

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE
COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

BASIC EMC PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods –

Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity – Conducted disturbance measurements

Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques –

Partie 2-1: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesures des perturbations conduites



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

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

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

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

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

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE
COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

BASIC EMC PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods –

Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity – Conducted disturbance measurements

Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques –

Partie 2-1: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesures des perturbations conduites

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.100.10, 33.100.20

ISBN 978-2-8322-4559-0

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.

STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of CISPR 16-2-1:2014+AMD1:2017 CSV

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE
COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

BASIC EMC PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods –

Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity – Conducted disturbance measurements

Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques –

Partie 2-1: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesures des perturbations conduites

CONTENTS

FOREWORD	8
1 Scope	10
2 Normative references	10
3 Terms, definitions and abbreviations	11
3.1 Terms and definitions	11
3.2 Abbreviations	16
4 Types of disturbance to be measured	17
4.1 General	17
4.2 Types of disturbance	17
4.3 Detector functions	18
5 Connection of measuring equipment	18
5.1 General	18
5.2 Connection of ancillary equipment	18
5.3 Connections to ~~RF~~ reference ground	18
5.4 Connection between the EUT and the artificial ~~mains~~ network	20
6 General measurement requirements and conditions	21
6.1 General	21
6.2 Disturbance not produced by the equipment under test	21
6.2.1 General	21
6.2.2 Compliance testing	21
6.3 Measurement of continuous disturbance	21
6.3.1 Narrowband continuous disturbance	21
6.3.2 Broadband continuous disturbance	21
6.3.3 Use of spectrum analyzers and scanning receivers	22
6.4 EUT arrangement and measurement conditions	22
6.4.1 EUT arrangement	22
6.4.2 Normal load conditions	24
6.4.3 Duration of operation	24
6.4.4 Running-in/warm-up time	24
6.4.5 Supply	25
6.4.6 Mode of operation	25
6.4.7 Operation of multifunction equipment	25
6.4.8 Determination of EUT arrangement(s) that maximize(s) emissions	25
6.4.9 Recording of measurement results	25
6.5 Interpretation of measuring results	25
6.5.1 Continuous disturbance	25
6.5.2 Discontinuous disturbance	26
6.5.3 Measurement of the duration of disturbances	26
6.6 Measurement times and scan rates for continuous disturbance	26
6.6.1 General	26
6.6.2 Minimum measurement times	26
6.6.3 Scan rates for scanning receivers and spectrum analyzers	27
6.6.4 Scan times for stepping receivers	28
6.6.5 Strategies for obtaining a spectrum overview using the peak detector	29

6.6.6	Timing considerations using FFT-based instruments	32
7	Measurement of disturbances conducted along leads, 9 kHz to 30 MHz	34
7.1	General	34
7.2	Measuring equipment (receivers, etc.)	35
7.2.1	General	35
7.2.2	Use of detectors for conducted disturbance measurements	35
7.3	Ancillary measuring equipment	35
7.3.1	General	35
7.3.2	Artificial networks (ANs)	35
7.3.3	Voltage probes	36
7.3.4	Current probes	36
7.4	~~Equipment under test~~ Configuration of the EUT and method of measurement	37
7.4.1	Arrangement of the EUT and its connection to the AN	37
7.4.2	Procedure for the measurement of ~~unsymmetric~~ disturbance voltages with ~~V-networks (AMNs)~~ ANs	43
7.4.3	Measurement of common mode voltages at differential mode signal terminals	52
7.4.4	Measurements using voltage probes	53
7.4.5	Measurement using a capacitive voltage probe (CVP)	56
7.4.6	Measurements using current probes	56
7.5	System test configuration for conducted emissions measurements	57
7.5.1	General approach to system measurements	57
7.5.2	System configuration	58
7.5.3	Measurements of interconnecting lines	60
7.5.4	Decoupling of system components	60
7.6	In situ measurements	61
7.6.1	General	61
7.6.2	Reference ground	61
7.6.3	Measurement with voltage probes	61
7.6.4	Selection of measuring points	62
8	Automated measurement of disturbances	62
8.1	Precautions for automating measurements	62
8.2	Generic measurement procedure	63
8.3	Prescan measurements	63
8.4	Data reduction	64
8.5	Disturbance maximization and final measurement	64
8.6	Post processing and reporting	64
8.7	Disturbance measurement strategies with FFT-based measuring instruments	65
9	Test set-up and measurement procedure using the CDNE in the frequency range 30 MHz to 300 MHz	65
9.1	General	65
9.2	Test set-up	65
9.3	Measurement procedure	67
Annex A (informative)	Guidelines for connection of electrical equipment to the artificial mains network	69
A.1	General	69
A.2	Classification of the possible cases	69
A.2.1	Well-shielded but poorly filtered EUT (Figures A.1 and A.2)	69

A.2.2	Well-filtered but incompletely shielded EUT (Figures A.3 and A.4)	70
A.2.3	Practical general case	70
A.3	Method of grounding	72
A.4	Conditions of grounding	72
A.4.1	General	72
A.4.2	Classification of typical testing conditions	73
A.5	Connection of the AMN as a voltage probe	74
Annex B (informative)	Use of spectrum analyzers and scanning receivers	76
B.1	General	76
B.2	Overload	76
B.3	Linearity test	76
B.4	Selectivity	76
B.5	Normal response to pulses	76
B.6	Peak detection	76
B.7	Frequency scan rate	77
B.8	Signal interception	77
B.9	Average detection	77
B.10	Sensitivity	77
B.11	Amplitude accuracy	78
Annex C (informative)	Decision tree for use of detectors for conducted disturbance measurements	79
Annex D (informative)	Scan rates and measurement times for use with the average detector	81
D.1	General	81
D.2	Suppression of impulsive disturbance	81
D.2.1	General	81
D.2.2	Suppression of impulsive disturbance by digital averaging	82
D.3	Suppression of amplitude modulation	82
D.4	Measurement of slowly intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances	82
D.5	Recommended procedure for automated or semi-automated measurements	84
Annex E (informative)	Guidelines for the improvement of the test set-up with ANs	85
E.1	In situ verification of the AN impedance and voltage division factor	85
E.2	PE chokes and sheath current absorbers for the suppression of ground loops	88
Annex F (normative)	Determination of suitability of spectrum analyzers for compliance tests	90
Annex G (informative)	Basic guidance for measurements on telecommunications ports	91
G.1	Limits	91
G.2	Combination of current probe and capacitive voltage probe (CVP)	92
G.3	Basic ideas of the capacitive voltage probe	92
G.4	Combination of current limit and voltage limit	93
G.5	Adjusting the TCM impedance with ferrites	95
G.6	Ferrite specifications for use with methods of Annex H	95
Annex H (normative)	Specific guidance for conducted disturbance measurements on telecommunication ports	98
H.1	General	98

H.2	Characteristics of AANs	99
H.3	Characteristics of current probe	100
H.4	Characteristics of capacitive voltage probe	100
H.5	Procedures for common mode measurements	100
H.5.1	General	100
H.5.2	Measurement procedure using AANs	100
H.5.3	Measurement procedure using a 150 Ω load connected to the outside surface of the cable screen	101
H.5.4	Measurement procedure using a combination of current probe and capacitive voltage probe	102
H.5.5	Measurement of cable, ferrite and AE common mode impedance	103
Annex I (informative)	Examples of AANs and ANs for screened cables	105
Bibliography		114

Figure 1	Example of a recommended test set-up with PE chokes with three AMNs and a sheath current absorber on the RF cable	20
Figure 2	Measurement of a combination of a CW signal ("NB") and an impulsive signal ("BB") using multiple sweeps with maximum hold	29
Figure 3	Example of a timing analysis	30
Figure 4	A broadband spectrum measured with a stepped receiver	31
Figure 5	Intermittent narrowband disturbances measured using fast short repetitive sweeps with maximum hold function to obtain an overview of the disturbance spectrum	32
Figure 6	FFT scan in segments	33
Figure 7	Frequency resolution enhanced by FFT-based measuring instrument	34
Figure 8	Illustration of current I_{CCM}	37
Figure 9	Test configuration: table-top equipment EUT for conducted disturbance measurements on LV AC mains power mains ports and on analogue/digital data ports	39
Figure 10	Arrangement of EUT and AMN at 40 cm distance, with a) vertical RGP and b) horizontal RGP	40
Figure 11	Optional example test configuration for an EUT with only a power cord attached	40
Figure 12	Test configuration: floor-standing equipment (see 7.4.1 and 7.5.2.3)	42
Figure 13	Example test configuration: floor-standing and table-top equipment (see 7.4.1 and 7.5.2.3)	43
Figure 14	Schematic of disturbance voltage measurement configuration (see also 7.5.2.3)	46
Figure 15	Equivalent circuit for measurement of unsymmetric disturbance voltage for safety-class I (grounded) EUT	47
Figure 16	Equivalent circuit for measurement of unsymmetric disturbance voltage for safety-class II (ungrounded) EUT	49
Figure 17	RC element for artificial hand	50
Figure 18	Portable electric drill with artificial hand	50
Figure 19	Portable electric saw with artificial hand	51
Figure 20	Measuring example for voltage probes	
Figure 21	Measurement arrangement for two terminal regulating controls	
Figure 22	Generic process to help reduce measurement time	63
Figure 23	Test set-up for measurement of an EUT with one cable	66

Figure 24 – Test set-up for measurement of an EUT with two cables connected adjacent surfaces of the EUT	67
Figure 25 – Test set-up for measurement of an EUT with two cables connected on the same surface of the EUT	67
Figure 26 – Test configuration: table-top EUT for conducted disturbance measurements on the LV AC mains and LV DC power port of a GCPC	41
Figure 27 – Typical arrangement for measurement of conducted disturbances at LV AC mains and DC power ports of floor standing equipment with an AMN and a Δ -AN used as voltage probes, and with a current probe	56
Figure A.1 – Basic schematic of well-shielded but poorly filtered EUT	69
Figure A.2 – Detail of well-shielded but poorly filtered EUT	70
Figure A.3 – Well-filtered but incompletely shielded EUT	70
Figure A.4 – Well-filtered but incompletely shielded EUT, with U_2 reduced to zero	70
Figure A.5 – Disturbance supply through shielded conductors	71
Figure A.6 – Disturbance supply through unshielded but filtered conductors	71
Figure A.7 – Disturbance supply through ordinary conductors	72
Figure A.8 – AMN configurations	74
Figure C.1 – Decision tree for optimizing speed of conducted disturbance measurements with peak, quasi-peak and average detectors	79
Figure D.1 – Weighting function of a 10 ms pulse for peak (“PK”) and average detections with (“CISPR AV”) and without (“AV”) peak reading; meter time constant 160 ms	83
Figure D.2 – Weighting functions of a 10 ms pulse for peak (“PK”) and average detections with (“CISPR AV”) and without (“AV”) peak reading; meter time constant 100 ms	83
Figure D.3 – Example of weighting functions (of a 1 Hz pulse) for peak (“PK”) and average detections as a function of pulse width; meter time constant 160 ms	84
Figure D.4 – Example of weighting functions (of a 1 Hz pulse) for peak (“PK”) and average detections as a function of pulse width; meter time constant 100 ms	84
Figure E.1 – Parallel resonance of enclosure capacitance and ground strap inductance	85
Figure E.2 – Connection of an AMN to RGP using a wide grounding sheet for low inductance grounding	86
Figure E.3 – Impedance measured with the arrangement of Figure E.2 both with reference to the front panel ground and to the grounding sheet	86
Figure E.4 – VDF in the configuration of Figure E.2 measured with reference to the front panel ground and to the grounding sheet	86
Figure E.5 – Arrangement showing the measurement grounding sheet (shown with dotted lines) when measuring the impedance with reference to RGP	87
Figure E.6 – Impedance measured with the arrangement of Figure E.5 with reference to the RGP	87
Figure E.7 – VDF measured with parallel resonances in the AMN grounding	87
Figure E.8 – Attenuation of a sheath current absorber measured in a 150 Ω test arrangement	88
Figure E.9 – Arrangement for the measurement of attenuation due to PE chokes and sheath current absorbers	89
Figure G.1 – Basic circuit for considering the limits with a defined TCM impedance of 150 Ω	94
Figure G.2 – Basic circuit for the measurement with unknown TCM impedance	94

Figure G.3 – Impedance layout of the components used in Figure H.2	96
Figure G.4 – Basic test set-up to measure combined impedance of the 150 Ω and ferrites	97
Figure H.1 – Measurement set-up using an AAN	101
Figure H.2 – Measurement set-up using a 150 Ω load to the outside surface of the shield	102
Figure H.3 – Measurement set-up using current and capacitive voltage probes	103
Figure H.4 – Characterization set-up	104
Figure I.1 – Example AAN for use with unscreened single balanced pairs	105
Figure I.2 – Example AAN with high LCL for use with either one or two unscreened balanced pairs	106
Figure I.3 – Example AAN with high LCL for use with one, two, three, or four unscreened balanced pairs	107
Figure I.4 – Example AAN, including a 50 Ω source matching network at the voltage measuring port, for use with two unscreened balanced pairs	108
Figure I.5 – Example AAN for use with two unscreened balanced pairs	109
Figure I.6 – Example AAN, including a 50 Ω source matching network at the voltage measuring port, for use with four unscreened balanced pairs	110
Figure I.7 – Example AAN for use with four unscreened balanced pairs	111
Figure I.8 – Example AN for use with coaxial cables, employing an internal common mode choke created by bifilar winding an insulated centre-conductor wire and an insulated screen-conductor wire on a common magnetic core (for example, a ferrite toroid)	112
Figure I.9 – Example AN for use with coaxial cables, employing an internal common mode choke created by miniature coaxial cable (miniature semi-rigid solid copper screen or miniature double-braided screen coaxial cable) wound on ferrite toroids	112
Figure I.10 – Example AN for use with multi-conductor screened cables, employing an internal common mode choke created by bifilar winding multiple insulated signal wires and an insulated screen-conductor wire on a common magnetic core (for example, a ferrite toroid)	113
Figure I.11 – Example AN for use with multi-conductor screened cables, employing an internal common mode choke created by winding a multi-conductor screened cable on ferrite toroids	113
Table 1 – Minimum scan times for the three CISPR bands with peak and quasi-peak detectors	27
Table 2 – Minimum measurement times for the four CISPR bands	27
Table A.2 – Testing conditions for types of EUTs – Screened cable	75
Table B.1 – Sweep time/frequency or fastest scan rate	77
Table D.1 – Pulse suppression factors and scan rates for a 100 Hz video bandwidth	82
Table D.2 – Meter time constants and the corresponding video bandwidths and maximum scan rates	83
Table F.1 – Maximum amplitude difference between peak and quasi-peak detected signals	90
Table G.1 – Summary of advantages and disadvantages of the methods described in the specific subclauses of Annex H	92
Table H.1 – Telecommunication port disturbance measurement procedure selection	98
Table H.2 – a_{LCL} values	99

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

SPECIFICATION FOR RADIO DISTURBANCE AND IMMUNITY MEASURING APPARATUS AND METHODS –

Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity – Conducted disturbance measurements

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.

