.2 Method B: un-matched NWA measurement

The transfer impedance of the test specimen shall be calculated as follows:

$$|Z_T| = \frac{|Z_0|}{2} \times 10^{\frac{A_{B21}}{20}}$$

where

A_{B21} is the operational attenuation in dB;

Z_0 is the nominal characteristic impedance of the test setup, equal to the impedance of the network analyser.

Bibliography

IEC TR 62152:2009, *Transmission properties of cascaded two-ports or quadripols – Background of terms and definitions*

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

IEC 62153-4-4, *Metallic communication cable test methods – Part 4-4: Electromagnetic compatibility (EMC) – Test method for measuring of the screening attenuation as up to and above 3 GHz, triaxial method*

IEC 62153-4-7, *Metallic communication cable test methods – Part 4-7: Electromagnetic compatibility (EMC) – Test method for measuring the transfer impedance and the screening – or the coupling attenuation – Tube in tube method*

- [1] Halme L., Wollitzer M., et al., "Measurement of the Shielding or Screening Effectiveness of Feed-throughs and Electromagnetic Gaskets up to 4 GHz and above", *Proceedings of the 56th IWCS*, 2007
 - [2] Hoffmann, Michael H. W., *Hochfrequenztechnik*, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, 1997, ISBN 3-540-61667-5, Kapitel 8
 - [3] Bedea, Asslar: <http://www.bedea.com>, extensive documentation and download area on the principle of the triaxial measurement technique
 - [4] CISPR 25, *Vehicles, boats and internal combustion engines – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement for the protection of on-board receivers*
 - [5] Schmid T., Wollitzer M., Halme L., Mund B., "Verification of Feed-Through Configurations by Means of Simple Test Apparatus on Component Level", *Proceedings, 20th Int. Zurich Symposium on EMC*, Zurich 2009
-

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62153-4-10:2015+AMD1:2020 CSV

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	36
1 Domaine d'application	38
2 Références normatives	38
3 Termes et définitions	38
4 Principe de la méthode d'essai	41
5 Procédure.....	45
5.1 Équipement.....	45
5.2 Plage dynamique	45
5.3 Vérification du montage d'essai	45
5.4 Préparation de l'échantillon.....	45
6 Mesurage	45
6.1 Généralités	45
6.2 Affaiblissement d'écran	45
6.3 Impédance de transfert	45
7 Expression des résultats.....	46
7.1 Impédance de transfert	46
7.2 Affaiblissement d'écran	46
7.3 Exigences	46
Annexe A (informative) Référence pour le mesurage de l'efficacité de blindage des traversées et des joints d'étanchéité électromagnétiques.....	47
A.1 Généralités	47
A.2 Modèle théorique de la procédure d'essai	48
A.3 Réalisation des mesurages.....	49
A.3.1 Uniformité de l'impédance caractéristique de la fixation d'essai	49
A.3.2 Mesurer les joints d'étanchéité EMI en utilisant un VNA.....	50
A.3.3 Images et résultats de mesure.....	51
Annexe B (informative) Dispositif de référence pour le mesurage de vérification.....	59
B.1 Généralités	59
B.2 Conception du dispositif de référence	59
B.3 Résultat du mesurage de vérification	60
Annexe C (informative) Impact des boucles de terre sur les mesurages à basse fréquence	61
C.1 Généralités	61
C.2 Analyse du montage d'essai.....	61
Annexe D (informative) Mesure de l'impédance de transfert des joints d'étanchéité conducteurs à pression de contact contrôlée	64
D.1 Généralités	64
D.2 Equipements de mesure et dispositifs de mesure auxiliaires	64
D.3 Montage d'essai.....	64
D.4 Spécimen d'essai.....	65
D.5 Procédure de mesure.....	66
D.5.1 Méthode d'essai A: générateur RF et récepteur d'essai adaptés	66
D.5.2 Méthode d'essai B: mesure avec l'analyseur de réseau non adapté	66
D.5.3 Les deux méthodes	66
D.6 Expression des résultats	67