DISCLAIMER

This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.

This Consolidated version of CISPR 16-2-1 bears the edition number 3.1. It consists of the third edition (2014-02) [documents CISPR/A/1053/FDIS and CISPR/A/1062/RVD] and its amendment 1 (2017-06) [documents CISPR/A/1168/CDV and CISPR/A/1201/RVC]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

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 CISPR 16-2-1 has been prepared by CISPR subcommittee A: Radio-interference measurements and statistical methods.

This third edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition: Methods of measurement using a new type of ancillary equipment – the CDNE – are added.

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

A list of all parts of CISPR 16 series under the general title *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and 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.

The contents of the corrigendum of August 2020 have been included in this copy.

SPECIFICATION FOR RADIO DISTURBANCE AND IMMUNITY MEASURING APPARATUS AND METHODS –

Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity – Conducted disturbance measurements

1 Scope

This part of CISPR 16 is designated a basic standard that specifies the methods of measurement of disturbance phenomena in general in the frequency range 9 kHz to 18 GHz and especially of conducted disturbance phenomena in the frequency range 9 kHz to 30 MHz. ~~With a~~ The CDNE extends the frequency range ~~is 9 kHz~~ of conducted disturbance measurements to 300 Hz.

NOTE In accordance with IEC Guide 107, CISPR 16 is a basic EMC standard for use by product committees of the IEC. As stated in Guide 107, product committees are responsible for determining the applicability of the EMC standard. CISPR and its sub-committees are prepared to co-operate with product committees in the evaluation of the value of particular EMC tests for specific products.

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.

CISPR 14-1, *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission*

CISPR 16-1-1:2010, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Measuring apparatus*

CISPR 16-1-2:2014, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Coupling devices for conducted disturbance measurements*

CISPR 16-4-2, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling – Uncertainty in EMC measurements*

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <http://www.electropedia.org>)

3 Terms, definitions and abbreviations

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-161, as well as the following apply.

3.1.1

ancillary equipment

transducers (e.g. current and voltage probes and artificial networks) connected to a measuring receiver or (test) signal generator and used in the disturbance signal transfer between the EUT and the measuring or test equipment

3.1.2

artificial network

AN

~~agreed reference load (simulation) impedance presented to the EUT by actual networks (e.g. extended power or communication lines) across which the RF disturbance voltage is measured~~

network that provides a defined impedance to the EUT at radio frequencies, couples the disturbance voltage to the measuring receiver, and decouples the test circuit from the mains network or other power lines or from signal lines with associated equipment

Note 1 to entry: ~~This note applies to the French language only.~~ There are four basic types of this network: the V-network (V-AN), which couples the unsymmetric voltages; the delta-network (Δ -AN), which couples symmetric (DM) and asymmetric (CM) voltages separately; the Y-network (Y-AN); and the coaxial (screened cable) network, which couple asymmetric (CM) voltages.

3.1.3

artificial mains network

AMN

network that provides a defined impedance to the EUT at radio frequencies, couples the disturbance voltage to the measuring receiver, and decouples the test circuit from the supply mains

Note 1 to entry: There are two basic types of this network: the V-network (V-AMN) which couples the unsymmetric voltages; and the delta-network (Δ -AMN), which couples ~~the~~ symmetric (DM) and ~~the unsymmetric~~ asymmetric (CM) voltages separately.

Note 2 to entry: The terms line impedance stabilization network (LISN) and V-AMN are used interchangeably.

Note 3 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.4

associated equipment

AE

apparatus, which is not part of the system under test, but needed to help exercise the EUT

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.5

asymmetric artificial network

AAN

network used to measure (or inject) asymmetric (common mode) voltages on unshielded symmetric signal (e.g. telecommunication) lines while rejecting the symmetric (differential mode) signal

Note 1 to entry: An AAN is an AN (artificial network) that provides a simulation of the asymmetric load realized by the telecommunication network.

Note 2 to entry: The term "Y-network" is a synonym for AAN.

Note 3 to entry: The AAN can also be used for immunity testing, where the receiver measurement port becomes the disturbance injection port.

Note 4 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.6

asymmetric voltage

~~radio-frequency disturbance~~ RF voltage appearing between the electrical mid-point of the ~~mains~~ individual terminals or leads in a two- or multi-wire circuit and reference ground, sometimes called the ~~common mode~~ CM voltage

Note 1 to entry: If, in case of a LV AC mains power port, V_a is the vector voltage between one of the mains terminals and reference ground, and V_b is the vector voltage between the other mains terminal and reference ground, the asymmetric voltage is half the vector sum of V_a and V_b , i.e. $(V_a + V_b)/2$.

3.1.7

symmetric voltage

~~radio-frequency disturbance~~ RF voltage appearing between ~~the two wires in a two-wire~~ any pair of wires not comprising the wire at ground potential in a two- or multi-wire circuit, such as a single-phase mains supply or a bundle of twisted pairs in a communication cable, sometimes called the ~~differential mode~~ DM voltage

Note 1 to entry: In case of a LV AC mains power port, the symmetric voltage is the vector difference $(V_a - V_b)$.

3.1.8

unsymmetric mode voltage

~~amplitude of the vector voltage, V_a or V_b (defined in 3.6 and 3.7)~~

RF voltage appearing between an individual terminal or lead in a two- or multi-wire circuit and reference ground

Note 1 to entry: The unsymmetric voltage is the voltage measured by the use of an artificial mains V-network. It denotes the amplitude of the vector voltage, V_a or V_b (mentioned in the notes to entry in 3.1.6 and 3.1.7).

~~Note 2 to entry: See notes in 3.6 and 3.7 for details on V_a and V_b .~~

3.1.9

auxiliary equipment

AuxEq

peripheral equipment which is part of the system under test

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.10

CDNE-X

coupling decoupling network for emission measurement in the frequency range 30 MHz to 300 MHz; where the "X" suffix can be "M2" for unscreened two-wire mains, DC or control ports, "M3" for unscreened three-wire mains, DC or control ports, and "S_x" for screened cable with x internal wires

Note 1 to entry: See Annex J in CISPR 16-1-2: 2014 for example CDNE-X set-up diagrams.

3.1.11

coaxial cable

cable containing one or more coaxial lines, typically used for a matched connection of ancillary equipment to the measuring equipment or (test-)signal generator providing a specified characteristic impedance and a specified maximum allowable cable transfer impedance

3.1.12

common mode current

vector sum of the currents flowing through two or more conductors at a specified cross-section of a "mathematical" plane intersected by these conductors

3.1.13

continuous disturbance

RF disturbance with a duration of more than 200 ms at the IF-output of a measuring receiver, which causes a deflection on the meter of a measuring receiver in quasi-peak detection mode which does not decrease immediately

3.1.14

differential mode current

half the vector difference of the currents flowing in any two of a specified set of active conductors at a specified cross-section of a "mathematical" plane intersected by these conductors

3.1.15

discontinuous disturbance

for counted clicks, disturbance with a duration of less than 200 ms at the IF-output of a measuring receiver, which causes a transient deflection on the meter of a measuring receiver in quasi-peak detection mode

Note 1 to entry: For impulsive disturbance, see IEC 60050-161:1990, 161-02-08.

3.1.16

(electromagnetic) emission

phenomenon by which electromagnetic energy emanates from a source

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-08]

3.1.17

emission limit (from a disturbance source)

specified maximum emission level of a source of electromagnetic disturbance

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-03-12]

3.1.18

equipment under test

EUT

equipment (devices, appliances and systems) subjected to EMC (emission) compliance tests

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.19 Measurement, scan and sweep times

3.1.19.1

measurement

process of experimentally obtaining one or more quantity values that can reasonably be attributed to a quantity

[SOURCE: JCGM 200:2012, 2.1 [12]¹]

3.1.19.2

measurement time

T_m

effective, coherent time for a measurement result at a single frequency (in some areas also called dwell time)

- for the peak detector, the effective time to detect the maximum of the signal envelope,
- for the quasi-peak detector, the effective time to measure the maximum of the weighted envelope

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

- for the average detector, the effective time to average the signal envelope
- for the r.m.s. detector, the effective time to determine the r.m.s. of the signal envelope

3.1.19.3

scan

continuous or stepped frequency variation over a given frequency span

3.1.19.4

span

Δf

difference between stop and start frequencies of a sweep or scan

3.1.19.5

sweep

continuous frequency variation over a given frequency span

3.1.19.6

sweep time

scan time

T_s

time between start and stop frequencies of a sweep or scan

3.1.19.7

sweep rate

scan rate

frequency span divided by the sweep time or scan time

3.1.19.8

observation time

T_o

sum of measurement times T_m on a certain frequency in case of multiple sweeps

Note 1 to entry: If n is the number of sweeps or scans, then $T_o = n \times T_m$.

3.1.19.9

total observation time

T_{tot}

effective time for an overview of the spectrum (either single or multiple sweeps)

Note 1 to entry: If c is the number of channels within a scan or sweep, then $T_{tot} = c \times n \times T_m$.

3.1.20

measuring receiver

instrument such as a tunable voltmeter, an EMI receiver, a spectrum analyzer or an FFT-based measuring instrument, with or without preselection, that meets the relevant clauses of CISPR 16-1-1

Note 1 to entry: See Annex I of CISPR 16-1-1:2010 for further information.

3.1.21

number of sweeps per time unit

n_s

$1/(\text{sweep time} + \text{retrace time})$

Note 1 to entry: For example, sweeps per second.

3.1.22

product standard

publication specifying EMC requirements for a product or product family, taking into account specific aspects of such a product or product family

3.1.23

protective earthing

earthing a point or points in a system or in an installation or in equipment, for purposes of electrical safety

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-11]

3.1.24

reference ground

reference potential connecting point

Note 1 to entry: There can only be one reference ground in a conducted disturbance measurement system.

3.1.25

reference ground plane

RGP

flat, conductive surface that is at the same electric potential as reference ground, which is used as a common reference, and which ~~allows a defined~~ contributes to a reproducible parasitic capacitance ~~to with~~ the surroundings of ~~an~~ the EUT

Note 1 to entry: A reference ground plane is needed for ~~conducted disturbance~~ the measurements of ~~conducted disturbances~~, and serves as reference ~~ground~~ for the measurement of unsymmetric and asymmetric disturbance voltages.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

Note 3 to entry: In some regions, the term 'reference earth' is used in place of 'reference ground'.

3.1.26

test

technical operation that consists of the determination of one or more characteristics of a given product, process or service according to a specified procedure

Note 1 to entry: A test is carried out to measure or classify a characteristic or a property of an item by applying to the item a set of environmental and operating conditions and/or requirements.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-13]

3.1.27

test configuration

combination that gives the specified measurement arrangement of the EUT in which a disturbance level is measured

3.1.28

total common mode impedance

TCM impedance

impedance between the cable attached to the EUT port under test and the RGP

Note 1 to entry: The complete cable is seen as one wire of the circuit and the ground plane as the other wire of the circuit. The TCM wave is the transmission mode of electrical energy, which can lead to radiation of electrical energy if the cable is exposed in the real application. Vice versa, this is also the dominant mode, which results from exposure of the cable to external electromagnetic fields.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.29

weighting

pulse-repetition-frequency (PRF) dependent conversion (mostly reduction) of a peak-detected impulse voltage level to an indication that corresponds to the interference effect on radio reception

Note 1 to entry: For the analogue receiver, the psychophysical annoyance of the interference is a subjective quantity (audible or visual, usually not a certain number of misunderstandings of a spoken text).

Note 2 to entry: For the digital receiver, the interference effect is an objective quantity that may be defined by the critical bit error ratio (BER) or bit error probability (BEP) for which perfect error correction can still occur or by another, objective and reproducible parameter.

3.1.29.1

weighted disturbance measurement

measurement of disturbance using a weighting detector

3.1.29.2

weighting characteristic

peak voltage level as a function of PRF for a constant effect on a specific radiocommunication system, i.e. the disturbance is weighted by the radiocommunication system itself

3.1.29.3

weighting detector

detector that provides an agreed weighting function

3.1.29.4

weighting factor

value of the weighting function relative to a reference PRF or relative to the peak value

Note 1 to entry: The weighting factor is expressed in dB.

3.1.29.5

weighting function

weighting curve

relationship between input peak voltage level and PRF for constant level indication of a measuring receiver with a weighting detector, i.e. the curve of response of a measuring receiver to repeated pulses

3.2 Abbreviations

The following abbreviations, not already provided in 3.1, are used in this standard.

CCM	Converted common mode
CM	Common mode
CMAD	Common mode absorption device
CVP	Capacitive voltage probe
CW	Continuous wave
DM	Differential mode
Δ -AN	Artificial Δ -network (' Δ ' is pronounced 'delta')
EMC	Electromagnetic compatibility
EMI	Electromagnetic interference
FFT	Fast Fourier transform
GCPG	Grid connected power convertor
IF	Intermediate frequency
ISM	Industrial, scientific and medical
LCL	Longitudinal conversion loss
LV	Low voltage
OATS	Open area test site
PE	Protective earth
PRF	Pulse-repetition frequency
RC	Resistor-capacitor
RF	Radio frequency
RFI	Radio frequency interference
SOLT	Short-open-load-through (calibration method)
UM	Unsymmetric mode
V-AMN	Artificial mains V-network
V-AN	Artificial V-network
VDF	Voltage division factor
VDU	Video display unit
Y-AN	Artificial Y-network

4 Types of disturbance to be measured

4.1 General

Clause 4 describes the classification of different types of disturbance and the detectors appropriate for their measurement.

4.2 Types of disturbance

For physical and psychophysical reasons, dependent on the spectral distribution, measuring receiver bandwidth, the duration, rate of occurrence, and degree of annoyance during the assessment and measurement of radio disturbance, distinction is made between the following types of disturbance:

- narrowband continuous disturbance*, i.e. disturbance on discrete frequencies as, for example, the fundamentals and harmonics generated with the intentional application of RF energy with ISM equipment, constituting a frequency spectrum consisting only of individual spectral lines whose separation is greater than the bandwidth of the measuring receiver so that during the measurement only one line falls into the bandwidth, in contrast to b);

- b) *broadband continuous disturbance*, which normally is unintentionally produced by the repeated impulses of, for example, commutator motors, and which has a repetition frequency which is lower than the bandwidth of the measuring receiver so that during the measurement more than one spectral line falls into the bandwidth; and
- c) *broadband discontinuous disturbance* is also generated unintentionally by mechanical or electronic switching procedures, for example by thermostats or programme controls with a repetition rate lower than 1 Hz (click-rate less than 30/min).