D.6.1	Méthode A: mesure avec le générateur RF et le récepteur d'essai adaptés	67
D.6.2	Méthode B: mesure avec l'analyseur de réseau non adapté	67
	Bibliographie	68
	Figure 1 – Dispositif à deux ports	39
	Figure 2 – Circuit équivalent du montage d'essai et définition de Z_T	39
	Figure 3 – Section transversale d'une configuration type d'une traversée	42
	Figure 4 – Section transversale de la fixation d'essai avec un connecteur	43
	Figure 5 – Section transversale de la fixation d'essai avec un joint d'étanchéité électromagnétique	44
	Figure A.1 – Section transversale d'une configuration type d'une traversée	47
	Figure A.2 – Section transversale de la fixation d'essai avec un connecteur	48
	Figure A.3 – Circuit équivalent de la configuration d'essai avec l'admittance shunt y de la traversée	49
	Figure A.4 – Réponse à un échelon TDR au port d'entrée de la fixation d'essai	50
	Figure A.5 – Vue de la fixation d'essai reliée à un analyseur de réseau	51
	Figure A.6 – Vue d'en haut de la fixation d'essai	51
	Figure A.7 – Vue détaillée de la zone de contact	52
	Figure A.8 – Vue détaillée de la rétention pour l'essai du joint torique conducteur	54
	Figure A.9 – Isolation de l'analyseur de réseau	54
	Figure A.10 – Isolation de la fixation d'essai lors de la caractérisation d'un court-circuit idéal (plaque métallique)	55
	Figure A.11 – Transmission d'écran opérationnelle mesurée lors de la caractérisation d'un joint torique conducteur type	56
	Figure A.12 – Impédance de transfert Z_T d'un joint torique conducteur type	57
	Figure A.13 – Affaiblissement d'écran a_S d'un joint torique conducteur type	58
	Figure B.1 – Dispositif de référence, par exemple des résistances soudées à une carte de circuit imprimé	59
	Figure B.2 – Résultat du mesurage de vérification type	60
	Figure C.1 – Montage d'essai coaxial double	61
	Figure C.2 – Circuits équivalents du montage d'essai coaxial double	62
	Figure C.3 – Résultats obtenus avec ferrites (en vert) et sans ferrite sur les conducteurs d'essai (en bleu)	63
	Figure D.1 – Montage d'essai	64
	Figure D.2 – Détails de l'installation d'essai	65
	Figure D.3 – Taille et forme du spécimen	66
	Tableau D.1 – Taille de spécimen	65

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES D'ESSAI DES CÂBLES MÉTALLIQUES DE COMMUNICATION –

Partie 4-10: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Impédance de transfert et affaiblissement d'écran des traversées et des joints d'étanchéité électromagnétiques – Méthode d'essai coaxiale double

AVANT-PROPOS

- 11) La Commission Électrotechnique 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 de la présente Publication 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 et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

IEC 62153-4-10 édition 2.1 contient la deuxième édition (2015-11) [documents 46/563/FDIS et 46/580/RVD] et son amendement 1 (2020-07) [documents 46/736/CDV et 46/769/RVC].

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 62153-4-10 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 deuxième édition constitue une révision technique.

Les modifications techniques majeures par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- ajout d'un nouvel article qui décrit une procédure de vérification du montage de mesure et des informations supplémentaires relatives à la préparation des échantillons;
- ajout d'une nouvelle Annexe qui décrit comment améliorer la certitude de mesure dans la zone de très basses fréquences.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62153, publiées sous le titre général: *Méthodes d'essai des câbles métalliques de communication*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement 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.

IMPORTANT – Le logo « colour inside » qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle 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.

MÉTHODES D'ESSAI DES CÂBLES MÉTALLIQUES DE COMMUNICATION –

Partie 4-10: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Impédance de transfert et affaiblissement d'écran des traversées et des joints d'étanchéité électromagnétiques – Méthode d'essai coaxiale double

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62153 décrit une méthode coaxiale adaptée à la détermination de l'impédance de transfert et/ou de l'affaiblissement d'écran des traversées et des joints d'étanchéité électromagnétiques.

Le montage d'essai de l'affaiblissement d'écran blindé selon l'IEC 62153-4-4 (méthode triaxiale) a été modifié afin de prendre en compte les particularités des traversées et des joints d'étanchéité.

Une plage de fréquences large et dynamique peut être appliquée pour soumettre aux essais des traversées et des joints d'étanchéité même fortement écartés avec des instruments normaux depuis les basses fréquences jusqu'à la limite des ondes transversales définies dans les circuits coaxiaux à environ 4 GHz.

2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à l'application 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).

Vide.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

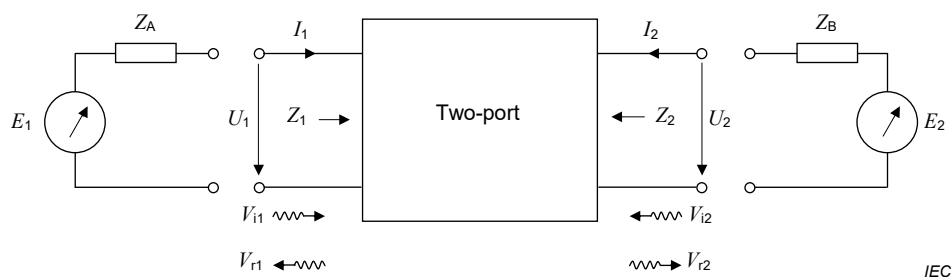
3.1

fonction de transfert opérationnel (Betriebs) vers l'avant H_{B21}

paramètre de diffusion opérationnel (Betriebs) S_{21}

quotient de la racine carrée réfléchie de l'onde de puissance délivrée dans l'impédance de référence de la sortie des deux ports et de la racine carrée non réfléchie de l'onde de puissance consommée à l'entrée des deux ports

EXEMPLE (voir la Figure 1)



Anglais	Français
Two-port	Deux ports

Légende

E_1, E_2	analyseur de réseau à l'entrée et à la sortie, respectivement	V_{i1}, V_{i2}	racine carrée incidente des ondes de puissance complexes (voir note) à l'entrée et à la sortie, respectivement
Z_A, Z_B	impédance de référence à l'entrée et à la sortie, respectivement	V_{r1}, V_{r2}	racine carrée réfléchie des ondes de puissance complexes (voir note) à l'entrée et à la sortie, respectivement
I_1, I_2	courant à l'entrée et à la sortie, respectivement	Z_1, Z_2	impédance à l'entrée et à la sortie, respectivement
U_1, U_2	tension à l'entrée et à la sortie, respectivement		

Figure 1 – Dispositif à deux ports

Note 1 à l'article: La puissance complexe est le produit $U \cdot I$. La puissance apparente est le produit $U \cdot I^*$, qui est utilisé en technique de puissance électrique, lorsque l'angle entre la tension et le courant présente un intérêt. I^* est le conjugué du courant I .

S_{21} ou H_{B21} est la fonction de transfert opérationnel (Betriebs) vers l'avant définie comme suit:

$$S_{21} = \frac{V_{r2}}{V_{i1}} \Big|_{V_{i2}=0} = \frac{2U_2}{E_1} \sqrt{\frac{Z_A}{Z_B}} = H_{B21}$$

Voir l'Annexe C de l'IEC TR 62152:2009.

3.2

impédance de transfert

circuit équivalent du mesurage d'une traversée ou d'un joint d'étanchéité, impédance shunt Z_T entre le circuit primaire et le circuit secondaire

EXEMPLE L'impédance de transfert d'un écran électriquement court-circuité est définie comme le quotient de la tension en circuit ouvert U_2 induite au circuit secondaire par le courant I_1 délivré dans le circuit primaire ou vice versa. Voir la Figure 2.

Z_T d'un écran électriquement court-circuité est exprimée en Ω ou en décibels par rapport à 1 Ω .

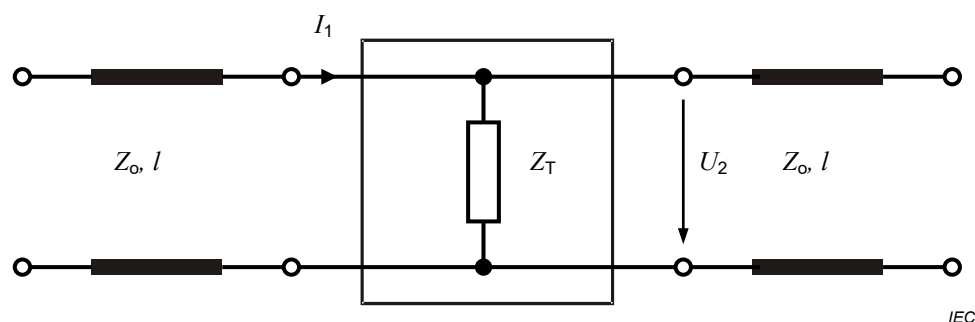


Figure 2 – Circuit équivalent du montage d'essai et définition de Z_T

$$Z_T = \frac{U_2}{I_1} \quad (1)$$

$$Z_T = +20 \times \log_{10} \left(\frac{|Z_T|}{1\Omega} \right) \quad (2)$$

3.3

affaiblissement opérationnel (Betriebs)

quotient de la racine carrée non réfléchi de l'onde de puissance délivrée dans l'impédance de référence de l'entrée des deux ports et de la racine carrée de l'onde de puissance consommée par la charge des deux ports, exprimé en dB et en radians

Note 1 à l'article: Voir l'IEC TR 62152.

3.4

affaiblissement d'écran

a_s

rapport logarithmique entre la racine carrée (non réfléchi) incidente de l'onde de puissance délivrée à l'impédance nominale du circuit primaire du montage d'essai et les valeurs périodiques maximales de la racine carrée de l'onde de puissance $V_{r2,max}$, couplées au circuit secondaire du montage d'essai lorsque son impédance caractéristique Z_o est normalisée à 150Ω