The frequency spectra described in b) and c) are characterized by having a continuous spectrum in the case of individual (single) impulses and a discontinuous spectrum in case of repeated impulses, both spectra being characterized by having a frequency range which is wider than the bandwidth of the measuring receiver specified in CISPR 16-1-1.

4.3 Detector functions

Depending on the types of disturbance, measurements may be carried out using a measuring receiver with:

- a) an average detector generally used in the measurement of narrowband disturbance and signals, and particularly to discriminate between narrowband and broadband disturbance;
- b) a quasi-peak detector provided for the weighted measurement of broadband disturbance for the assessment of audio annoyance to a radio listener, but also usable for narrowband disturbance;
- c) an r.m.s.-average detector provided for the weighted measurement of broadband disturbance for the assessment of the effect of impulsive disturbance to digital radio communication services but also useable for narrowband disturbance;
- d) a peak detector which may be used for either broadband or narrowband disturbance measurement.

Measuring receivers incorporating these detectors are specified in CISPR 16-1-1.

5 Connection of measuring equipment

5.1 General

Clause 5 describes the connection of measuring equipment, measuring receivers and ancillary equipment such as artificial networks (AN) and voltage and current probes.

5.2 Connection of ancillary equipment

The connecting cable between the measuring receiver and the ancillary equipment shall be shielded and its characteristic impedance shall be matched to the input impedance of the measuring receiver. The measurement result shall account for the attenuation of the connecting cable.

The output of the ancillary equipment shall be terminated with the prescribed impedance. A minimum attenuation of 10 dB between the AN output and the measuring receiver input is required in order to fulfill the specified tolerance of the AN impedance at its EUT port. This attenuation may be incorporated in the AN. The use of a transient limiter is recommended for the protection of the receiver input circuits. It shall be designed to provide signals of maximum receiver input level without creating nonlinear effects.

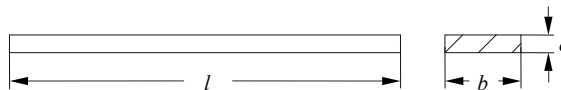
5.3 Connections to ~~RF~~ reference ground

The artificial network (AN) shall be connected to the reference ground by a low RF impedance, e.g. by direct bonding of the case of the AN to the reference ground of a shielded room, or with a low impedance conductor as short and as wide as practical (the maximum length to width ratio of which is 3:1, and the inductance of which is less than approximately 50 nH corresponding to an impedance of less than approximately 10 Ω at 30 MHz). An in situ

test of the voltage division factor as explained in Annex E is recommended. This will help to find, e.g. a ground strap resonance in the AN grounding.

NOTE 1 A conductor with rectangular cross section (see drawing below) with: length $l = 30$ cm, width $b = 3$ cm, thickness $c = 0,02$ cm will cause an inductance L of approximately 210 nH ($X_L = 40 \Omega$ at 30 MHz), which is excessive. The value of L was calculated using the following equation:

$$L = 2l \left(\ln \frac{2l}{b+c} + 0,5 + 0,22 \frac{b+c}{l} \right)$$



where

L is the inductance of the conductor in nH

l, b, c are the dimensions of the conductor in cm

If such a length cannot be avoided, a width as large as possible will minimize the inductance.

The measurement of unsymmetric (UM) or terminal voltages ~~measurements~~ and asymmetric (CM) voltages shall be referenced only to the reference ground. Ground loops (common impedance coupling) shall be avoided. Ground loops will negatively affect repeatability of measurement and can, e.g. be detected if grounded components of a test set-up are touch-sensitive. This should also be observed for measuring apparatus (e.g. measuring receivers and connected ancillary equipment, such as oscilloscopes, analyzers, recorders, etc.) fitted with a ~~protective earth~~ PE conductor ~~(PE)~~ of safety class I equipment.

NOTE 3 A detrimental ground loop can be detected when the components of a test set-up are touch-sensitive, i.e. the reading changes when the component is touched.

The measuring instrumentation shall be provided with RF isolation so that the AN has only one RF connection to reference ground. This can be accomplished by using RF chokes and isolation transformers, or by powering the measuring apparatus from batteries. Figure 1 shows an example of a recommended test set-up with three AMNs and PE chokes for the avoidance of ground loops. In this figure, also the receiver RF connecting cable to the AMN can act as a ground connection if the receiver is grounded. Therefore, either a PE choke is needed at the receiver power input, or, if the receiver is outside a shielded room, a sheath current suppressor is needed on the connecting cable. Each AMN is thus RF-grounded only once.

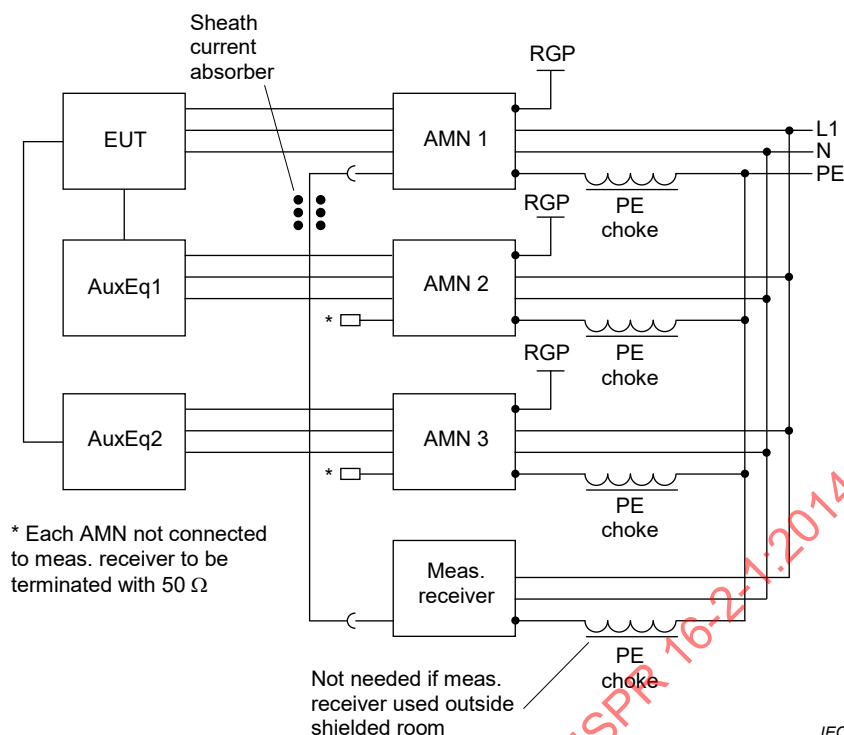


Figure 1 – Example of a recommended test set-up with PE chokes with three AMNs and a sheath current absorber on the RF cable

For safety reasons, PE chokes shall exhibit a low impedance for the power supply voltage at the power frequency and voltage in case of any defect. The short-circuit voltage across the PE choke shall be below 4 V. PE chokes may be incorporated inside the AMN.

The RF impedance of PE chokes and sheath current absorbers in the measurement frequency range should be high compared with the impedance of the AMN connection to the RGP. Commercially available PE chokes have, e.g. an inductance of 1,6 mH at nominal currents up to 36 A but they are not standardized in CISPR 16-1-2. The attenuation can be tested in accordance with Annex E. Some AMNs are available with built-in PE chokes. The difference in potential between PE and RGP shall be minimized to avoid saturation of PE chokes from the resulting DC or low frequency current flowing through the chokes. If the current is unknown, it may have to be measured.

NOTE 2 Sheath currents are RF currents flowing on the shield of shielded (e.g. coaxial) cables, and are a source of measurement uncertainty. Sheath current absorbers serve the purpose of reducing these currents.

For the treatment of PE connection of the EUT to the reference ground, see Clause A.4.

Stationary test configurations of the AMN do not require a connection with the protective earth conductor if the reference ground is connected directly and meets the safety requirements for protective earth conductors (PE connections).

5.4 Connection between the EUT and the artificial-mains network

General guidelines for the selection of grounded and non-grounded connections of the EUT to the AMN are discussed in Annex A. The same guidelines also apply for selection of connections of the EUT to other types of AN used for the termination of ports other than LV AC mains ports.

6 General measurement requirements and conditions

6.1 General

Radio disturbance measurements, within the uncertainties allowed by CISPR 16-4-2, shall be:

- reproducible, i.e. independent of the measurement location and environmental conditions, especially ambient noise;
- free from interactions, i.e. the connection of the EUT to the measuring equipment shall neither influence the function of the EUT nor the accuracy of the measurement equipment.

These requirements may be met by observing the following conditions:

- a) existence of a sufficient signal-to-noise ratio at the desired measurement level, e.g. the level of the relevant disturbance limit;
- b) having a defined measuring set-up, termination and operating conditions of the EUT;
- c) in the case of voltage probe measurements on the supply mains, the probe shall have an impedance of 1,5 k Ω as specified in CISPR 16-1-2; for measurements on other circuits, the impedance may need to be increased (as provided by active voltage probes) to avoid excessive loading of high impedance circuits;
- d) in the case of current probe measurements, the probe shall have an impedance in the measuring circuit of 1 Ω maximum, as specified in CISPR 16-1-2.

6.2 Disturbance not produced by the equipment under test

6.2.1 General

The measurement signal-to-noise ratio with respect to ambient noise shall meet the following requirements. Should the ambient noise level exceed the required level, it shall be recorded in the test report.

6.2.2 Compliance testing

A test site shall permit emissions from the EUT to be distinguished from ambient noise. The ambient noise level should be at least 20 dB below the specified limit. For in situ tests the ambient noise level should be at least 6 dB below the specified limit. In in situ cases, the disturbance plus ambient shall not exceed the limit. If the disturbance plus ambient exceeds the limit, then other methods need to be applied, for example, reduce the bandwidth, apply ambient cancellation, change frequency, etc. The suitability of the site for the permitted ambient level may be determined by measuring the ambient noise level with the EUT in place but not operating.

NOTE Annex A of CISPR 16-2-3:2010 [3] provides recommendations for measurement of disturbances in the presence of ambient emissions.

6.3 Measurement of continuous disturbance

6.3.1 Narrowband continuous disturbance

The measuring receiver shall be kept tuned to the discrete frequency under investigation and retuned if the frequency fluctuates.

6.3.2 Broadband continuous disturbance

For the assessment of broadband continuous disturbance the level of which is fluctuating, the maximum reproducible measurement value shall be found; see 6.5.1 for further details.

6.3.3 Use of spectrum analyzers and scanning receivers

Spectrum analyzers and scanning receivers are useful for disturbance measurements, particularly in order to reduce measuring time. However, special consideration shall be given to certain characteristics of these instruments, which include: overload, linearity, selectivity, normal response to pulses, frequency scan rate, signal interception, sensitivity, amplitude accuracy and peak, average and quasi-peak detection. These characteristics are considered in Annex B.

6.4 EUT arrangement and measurement conditions

6.4.1 EUT arrangement

6.4.1.1 General

Where not specified in the product standard, the EUT shall be configured as described in the following paragraphs.

The EUT shall be installed, arranged and operated in a manner consistent with typical applications. Where the manufacturer has specified or recommended an installation practice, such practice shall be used in the test arrangement, where possible. This arrangement shall be typical of the normal installation practice. Interface cables, loads and devices shall be connected to at least one of each type of interface port of the EUT, and where practical, each cable shall be terminated in a device typical of actual usage.

Where there are multiple interface ports of the same type, additional interconnecting cables, loads and devices may need to be added to the EUT depending upon the results of preliminary tests. The number of additional cables or wires of the same type should be limited to the condition where the addition of another cable or wire does not significantly affect the disturbance level, i.e. varies by less than 2 dB, provided that the EUT remains compliant. The rationale for the selection of the configuration and loading of ports shall be included in the test report.

Interconnecting cables should be of the type and length specified in the individual equipment requirements. If the length can be varied, the length shall be selected to produce maximum disturbance.

If shielded or special cables are used during the tests to achieve compliance, a note shall be included in the instruction manual advising of the need to use such cables.

Excess lengths of cables shall be bundled at the approximate centre of the cable with the bundles 30 cm to 40 cm in length. If it is impractical to do so because of cable bulk or stiffness, the disposition of the excess cable shall be precisely noted in the test report.

Where there are multiple interface ports all of the same type, connecting a cable to just one of that type of port is sufficient, provided it can be shown that the additional cables would not significantly affect the results.

Any set of results shall be accompanied by a complete description of the cable and equipment orientation so that results can be reproduced. If specific conditions of use are required to meet the limits, those conditions shall be specified and documented, for example cable length, cable type, shielding and grounding. These conditions shall be included in the instructions to the user.

Equipment that is populated with multiple modules (such as drawers and plug-in cards) shall be tested with a mix and number representative of that used in a typical installation. The number of additional boards or plug-in cards of the same type should be limited to the condition where the addition of another board or plug-in card does not significantly affect the disturbance level, i.e. varies by less than 2 dB, provided that the EUT remains compliant. The

rationale used for selecting the number and type of modules should be stated in the test report.

A system that consists of a number of separate units shall be configured to form a minimum representative configuration. The number and mix of units included in the test configuration shall normally be representative of that used in a typical installation. The rationale used for selecting units should be stated in the test report.

One module of each type shall be operational in each equipment evaluated in an EUT. For an EUT comprising a system, one of each type of equipment that can be included in the possible system configuration shall be included in the EUT.

The results of an evaluation of EUTs having one of each type of module can be applied to configurations having more than one of each of those modules.

NOTE It has been found that disturbances from identical modules are generally not additive in practice.

The EUT position relative to the RGP shall be equivalent to that occurring in use. Therefore, floor-standing equipment is placed on, but insulated from, an RGP, and tabletop equipment is placed on a non-conductive table.

Equipment designed for wall-mounted operation shall be tested as tabletop EUT. The orientation of the equipment shall be consistent with normal installation practice.

Combinations of the equipment types identified above shall also be arranged in a manner consistent with normal installation practice. Equipment designed for both tabletop and floor standing operation shall be tested as tabletop equipment unless the usual installation is floor standing, then that arrangement shall be used.

The ends of signal cables attached to the EUT that are not connected to another unit or auxiliary equipment (AuxEq) shall be terminated using the correct terminating impedance defined in the product standard. If no product standard can be applied to the particular configuration, the termination shall be defined by the EUT manufacturer and noted in the test report.

Cables or other connections to auxiliary equipment located outside the test site shall drape to the floor, and then be routed to the place where they leave the test site.