EXEMPLE

$$\begin{aligned} a_s &= -20 \times \log_{10} \left(\text{Env} \left| \frac{V_{r2,max}}{V_{i1}} \right| \right) + 20 \times \log_{10} \left| \frac{\sqrt{150 \Omega}}{\sqrt{Z_o}} \right| = \\ &= 20 \times \log_{10} \left| \frac{1}{\text{Env}(S_{21,max})} \right| + 20 \times \log_{10} \left| \frac{\sqrt{150 \Omega}}{\sqrt{Z_o}} \right| = \\ &= \text{Min. Env. } (A_{B21}) + 20 \times \log_{10} \left| \frac{\sqrt{150 \Omega}}{\sqrt{Z_o}} \right| \end{aligned} \quad (3)$$

où

a_s est l'affaiblissement d'écran exprimé en dB;

$\text{Env} (A_{B21})$ est l'affaiblissement opérationnel enregistré comme courbe de l'enveloppe des valeurs mesurées en dB (Voir 7.1);

$\text{Min. Env. } (A_{B21})$ est l'affaiblissement opérationnel enregistré comme courbe d'enveloppe minimale des valeurs mesurées en dB (Voir 7.1);

150Ω est l'impédance normalisée du circuit secondaire ("externe" ou perturbé).

L'affaiblissement d'écran d'un dispositif électriquement court-circuité exprimé en dB est:

$$a_s \approx 20 \times \log_{10} \left| \frac{50 \Omega}{Z_T} \right| \quad (4)$$

où

a_s est l'affaiblissement d'écran exprimé en dB;

Z_T est l'impédance de transfert du dispositif en essai.

Note 1 à l'article: La formule (4) peut être déduite des Formules (3) et (5) comme suit, en prenant pour hypothèse un dispositif électriquement court-circuité:

$$a_s = 20 \times \log_{10} \left| \frac{\sqrt{Z_o \times 150 \Omega}}{2 \times Z_T} \right| . \text{ S'il est pris pour hypothèse que } 150 \Omega \approx 3 \times Z_o , \text{ alors}$$

$a_s = 20 \times \log_{10} \left| \frac{150 \Omega}{2\sqrt{3} \times Z_T} \right|$ et approximativement $2\sqrt{3} \approx 3$, alors $a_s \approx 20 \times \log_{10} \left| \frac{50 \Omega}{Z_T} \right|$ et la Formule (4) sont valides.

Dans le mesurage, les circuits primaire et secondaire ont une faible impédance. Cela conduit à A_{B21} inférieur de 6 dB par rapport au mesurage du tube des connecteurs par exemple; voir l'IEC 62153-4-7.

3.5

dispositif en essai

DUT

enveloppe ou écran d'un connecteur, prévu pour être monté sur une paroi (ou une boîte) blindée ou écrantée, ou sur un joint d'étanchéité électromagnétique

Note 1 à l'article: L'abréviation "DUT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "device under test".

3.6

méthode d'essai triaxiale

méthode pour mesurer l'impédance de transfert et l'affaiblissement d'écran des composants à transmission passive comme des câbles et connecteurs dans une disposition triaxiale

Note 1 à l'article: Principalement utilisée pour les composants ayant des dimensions allongées et ayant par conséquent un couplage distribué sur l'impédance de transfert le long des composants.

Voir également l'IEC TS 62153-4-1.

3.7

méthode d'essai coaxiale double

méthode pour mesurer l'impédance de transfert et l'affaiblissement d'écran des composants à transmission passive comme les traversées de connecteurs et les joints d'étanchéité électromagnétiques dans une disposition en cascade

Note 1 à l'article: Principalement utilisée pour les composants courts ayant une impédance de transfert concentrée.

Voir également l'IEC TS 62153-4-1.

4 Principe de la méthode d'essai

La Figure 3 représente une construction type de traversée pour laquelle une connexion coaxiale est amenée dans un boîtier écranté dans une carte de circuit imprimé. La connexion fiable de l'enveloppe du connecteur et du joint d'étanchéité électromagnétique à la boîte d'écran ou de blindage est importante.

L'étanchéité électromagnétique du montage de l'enveloppe du connecteur ou d'un joint d'étanchéité est mesurée comme impédance de transfert et/ou affaiblissement d'écran.

Le montage d'essai est constitué de deux systèmes coaxiaux ne laissant pas passer les radiofréquences, séparés par une paroi métallique sur laquelle le DUT est monté. Le montage d'essai de la traversée est représenté à la Figure 4. Le montage d'essai du joint d'étanchéité est représenté à la Figure 5. Dans le cas présent, le joint est pressé entre deux plaques métalliques.

Il convient que les impédances nominales des deux côtés de la fixation coaxiale soient identiques à celles de l'équipement d'essai. Le côté générateur est appelé le circuit primaire ou circuit interne, et le côté récepteur est appelé le circuit secondaire ou circuit externe.

Le montage d'essai est le même pour le mesurage de l'impédance de transfert et pour le mesurage de l'affaiblissement d'écran.

L'Annexe A donne un modèle théorique du montage d'essai. Des informations utiles relatives à la technique de mesure triaxiale sont données en [3]¹.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.