Installation of AuxEq shall be in accordance with normal installation practice. Where this means that the AuxEq is located on the test site, it shall be arranged using the same conditions applicable for the EUT (for example, distance from the ground plane and insulation from the ground plane if floor standing, layout of cabling).

6.4.1.2 Arrangement of tabletop equipment

Equipment intended for tabletop use shall be placed on a non-conductive table. The size of the table will nominally be 1,5 m by 1,0 m but may ultimately be dependent on the horizontal dimensions of the EUT.

Intra-unit cables shall be draped over the back of the table. If a cable hangs closer than 0,4 m from the horizontal ground plane (or floor), the excess shall be folded at the cable centre into a bundle no longer than 0,4 m, such that the part of the bundle closest to the horizontal RGP is at least 0,4 m above the plane.

Cables shall be positioned as for normal usage.

If the mains port input cable is less than 0,8 m long (including power supplies integrated in the mains plug), an extension cable shall be used such that the external power supply unit is

placed on the tabletop. The extension cable shall have characteristics similar to the mains cable (including the number of conductors and the presence of a ground connection). The extension cable shall be treated as part of the mains cable.

In the above arrangements, the cable between the EUT and the power accessory shall be arranged on the tabletop in the same manner as other cables connecting components of the EUT.

6.4.1.3 Arrangement of floor-standing equipment

The EUT shall be placed on the horizontal RGP, orientated for normal use, but separated from metallic contact with the RGP by up to 15 cm of insulation.

The cables shall be insulated (by up to 15 cm) from the horizontal RGP. If the equipment requires a dedicated ground connection, then this shall be provided and bonded to the horizontal RGP.

Intra-unit cables (between units forming the EUT or between the EUT and any auxiliary equipment) shall drape to, but remain insulated from, the horizontal RGP. Any excess cable shall either be folded at the cable centre into a bundle no longer than 0,4 m or arranged in a serpentine fashion. If an intra-unit cable length is not long enough to drape to the horizontal RGP but drapes closer than 0,4 m, then the excess shall be folded at the cable centre into a bundle no longer than 0,4 m. The bundle shall be positioned such that it is either 0,4 m above the horizontal RGP or at the height of the cable entry or connection point if this is within 0,4 m of the horizontal RGP.

For equipment with a vertical cable riser, the number of risers shall be typical of installation practice. Where the riser is made of non-conductive material, a minimum spacing of at least 0,2 m shall be maintained between the closest part of the equipment and the nearest vertical cable. Where the riser structure is conductive, the minimum spacing of 0,2 m shall be between the closest parts of the equipment and riser structure.

6.4.1.4 Arrangement for combinations of tabletop and floor-standing equipment

Intra-unit cables between a tabletop unit and a floor-standing unit shall have the excess cable folded into a bundle no longer than 0,4 m. The bundle shall be positioned such that it is either 0,4 m above the horizontal RGP or at the height of the cable entry or connection point if this is within 0,4 m of the horizontal RGP.

6.4.2 Normal load conditions

The normal load conditions shall be as defined in the product standard relevant to the EUT, and for EUTs not covered by a product standard, as indicated in the manufacturer's instructions.

6.4.3 Duration of operation

The duration of operation (during which the disturbance can be measured) shall be, in the case of EUTs with a given rated operating time, in accordance with the marking; in all other cases, the time is not restricted.

6.4.4 Running-in/warm-up time

No specific running-in/warm-up time, prior to testing, is given, but the EUT shall be operated for a sufficient period to ensure that the modes and conditions of operation (e.g. operating temperature is reached, software loading is completed and EUT is ready to perform its intended operation) are typical of those during the life of the equipment. The term "running-in time" relates to EUTs that include electrical motors. For some EUTs, special test conditions may be prescribed in the relevant product publications.

6.4.5 Supply

The EUT shall be operated from a supply having the rated voltage of the EUT. EUTs with more than one rated voltage shall be tested at the rated voltage which causes maximum disturbance. Product standards may call-out for additional measurements at supply voltages within the rated supply voltage range, if, for example, the levels of disturbances vary considerably with the actual supply voltage used during the measurements.

6.4.6 Mode of operation

The EUT shall be operated under conditions of use intended by the manufacturer which cause the maximum disturbance at the measurement frequency.

6.4.7 Operation of multifunction equipment

Multifunction equipment that is subjected simultaneously to different clauses of a product standard and/or different standards shall be tested with each function operated in isolation, if this can be achieved without modifying the equipment internally. The equipment thus tested shall be deemed to have complied with the requirements of all clauses/standards when each function has satisfied the requirements of the relevant clause/standard.

For equipment that it is not practical to test with each function operated in isolation, or where the isolation of a particular function would result in the equipment being unable to fulfil its primary function, or where the simultaneous operation of several functions would result in saving measurement time, the equipment shall be deemed to have complied if it meets the provisions of the relevant clause/standard with the necessary functions operated.

6.4.8 Determination of EUT arrangement(s) that maximize(s) emissions

Initial testing shall identify the frequency that has the highest disturbance relative to the limit. This identification shall be performed whilst operating the EUT in typical modes of operation and with cable positions in a test arrangement that is representative of typical installation practice.

The frequency of highest disturbance with respect to the limit shall be found by investigating disturbances at a number of significant frequencies. This provides confidence that the probable frequency of maximum disturbance has been found and that the associated cable, EUT arrangement and mode of operation have been identified.

For initial testing, the EUT should be arranged in accordance with the product standards as appropriate.

6.4.9 Recording of measurement results

Of those disturbances above ($L - 20$ dB), where L is the limit level in dB(μ V) or dB(μ A), the disturbance levels and the frequencies of at least the six disturbances having the smallest margin to the limit L shall be recorded.

In addition, the test report shall include the value of the measurement instrumentation uncertainty corresponding to the used test set-up, calculated as per the requirements of CISPR 16-4-2.

6.5 Interpretation of measuring results

6.5.1 Continuous disturbance

The following steps shall be applied when interpreting the results for continuous disturbance measurements:

- a) At each frequency for which the level of disturbance is close to the limit and not steady, the reading on the measuring receiver is observed for at least 15 s for each measurement; the highest readings shall be recorded. Some product standards allow the exclusion of isolated clicks, which shall be ignored (e.g. CISPR 14-1).
- b) If the general level of the disturbance is not steady, but shows a continuous rise or fall of more than 2 dB in the 15 s period, then the disturbance voltage levels shall be observed for a further period and the levels shall be interpreted according to the conditions of normal use of the EUT, as follows:
 - 1) if the EUT is one which may be switched on and off frequently, or the direction of rotation of which can be reversed, then at each frequency of measurement the EUT should be switched on or reversed just before each measurement, and switched off just after each measurement. The maximum level obtained during the first minute at each frequency of measurement shall be recorded;
 - 2) if the EUT is one which in normal use runs for longer periods, then it should remain switched on for the period of the complete test, and at each frequency the level of disturbance shall be recorded only after a steady reading (subject to the provision that item a) has been obtained).
- c) If the pattern of the disturbance from the EUT changes from a steady to a random character part way through a test, then that EUT shall be tested in accordance with item b).
- d) Measurements are taken throughout the complete spectrum and are recorded at least at the frequency with maximum reading and as required by the relevant CISPR publication.

6.5.2 Discontinuous disturbance

Measurement of discontinuous disturbance may be performed at a restricted number of frequencies; for further details, see CISPR 14-1.

6.5.3 Measurement of the duration of disturbances

The duration of a disturbance shall be known in order to measure it correctly and to determine if it is discontinuous. The duration of a disturbance may be measured in one of the following ways:

- through the connection of an oscilloscope to a measuring receiver's IF output to allow monitoring of the disturbance in the time-domain;
- through the tuning of either an EMI receiver or a spectrum analyzer to the disturbance frequency without frequency scanning (i.e. 'zero-span' mode) to allow monitoring of the disturbance in the time-domain; or
- through the use of the time-domain output of an FFT-based measuring receiver.

Guidance for the determination of the appropriate measurement time can be found in 8.3.

6.6 Measurement times and scan rates for continuous disturbance

6.6.1 General

For manual and automated or semi-automated measurements, measurement times and scan rates of measuring and scanning receivers shall be set such that the maximum emissions are measured. Especially, where a peak detector is used for prescans, the measurement times and scan rates have to take the timing of the disturbance under test into account. More detailed guidance on the execution of automated measurements can be found in Clause 8.

6.6.2 Minimum measurement times

The minimum measurement (dwell) times are given in Table 2. The minimum measurement (dwell) times for scanning receivers and FFT-based measuring instruments in Table 2 and the

scan times for spectrum analyzers in Table 1 apply to CW signals. The minimum scan times of Table 1 were derived to perform measurements in the entire CISPR band.

Table 1 – Minimum scan times for the three CISPR bands with peak and quasi-peak detectors

Frequency band		Scan time T_s for peak detection	Scan time T_s for quasi-peak detection
A	9 kHz to 150 kHz	14,1 s	2 820 s = 47 min
B	0,15 MHz to 30 MHz	2,985 s	5 970 s = 99,5 min = 1 h 39 min
C and D	30 MHz to 1 000 MHz	0,97 s	19 400 s = 323,3 min = 5 h 23 min

Table 2 – Minimum measurement times for the four CISPR bands

Frequency band		Minimum measurement time T_m
A	9 kHz to 150 kHz	10,00 ms
B	0,15 MHz to 30 MHz	0,50 ms
C and D	30 MHz to 1 000 MHz	0,06 ms
E	1 GHz to 18 GHz	0,01 ms

Depending on the type of disturbance, the scan time may have to be increased, especially for swept quasi-peak measurements. In extreme cases, the measurement time T_m at a certain frequency may have to be increased to 15 s, if the level of the observed disturbance is not steady (see 6.5.1).

Scan rates and measurement times for use with the average detector will be found in Annex D.

Most product standards call out for quasi-peak detection for compliance measurements which is very time consuming, if no time-saving procedures are applied (see Clause 8). Before time-saving procedures can be applied, the disturbance is detected in a prescan. To ensure that e.g. intermittent signals are not overlooked during an automatic scan, the considerations in 6.6.3 to 6.6.5 need to be taken into account.

6.6.3 Scan rates for scanning receivers and spectrum analyzers

One of two conditions need to be met to ensure that signals are not missed during automatic scans over frequency spans:

- for a single sweep: the measurement time at each frequency shall be larger than the intervals between pulses for intermittent signals;
- for multiple sweeps with maximum hold: the observation time at each frequency should be sufficient for intercepting intermittent signals.

The frequency scan rate is limited by the instrument's resolution bandwidth, and video bandwidth settings. If the scan rate is chosen too fast for the given instrument state, erroneous measurement results will be obtained. Therefore, a sufficiently long sweep time as defined below needs to be chosen for the selected frequency span. Intermittent signals may be intercepted by either a single sweep with sufficient observation time at each frequency or by multiple sweeps with maximum hold. Usually for an overview of unknown emissions, the latter will be highly efficient: as long as the spectrum display changes, there may still be intermittent signals to discover. The observation time is selected according to the periodicity at which interfering signals occur. In some cases, the sweep time may have to be varied in order to avoid synchronization effects.

When determining the minimum sweep time for measurements with a spectrum analyzer or scanning EMI receiver, based on a given instrument setting and using peak detection, two different cases have to be distinguished. If the video bandwidth is selected to be wider than the resolution bandwidth, the following expression can be used to calculate the minimum sweep time:

$$T_{s \min} = (k \times \Delta f) / (B_{\text{res}})^2 \quad (1)$$

where

$T_{s \min}$ is the minimum sweep time

Δf is the frequency span

B_{res} is the resolution bandwidth

k is the constant of proportionality, related to the shape of the resolution filter; this constant assumes a value between 2 and 3 for synchronously-tuned, near-Gaussian filters. For nearly rectangular, stagger-tuned filters, k has a value between 10 and 15.

NOTE Actual values of k are available from instrument manufacturers. The actual values are normally taken into consideration in the coupled mode of the receiver or spectrum analyzer firmware.

If the video bandwidth is selected to be equal to or smaller than the resolution bandwidth, the following expression can be used to calculate the minimum sweep time:

$$T_{s \min} = (k \times \Delta f) / (B_{\text{res}} \times B_{\text{video}}) \quad (2)$$

where B_{video} is the video bandwidth.

Most spectrum analyzers and scanning EMI receivers automatically couple the sweep time to the selected frequency span and the bandwidth settings. Sweep time is adjusted to maintain a calibrated display. The automatic sweep time selection can be overwritten if longer observation times are required, e.g. to intercept slowly varying signals.

In addition, for repetitive sweeps, the number of sweeps per second will be determined by the sweep time $T_{s \min}$ and the retrace time (time needed to retune the local oscillator and to store the measurement results, etc.).

6.6.4 Scan times for stepping receivers

Stepping EMI receivers are consecutively tuned to single frequencies using predefined step sizes. While covering the frequency range of interest in discrete frequency steps, a minimum dwell time at each frequency is required for the instrument to accurately measure the input signal.

For the actual measurement, a frequency step size of roughly 50 % or less of the resolution bandwidth used (depending on the resolution filter shape) is required to reduce measurement uncertainty for narrowband signals due to the stepwidth. Under these assumptions the scan time $T_{s \min}$ for a stepping receiver can be calculated using the following equation:

$$T_{s \min} = T_{m \min} \times \Delta f / (B_{\text{res}} \times 0,5) \quad (3)$$

where $T_{m \min}$ is the minimum measurement (dwell) time at each frequency.

In addition to the measurement time, some time is needed for the synthesizer to switch to the next frequency and for the firmware to store the measurement result, which in most measuring receivers is automatically done so that the selected measurement time is the

effective time for the measurement result. Furthermore, the selected detector, e.g. peak or quasi-peak, determines this time period as well.

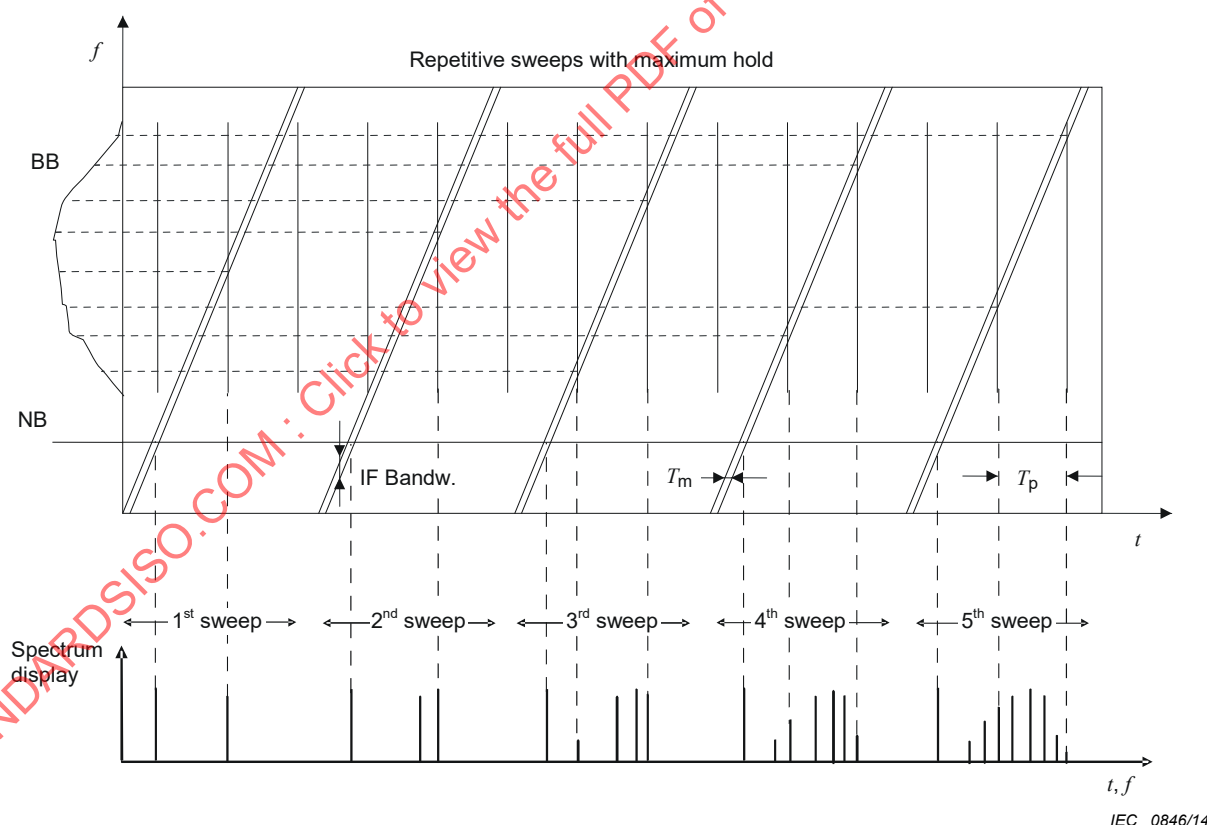
For purely broadband emissions, the frequency step size may be increased. In this case the objective is to find the maxima of the disturbance spectrum only.

6.6.5 Strategies for obtaining a spectrum overview using the peak detector

For each prescan measurement, the probability of intercepting all critical spectral components of the EUT spectrum shall be as close to 100 % as possible. Depending on the type of measuring receiver and the characteristics of the disturbance, which may contain narrowband and broadband elements, two general approaches are proposed:

- stepped scan: the measurement (dwell) time shall be long enough at each frequency to measure the signal peak, e.g. for an impulsive signal the measurement (dwell) time should be longer than the reciprocal of the repetition frequency of the signal;
- swept scan: the measurement time shall be larger than the intervals between intermittent signals (single sweep) and the number of frequency scans during the observation time should be maximized to increase the probability of signal interception.

Figures 2, 3, 4 and 5 show examples of the relationship between various time-varying disturbance spectra and the corresponding display on a measuring receiver. In the cases of Figures 2, 4, and 5, the upper part of the figure shows the position of the receiver bandwidth as it either sweeps or steps through the spectrum.

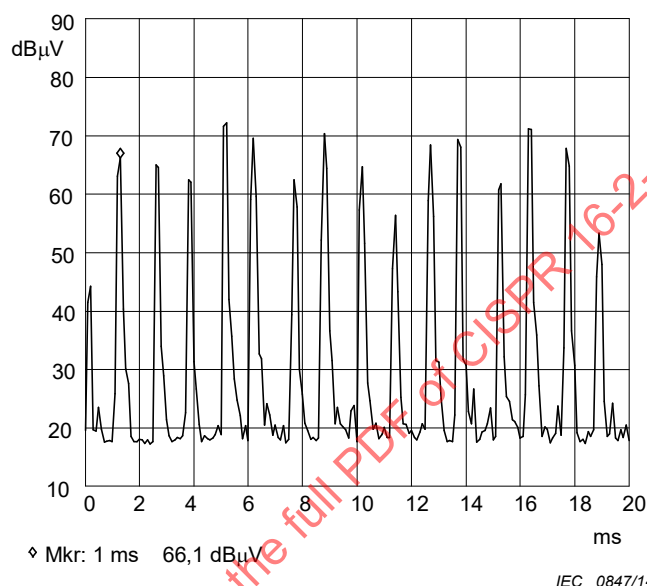


T_p is the pulse-repetition interval of the impulsive signal. A pulse occurs at each vertical line of the spectrum-versus-time display (upper part of the figure).

Figure 2 – Measurement of a combination of a CW signal (“NB”) and an impulsive signal (“BB”) using multiple sweeps with maximum hold

If the type of disturbance is unknown, multiple sweeps with the shortest possible sweep time and peak detection allow the spectrum envelope to be determined. A short single sweep is sufficient to measure the continuous narrowband signal content of the EUT spectrum. For continuous broadband and intermittent narrowband signals, multiple sweeps at various scan rates using a “maximum hold” function may be necessary to determine the spectrum envelope. For low repetition impulsive signals, many sweeps will be necessary to fill up the spectrum envelope of the broadband component.

The reduction of measurement time requires a timing analysis of the signals to be measured. This can be done either with a measuring receiver which provides a graphical signal display, used in zero-span mode or using an oscilloscope connected to the receiver's IF or video output as shown for example in Figure 3.



Example results for disturbance from a DC collector motor. Due to the number of collector segments the pulse repetition frequency is high (approximately 800 Hz) and the pulse amplitude varies strongly. Therefore for this example, the recommended measurement (dwell) time with the peak detector is > 10 ms.

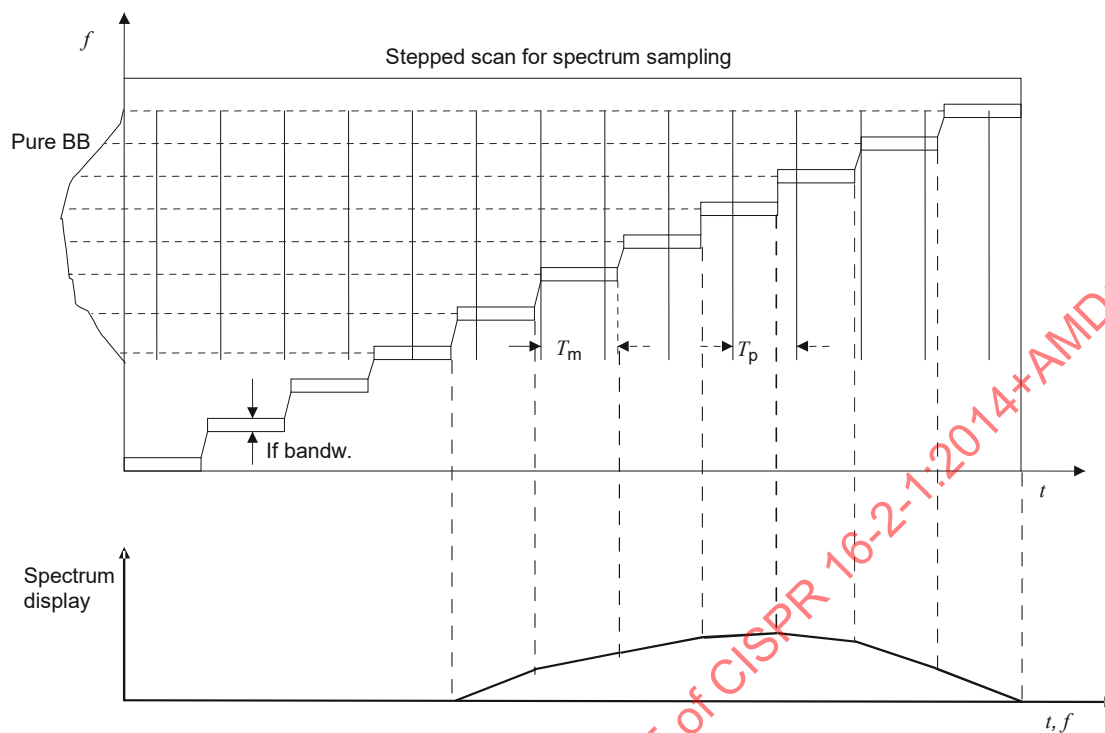
Figure 3 – Example of a timing analysis

From the timing analysis, pulse durations and pulse repetition frequencies can be determined and scan rates or dwell times selected accordingly:

- for **continuous unmodulated narrowband** disturbances, the fastest scan time possible for the selected instrument settings may be used;
- for **pure continuous broadband** disturbances, e.g. from ignition motors, arc welding equipment, and collector motors, a stepped scan (with peak or even quasi-peak detection) for sampling of the disturbance spectrum may be used. In this case, the knowledge of the type of disturbance is used to draw a polyline curve as the spectrum envelope (see Figure 4). The step size is chosen so that no significant variations in the spectrum envelope are missed. A single swept measurement – if performed slowly enough – will also yield the spectrum envelope;
- for **intermittent narrowband** disturbances with unknown frequencies either fast short sweeps involving a “maximum hold” function (see Figure 5) or a slow single sweep may be used. A timing analysis may be required prior to the actual measurement to ensure proper signal interception.

Intermittent broadband disturbances shall be measured with a disturbance analyzer that complies with CISPR 16-1-1. For explanation of related measurement procedures, see CISPR 14-1.

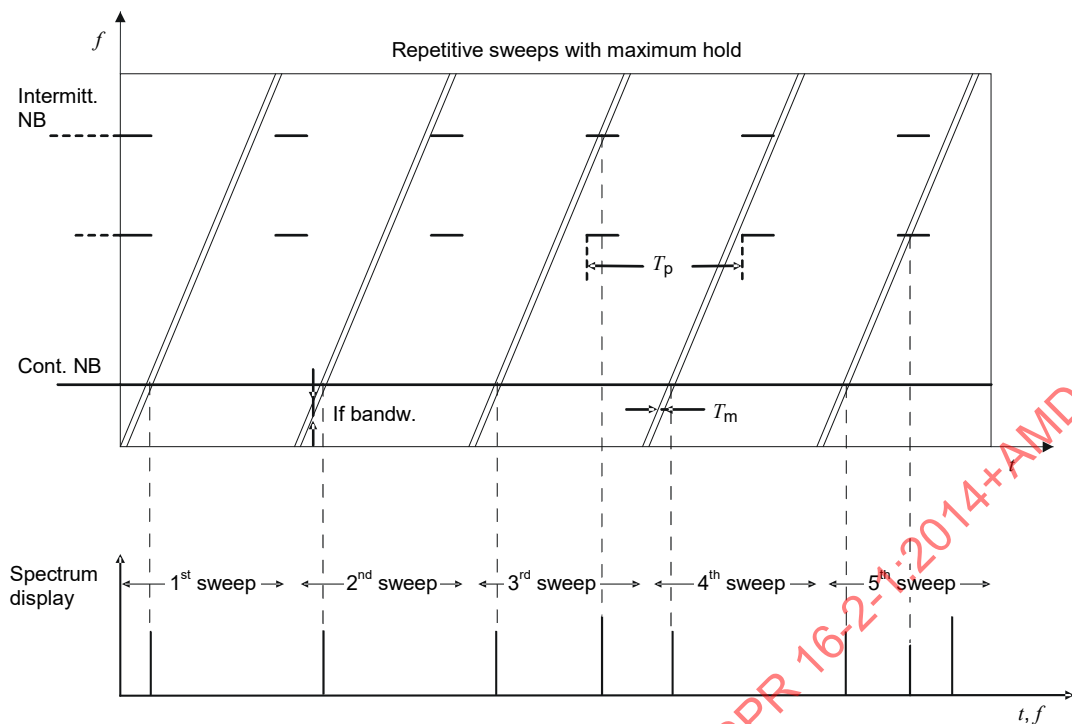
NOTE In the example of Figure 5, five sweeps are required until all spectral components are intercepted. The number of sweeps required or the sweep time may have to be increased, depending on pulse duration and pulse repetition interval.



IEC 0848/14

The measurement (dwell) time T_m should be longer than the pulse repetition interval T_p , which is the inverse of the pulse repetition frequency.

Figure 4 – A broadband spectrum measured with a stepped receiver



IEC 0849/14

Figure 5 – Intermittent narrowband disturbances measured using fast short repetitive sweeps with maximum hold function to obtain an overview of the disturbance spectrum

6.6.6 Timing considerations using FFT-based instruments

FFT-based measuring instruments may combine the parallel calculation at N frequencies and a stepped scan. For this purpose, the frequency range of interest is subdivided into a number of segments N_{seg} that are scanned sequentially. The procedure is shown in Figure 6 for three segments. The total scan time for the frequency range of interest T_{scan} is calculated as:

$$T_{\text{scan}} = T_m N_{\text{seg}} \quad (4)$$

where

T_m is the measurement time for each segment, and

N_{seg} is the number of segments.

FFT-based measuring instruments may also provide methods to improve the frequency resolution across a given frequency range. In general, an FFT-based measuring instrument will have a fixed frequency step $f_{\text{step FFT}}$ that is determined by the number of frequencies of the FFT. Increased frequency resolution is achieved by performing repeat calculations over a given frequency range. For each repeat calculation, the lowest frequency is incremented by a step ratio, $f_{\text{step final}}$.

Hence the first calculation over the given frequency range considers the following frequencies:

$$\begin{aligned} &f_{\text{min}}, \\ &f_{\text{min}} + f_{\text{step FFT}}, \\ &f_{\text{min}} + 2f_{\text{step FFT}}, \\ &f_{\text{min}} + 3f_{\text{step FFT}} \dots \end{aligned}$$

The second calculation over the given frequency range considers the following frequencies:

$$f_{\text{min}} + f_{\text{step final}},$$

$f_{\min} + f_{\text{step final}} + f_{\text{step FFT}},$
 $f_{\min} + f_{\text{step final}} + 2f_{\text{step FFT}},$
 $f_{\min} + f_{\text{step final}} + 3f_{\text{step FFT}} \dots$

This procedure, applied for a step ratio of 3, is displayed in Figure 7.

The scan time T_{scan} is calculated as:

$$T_{\text{scan}} = T_m \frac{f_{\text{step FFT}}}{f_{\text{step final}}} \quad (5)$$

where

T_m is the measurement time, and

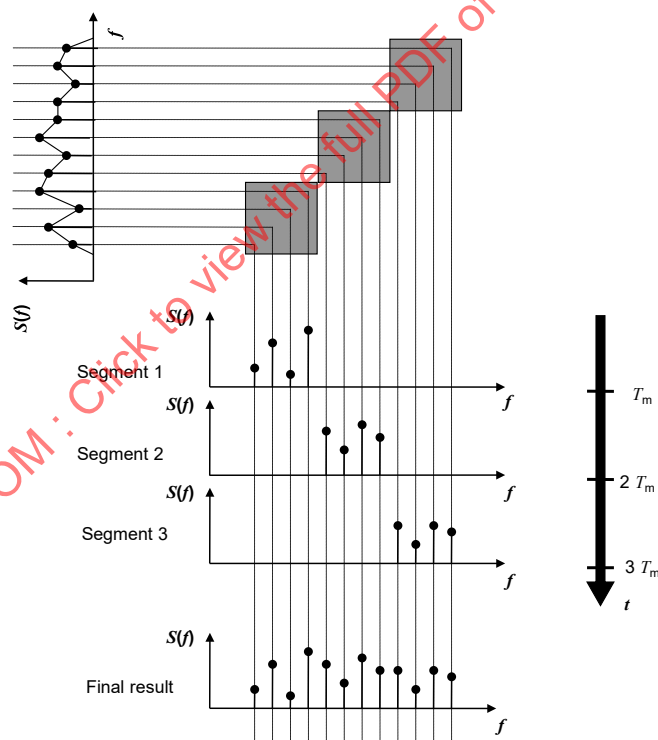
$\frac{f_{\text{step FFT}}}{f_{\text{step final}}}$ is the step ratio.

For a system that combines both methods, the scan time T_{scan} is calculated as:

$$T_{\text{scan}} = T_m N_{\text{seg}} \frac{f_{\text{step FFT}}}{f_{\text{step final}}} \quad (6)$$

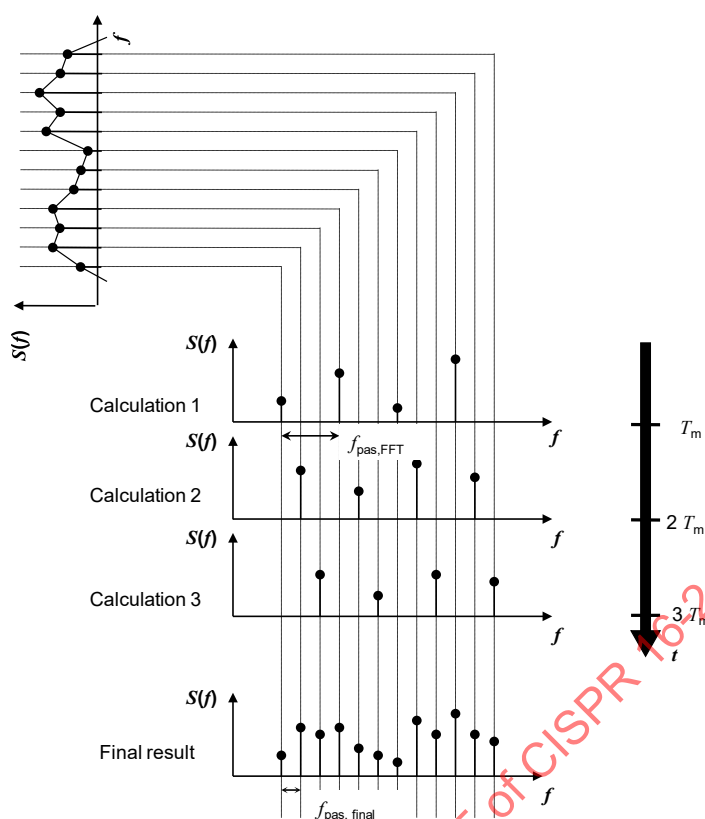
NOTE 1 FFT-based measuring instruments may combine both methods, i.e. the stepped scan as well as a method to improve the frequency resolution.

NOTE 2 Additional background information is provided in CISPR/TR 16-3 [4].



IEC 0850/14

Figure 6 – FFT scan in segments



IEC 0851/14

Figure 7 – Frequency resolution enhanced by FFT-based measuring instrument

7 Measurement of disturbances conducted along leads, 9 kHz to 30 MHz

7.1 General

When testing for compliance with disturbance limits for electromagnetic disturbances conducted along leads, the following items shall be considered as minimum, both in the standardized situation (type tests) and at the place of installation (in situ tests):

- a) *the types of disturbance*: there are two methods of measuring conducted disturbances, either as a voltage (prevailing method for CISPR measurements) or as a current. Both methods can be used to measure the three types of conducted disturbance, i.e.:
 - common mode (also called asymmetric mode, i.e. the vector sum of voltages/currents in bundle or group of wires **in relation to reference ground**);
 - differential mode (also called symmetric mode);
 - unsymmetric mode (voltage between **a terminal of the port under test** and reference ground).

NOTE The unsymmetric ~~mode~~ voltage is primarily measured at the **LV AC mains** power port. The ~~common mode~~ **CM** voltage (or current) is measured primarily at telecommunication, signal and control ports.

- b) *the measuring equipment*: the type of measuring equipment is chosen in relation to the disturbance properties to be determined (see 7.2);
- c) *the ancillary equipment*: the type of ancillary equipment, i.e. artificial networks, current probes or voltage probes, is chosen in accordance with the type of disturbance to be measured in accordance with 7.1 a). Each type of ancillary equipment presents RF loading to the measured signals and ports (see 7.3);

- d) *RF load conditions of the disturbance source*: the test set-up will present certain RF load impedances to the disturbance source(s) in the EUT. These impedances are standardized in type tests or might depend on the conditions at the place of installation in the case of in situ tests (see 7.3 and 7.4);
- e) *the test configuration of EUT*: a standardized test configuration shall specify the reference ground, the position of the EUT and ancillary measuring equipment with respect to that reference ground, connections to that reference ground and interconnections of the EUT with the associated equipment in an unambiguous way (see 7.4 and 7.5).

7.2 Measuring equipment (receivers, etc.)

7.2.1 General

In general, a distinction is drawn between continuous and discontinuous disturbances. Continuous radio-frequency disturbances are predominantly measured in terms of frequency domain parameters. Discontinuous disturbances are also measured in terms of frequency domain parameters but may need additional time domain measurements.

The measuring receivers and other measuring equipment specified in CISPR 16-1-1 shall be used. For time domain measurements oscilloscopes etc. may be used.

7.2.2 Use of detectors for conducted disturbance measurements

CISPR 16-1-1 specifies the characteristics of detectors that are required to perform measurements per product specifications. Several of these product specifications require the use of both quasi-peak and average detectors for conducted disturbance measurements. The time constants of these two detectors are very long and make automated measurements time-consuming.

A peak detector with shorter time constants may be used to make initial measurements and to determine compliance with a limit. But if the measured disturbance levels are above a limit they shall be followed by measurements with the quasi-peak and average detectors.

Annex C provides guidance on how these measurements may be performed efficiently.

7.3 Ancillary measuring equipment

7.3.1 General

Ancillary measuring equipment for conducted disturbance measurement is divided into two categories:

- a) voltage measuring sensors, such as artificial networks (ANs) and voltage probes;

NOTE Some standards use the terms impedance stabilization network (ISN) for ANs for disturbance measurements on telecommunication ports (i.e. AANs or Y-networks).

- b) current measuring sensors, such as current probes.

7.3.2 Artificial networks (ANs)

7.3.2.1 General

The ~~common mode, differential and unsymmetric mode~~ CM, DM and UM impedances of actual networks, such as ~~of~~ power mains and telecommunication networks, are location dependent and, in general, time varying. Therefore, type testing of disturbance requires standardized impedance simulation networks, referred to as artificial networks (ANs). The AN provides standardized RF load impedances to the EUT and simultaneously decouples the laboratory LV AC mains and/or DC power source or other type of peripheral and ancillary equipment, like a signal simulator, from the EUT. For this purpose, the AN is inserted ~~in series with~~ between the terminals of the EUT and the actual network or signal simulator. In this way, the AN simulates extended networks (long lines) with defined impedances.

7.3.2.2 Types of artificial networks

The ANs specified in CISPR 16-1-2 shall be used, unless specific reasons call for another construction. In general three types of AN can be distinguished:

- a) ~~the V-type~~ V-AN (typically used as V-AMN, or LISN): in a defined frequency range, the RF impedances between each of the EUT terminals to be measured and the reference ground have a defined value, whereas no additional separate impedance component is connected directly between these terminals. The construction defines (indirectly) the measurement of the vector sum of both the ~~differential and common mode~~ symmetric (DM) and asymmetric (CM) voltages, i.e. of the composite unsymmetric (UM or terminal) disturbance voltage. In principle, there is no limit for the number of EUT terminals, i.e. for the number of lines to be measured by ~~V-type~~ V-ANs;
- b) ~~the delta-type AN (actually not used in product publications but could be used as delta-AMN for power lines or as delta-network for signal lines)~~ Δ -AN: in a defined frequency range, the RF impedances between a pair of EUT terminals to be measured (and not comprising the grounding terminal) and between the electrical mid-point of these terminals and the reference ground have defined values. This construction defines directly both the ~~differential and the common mode~~ symmetric (DM) and the asymmetric (CM) RF load impedances. Addition of a balance/unbalance transformer makes it possible to measure the symmetric (DM) and asymmetric (CM) disturbance voltages separately. Practical implementations of Δ -ANs are presently (2016) furnished only with connectors for a total of three individual EUT terminals, inclusive of common ground;
- c) ~~the Y-type~~ Y-AN (also called the asymmetric artificial network, AAN, or ISN): in a defined frequency range, the ~~common mode~~ CM RF impedance between the electrical mid-point of a pair of EUT terminals to be measured and ~~a~~ the reference ground has a defined value. In general, no defined differential load impedance is included in a ~~Y-type~~ Y-AN as such. The defined ~~differential mode~~ DM impedance shall then be provided by the external circuit connected to the supply (line) terminals of the ~~Y-type~~ Y-AN. This type of AN is used to measure ~~common mode~~ CM disturbance voltages only.

7.3.3 Voltage probes

For specifications of voltage probes, see CISPR 16-1-2.

Disturbance voltages on terminals which are not to be measured with an AN can be measured with a voltage probe. Examples of such terminals are connecting jacks for antennas, control lines, signal lines and load lines. In general the voltage probe is used to measure the unsymmetric disturbance voltage. The probe presents a high RF impedance between the terminal to be measured and the reference ground.

The capacitive voltage probe (CVP) is used to measure the asymmetric (common mode) voltage of a number of conductors without making direct conductive contact. It is constructed so that it can be clamped around the conductors to be measured. Clamping the CVP around an individual conductor will allow the measurement of the unsymmetric disturbance voltage.

7.3.4 Current probes

Current probes or current transformers allow the measurement of all three types of disturbance current (see 7.1 and CISPR 16-1-2) on mains and other power supply leads, signal lines, load lines, etc. A clip-on construction of the probe will facilitate its use.

The common mode current on leads is measured when the current probe is clipped around those leads, regardless of the number of wires. In this situation, the differential mode currents on the leads will induce signals with equal magnitude but opposite sign, so that these signals cancel to a high degree. The latter effect allows the measurement of a common mode current with a small amplitude in the presence of differential mode (operating) currents with large amplitude.

The current probe cannot be used for the measurement of the converted common mode (CCM) current between an AAN and the EUT. The CCM shall only be measured by the voltage at the output of the AAN (see 7.3.2.2 c)).

For already defined (and standardized) current probes, see CISPR 16-1-2.

NOTE The purpose of the AAN is to simulate the disturbance potential of the network cabling that is attached to the telecommunication port of the EUT. Thus, in response to the differential-mode voltage launched onto the network at the telecommunication port of the EUT, the AAN generates an internal common-mode voltage that represents the converted common-mode (CCM) voltage that would be generated by the attached network cabling. This internally generated common-mode voltage has an associated common-mode current (I_{CCM} in Figure 8). This current undergoes current division within the AAN (into I_{CCM1} and I_{CCM2} in Figure 8). The current division is determined by the common mode impedance of the AAN output (Z_T on Figure 8) and the common mode impedance presented at the AAN's EUT terminal (Z_E in Figure 8). The common-mode impedance of the AAN output is controlled and hence the common-mode voltage at the AAN output (V_{CCM} in Figure 8) is the measure of the disturbance potential of the connected network. The common mode impedance presented at the AAN's EUT port is not controlled: rather, it varies with frequency and depends upon the EUT size and the EUT arrangement. Hence this CCM current (I_{CCM2} in Figure 8) cannot be measured with a current probe because, for IT equipment of typical size, the magnitude of Z_E varies from around 2 k Ω to around 200 Ω , in the frequency range from 150 kHz to 30 MHz.

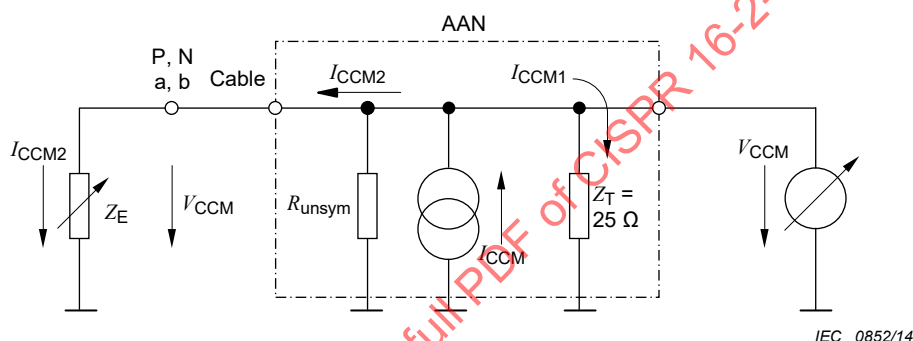


Figure 8 – Illustration of current I_{CCM}

7.4 Equipment under test Configuration of the EUT and method of measurement

7.4.1 Arrangement of the EUT and its connection to the AN

For measurement of the disturbance voltage, the EUT is connected to the laboratory LV AC and/or DC power supply mains and any other extended network via one or more AN(s) (in general, the V-type network is used as an AMN for the power port, see Figure 9), in accordance with the following requirements. In general, the V-AMN is used for the LV AC mains power port (see Figure 9) in accordance with the following requirements. For termination of LV DC power ports under test, 150 Ω Δ -ANs per CISPR 16-1-2 can be used (see Figure 26). CISPR product publications supply additional test details relevant to particular EUTs.

An EUT, whether intended to be grounded or not, and which is to be used on a table is configured as follows:

- either the bottom or the rear of the EUT shall be at a controlled distance of 40 cm from an RGP. This ground plane is normally the wall or floor of a shielded room. It may also be a grounded metal sheet with dimensions of at least 2 m by 2 m. This is physically accomplished as follows:
 - place the EUT on a table of non-conducting material which is at least 80 cm high; place the EUT so that it is 40 cm from the wall of the shielded room, or
 - place the EUT on a table of non-conducting material which is 40 cm high so that the bottom of the EUT is 40 cm above the ground plane;
- all other conductive surfaces of the EUT shall be more than 40 cm away from the RGP;

- the ANs are placed on the floor as shown in Figure 9 in such a way that one side of the AN housing is 40 cm from the vertical RGP and other metallic parts. ~~V-networks (AMNs) and Y-networks~~ V-AMNs and Y-ANs (AANs) are shown in Figures 9 and 10. If Δ -ANs are used, then they shall be placed on the floor in the same or similar way as the V-AMNs (see Figure 26).
- the EUT cable connections shall be as shown in Figure 9;
- the optional test configuration for table-top EUT with only a power cord attached is shown in Figure 11.

NOTE The configuration in Figure 11 may cause an ambiguity due to the fact that with some EUTs, the metallic disturbance source is not in the center of the nonmetallic housing (see CISPR 16-4-1 [5]).

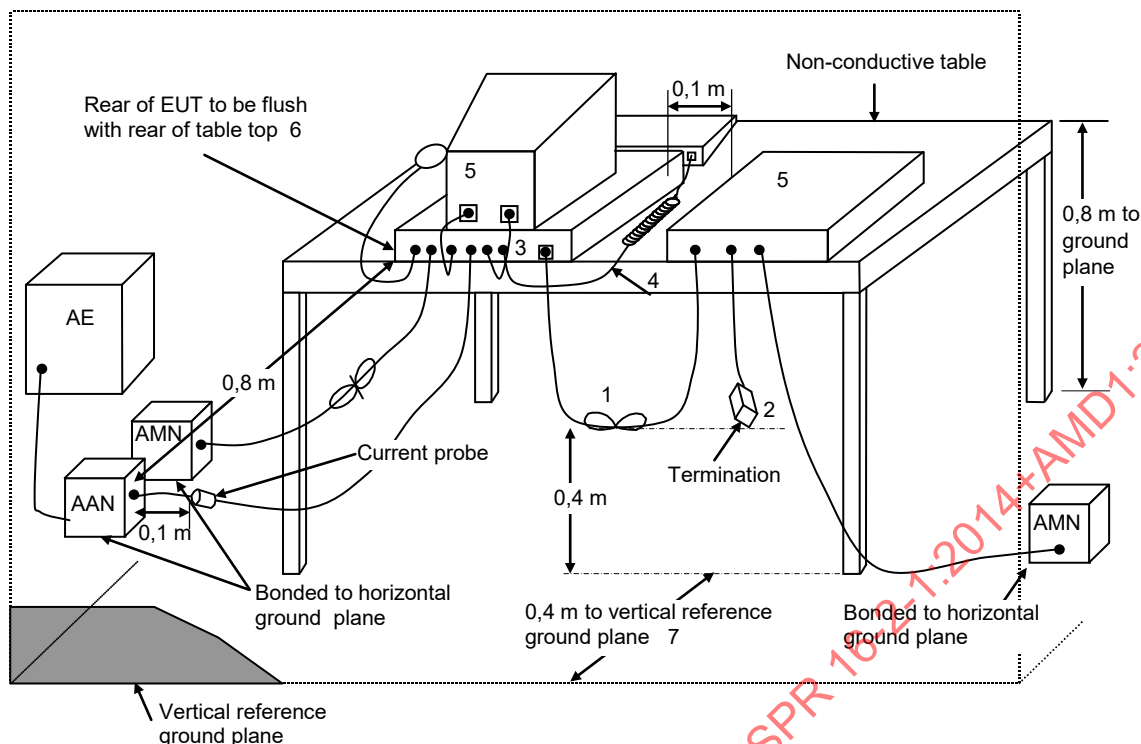
Floor-standing EUTs are subject to the same provisions as above with the exception that they shall be placed on a floor, the points of contact being consistent with normal use. A ground-connected floor of metal shall be used which shall not make metallic contact with the floor support(s) of the EUT, but which shall make contact with intentional ground conductors of the EUT. The metal floor may be used as the RGP and shall extend at least 50 cm beyond the boundaries of the EUT and have minimum dimensions of 2 m by 2 m. For examples of test configurations, see Figures 12 and 13.

The AN is RF bonded to the RGP by a low RF impedance connection (as explained in 5.2). The "low" RF impedance value should preferably be less than 10Ω at 30 MHz. This can, for example, be achieved if the housing of the AN is mounted directly to the RGP or its connection strap has a length-to-width ratio not more than 3:1. Resonances in the AN grounding can be identified by an in situ test of the voltage division factor (see Annex E).

The EUT is arranged as shown in Figures 9 through 13. The reference distance between the boundary of the EUT and the closest surface of the AN is 80 cm. A good approach for table-top EUTs as in Figures 9 and 13 is the AN mounted in the ground plane – the front panel being flush with the ground plane.

The power ~~mains~~ leads to an AN and the connecting cable from the network to the measuring receiver should be arranged in such a way that their locations do not influence the measurement results. EUTs, which are not equipped with fixed connecting leads, are connected to the AN with a 1 m long lead or as specified in the relevant equipment documentation. The 1 m length is preferred as it gives a lower standard compliance uncertainty.

Unless the EUT has specific requirements for ground lead impedance, the following instructions shall apply. If the EUT is to be connected to a reference ground, this shall be done by means of a lead running parallel to the EUT mains lead and of the same length at a distance of not more than 10 cm from it, unless a ground conductor is contained in the mains lead itself. If a fixed lead is attached to the EUT it shall be 1 m long, or if in excess of 1 m, part of the lead is folded back and forth in the shape of a meander between 30 cm and 40 cm in length, and arranged in the form of a non-inductive serpentine in such a way that the total length of the lead does not exceed 1 m (see also Figure 14). However, when the bundled lead may influence the measurement results, a shortening of the length to 1 m is recommended.



IEC 0853/14

Key

- 1 Interconnecting cables that hang closer than 40 cm to the ground plane shall be folded back and forth forming a bundle 40 cm long or less, hanging approximately in the middle between the ground plane and the table. The minimum bend radius of the cable shall not be exceeded. If the bend radius causes the bundle length to exceed 40 cm, the bend radius shall determine the bundle length.
- 2 I/O cables that are connected to a peripheral shall be bundled in the centre. The end of the cable may be terminated if required using correct terminating impedance. The total length shall not exceed 1 m – if possible.
- 3 The EUT is connected to one AMN. Measurement terminals of AMNs and AANs shall be terminated with 50 Ω if not connected to the measuring receiver. AMNs are placed directly on the horizontal ground plane 0,8 m from the EUT and 40 cm from vertical ground plane if the vertical ground plane is the RGP (see also Figure 10 a)). Alternatively (as shown in Figure 10 b)), AMNs are placed on the vertical ground plane 0,8 m from the EUT, if the horizontal ground plane is the RGP, which is 40 cm below the EUT. To reach the 0,8 m distance, the AMNs may have to be moved to the side. All auxiliary equipment is connected to a second AMN if this second AMN is capable of supplying the necessary power. In cases where a single AMN is not capable of supplying the necessary power, several AMNs may be used to supply the auxiliary equipment. AANs are used for unshielded twisted pair cables containing 1, 2, 3 or 4 pairs, and current probes may be used for other cables (unshielded or shielded).
- 4 Cables of hand-operated devices, such as keyboards, mice, etc., shall be placed as close as possible to the host.
- 5 Non-EUT components being tested.
- 6 Rear of EUT, including peripherals, shall all be aligned and flush with rear of table-top.
- 7 Rear of table-top shall be at a distance of 40 cm from a vertical conducting plane that is bonded to the floor ground plane.

Tolerances of cable lengths and distances are as practical as possible.

Figure 9 – Test configuration: table-top ~~equipment~~ EUT for conducted disturbance measurements on LV AC mains power ~~mains~~ ports and on analogue/digital data ports

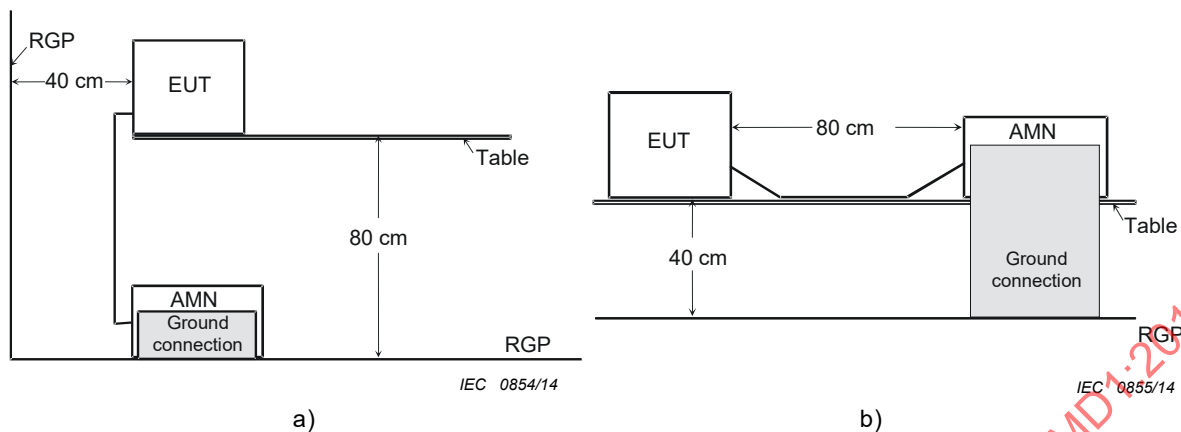
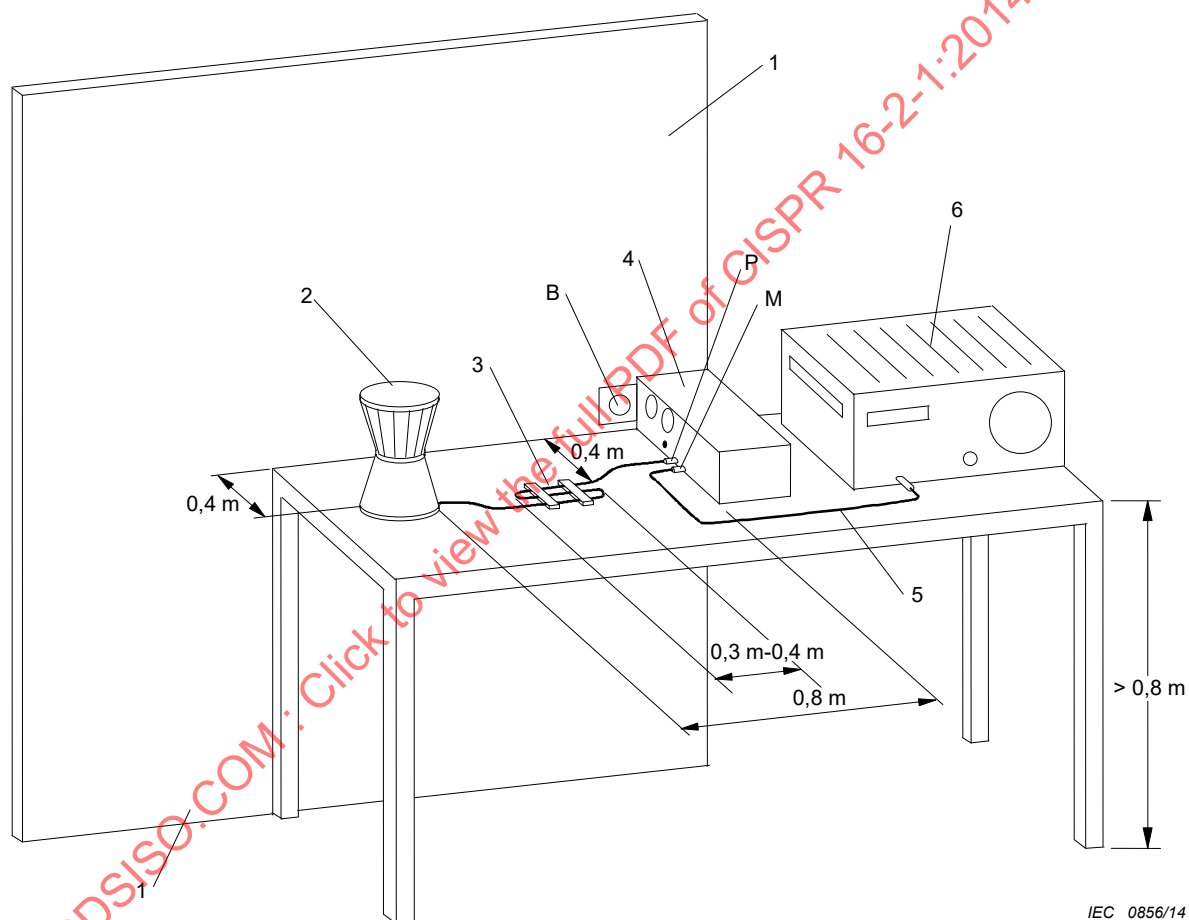


**Figure 10 – Arrangement of EUT and AMN at 40 cm distance, with
a) vertical RGP and b) horizontal RGP**

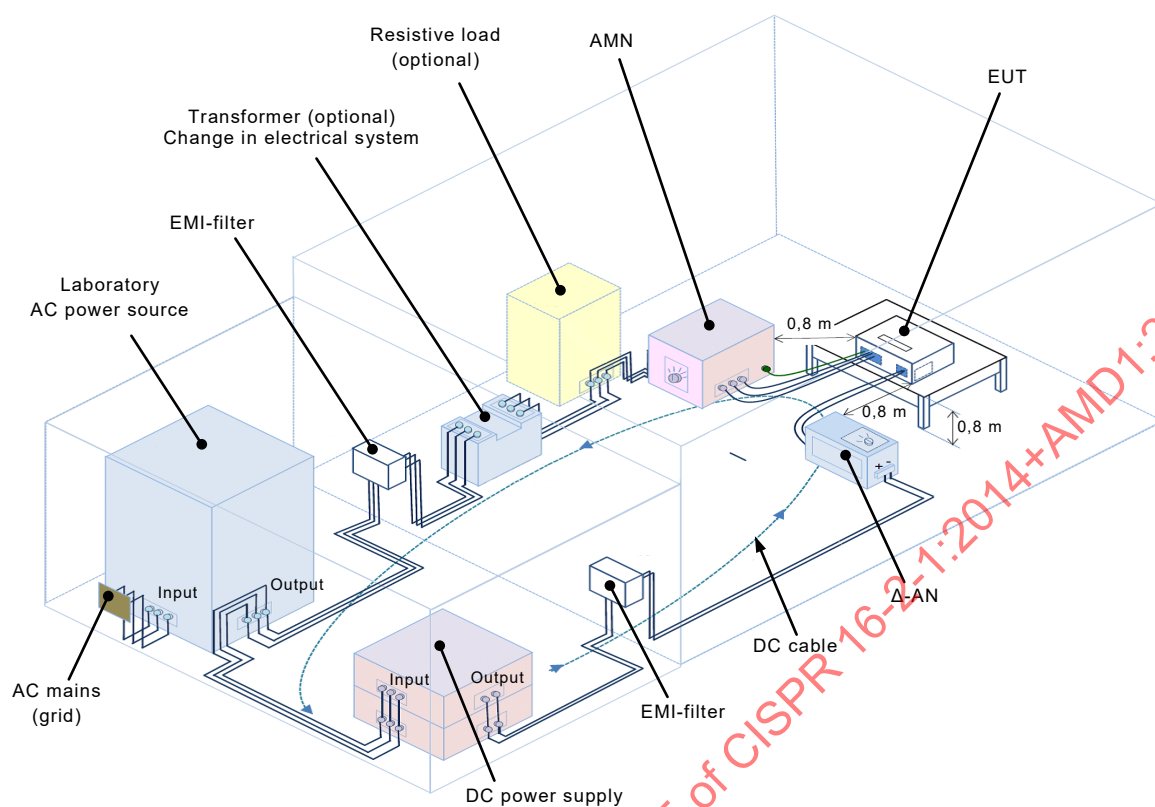


Key

- 1 Metallic wall 2 m by 2 m
- 2 EUT
- 3 Excess power cord (e.g. 0,02 m by 0,3 m forming a meander)
- 4 AMN
- 5 Coaxial cable
- 6 Measuring receiver
- B Reference ground connection
- M Measuring receiver port
- P Power to EUT

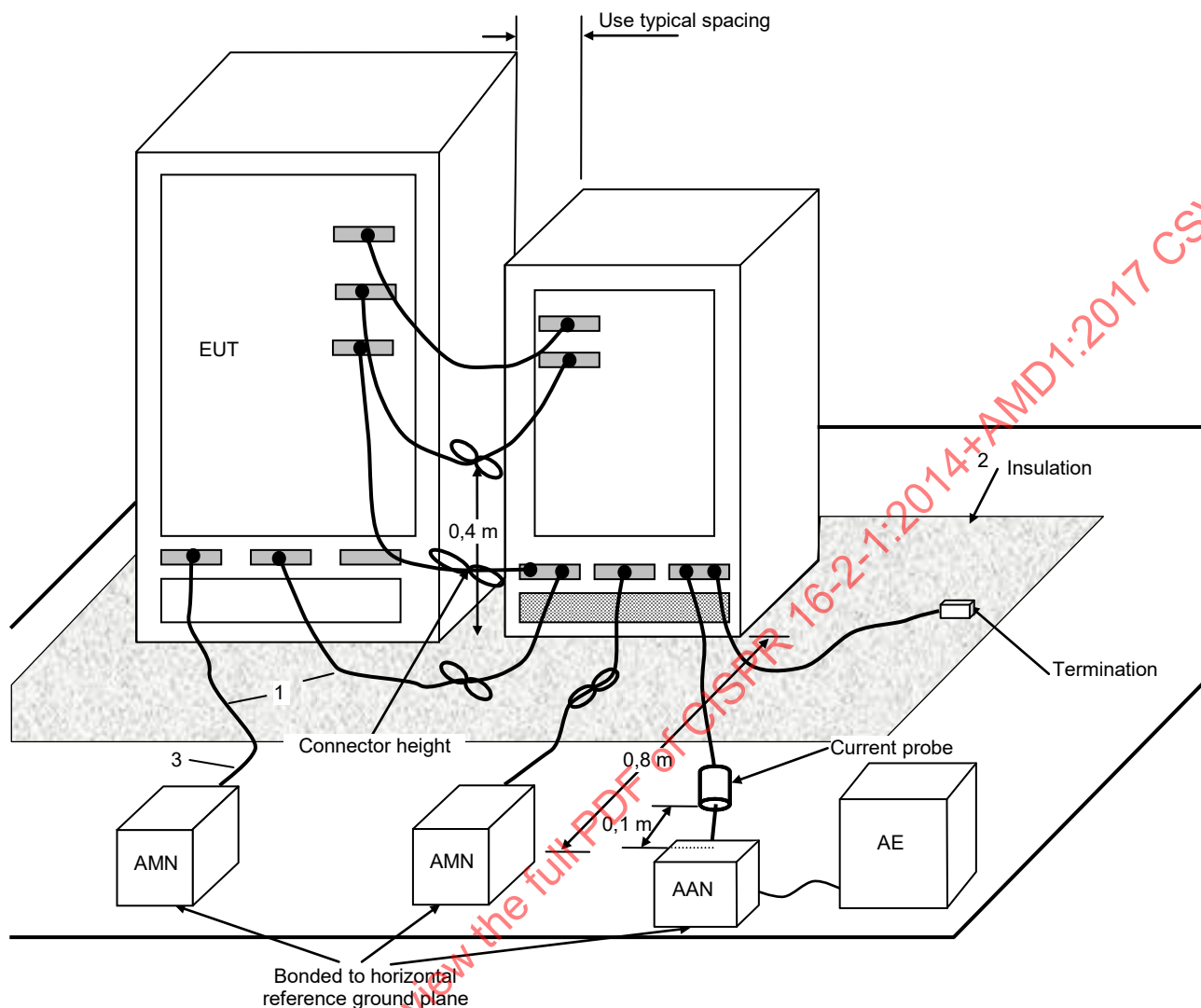
Tolerances of cable lengths and distances are as practical as possible.

**Figure 11 – Optional example test configuration for an EUT
with only a power cord attached**



NOTE The Δ -AN is a 150 Ω Δ -AN as defined in CISPR 16-1-2

Figure 26 – Test configuration: table-top EUT for conducted disturbance measurements on the LV AC mains and LV DC power port of a GCPC

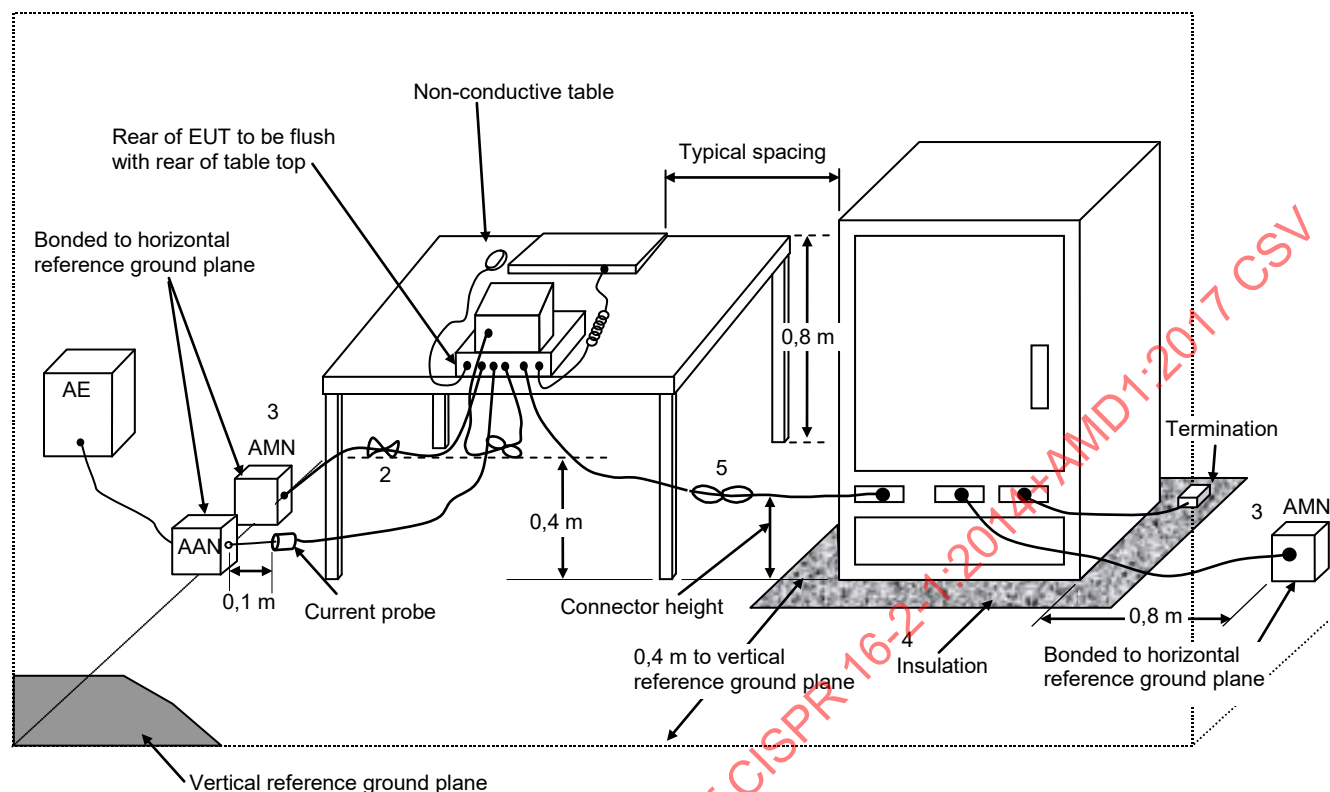


IEC 0857/14

Key

- 1 Excess cables shall be bundled in the centre or shortened to appropriate length.
 - 2 The EUT and cables shall be insulated (up to 15 cm) from the ground plane.
 - 3 The EUT is connected to one AMN. The AMN can be placed on top of or immediately beneath the ground plane. All other equipment is powered from the second AMN. Refer also to comment 3 in Figure 9.
- Tolerances of cable lengths and distances are as practical as possible.

Figure 12 – Test configuration: floor-standing equipment (see 7.4.1 and 7.5.2.3)



IEC 0858/14

Key

- 1 The interconnecting cables which hang closer than 40 cm to the ground plane shall be folded back and forth forming a bundle 30 cm to 40 cm long or less, hanging approximately in the middle between the ground plane and the table.
- 2 Excess power cords shall be bundled in the centre or shortened to appropriate length.
- 3 The EUT is connected to one AMN. The AMN may alternatively be connected to the vertical reference plane. All other equipment is powered from the second AMN. To reach the 0,8 m distance, the AMNs may have to be moved to the side. Refer also to comment 3 in Figure 9.
- 4 The EUT and the cables shall be insulated (up to 15 cm) from the ground plane.
- 5 The I/O cable to the floor standing unit drapes to the ground plane and the excess is bundled. Cables not reaching the ground plane are dropped to the height of the connector or 40 cm, whichever is lower.

Tolerances of cable lengths and distances are as practical as possible.

Figure 13 – Example test configuration: floor-standing and table-top equipment
(see 7.4.1 and 7.5.2.3)

7.4.2 Procedure for the measurement of **unsymmetric** disturbance voltages with **V-networks (AMNs) ANs**

7.4.2.1 General

Generally, the measurement of disturbance voltages using ANs is the preferred CISPR measurement method. **Only** if, e.g. an AMN or other AN causes the EUT not to work, then measurements with current probes or voltage probes should be made.

The disturbance voltage at the LV AC or DC power port or any other port of an EUT can be measured using an AN suitable for the respective port. Disturbance voltages at the LV AC or DC power port can be measured either using a V-AN or a Δ-AN as appropriate and as further detailed in the product standard. By default, either type of AN specified in CISPR 16-1-2 for use with power ports can be specified in product standards.

Using the specific type of AN implies the following:

- where unsymmetric disturbance voltages are measured, compliance with the limits in the respective product standard is verified if the two (or more) unsymmetric disturbance voltage levels measured between each individual power terminal and reference ground meet the specified limits;
- where asymmetric (CM) and symmetric (DM) disturbance voltages are measured, compliance with the limits in the respective product standard is verified if the measured disturbance voltage levels of both modes, i.e. for the level of the asymmetric disturbance voltage as well as for the level of the symmetric disturbance voltage, meet the specified limits.

In any case, the assessment of the RFI potential of a given power port under test in the frequency range up to 30 MHz is only completed if measurement results were obtained and recorded either for the two (or more) composite unsymmetric disturbance components, or for both the asymmetric and the (one or more) symmetric disturbance components as well.

NOTE Proven by practical experience, it can be stated that the limits for LV AC mains power ports specified in CISPR product standards can be applied as reference for the assessment of unsymmetric, asymmetric or symmetric disturbance components, without further adjustment to the actual specific measurement used.

In principle, any type of AN specified in CISPR 16-1-2 can be used for termination of a given LV AC or DC power port under test with a defined RF load impedance. One should bear in mind however that application of a certain type of AN with measurements at a specific type of power port (AC power port or DC power port) may require the use of modified limits in order to get valid and fully comparable test results. This is due to the different RF load impedances provided by the different types of available ANs.

In case of doubt, one should therefore rely on the findings of the respective product committee for use of ANs according to CISPR 16-1-2 in type testing with EUTs of the product family concerned. This basic standard presently does not cover respective conversion factors. As a rule, the limits should be adjusted assuming the same permitted disturbance current level as can be calculated from the CM termination impedance of the type of AN for which the limits in the respective product standard were originally derived.

Disturbance voltages at an EUT having more than one type of power port, such as one having a LV AC power port and another LV DC power port, shall be measured with the respective ports connected to the respective power supply networks (or other appropriate load) via appropriate ANs.

7.4.2.2 ~~Arrangement of equipment~~ Set-up of EUTs with ground connection

For ~~equipment under test~~ an EUT that is required to be grounded during its operation, or the conductive housing of which can come into contact with ground, the unsymmetric ~~radio~~ disturbance voltage of the individual LV AC mains or other kind of power lead is measured with reference to the ~~reference metal wall~~ RGP (general ground of the measuring equipment) to which the housing of the ~~equipment under test~~ EUT is connected via its protective ground conductor and the ground connection of the ~~artificial mains network~~ AMN (see the equivalent circuit in Figure 15). Asymmetric disturbance voltages at all power leads in the respective cable to the power port under test are also measured with reference to reference ground. The symmetric disturbance voltage does not have relation to reference ground as it is the disturbance voltage measured between two individual leads or terminals of the power port under test not comprising the grounding terminal or PE wire.

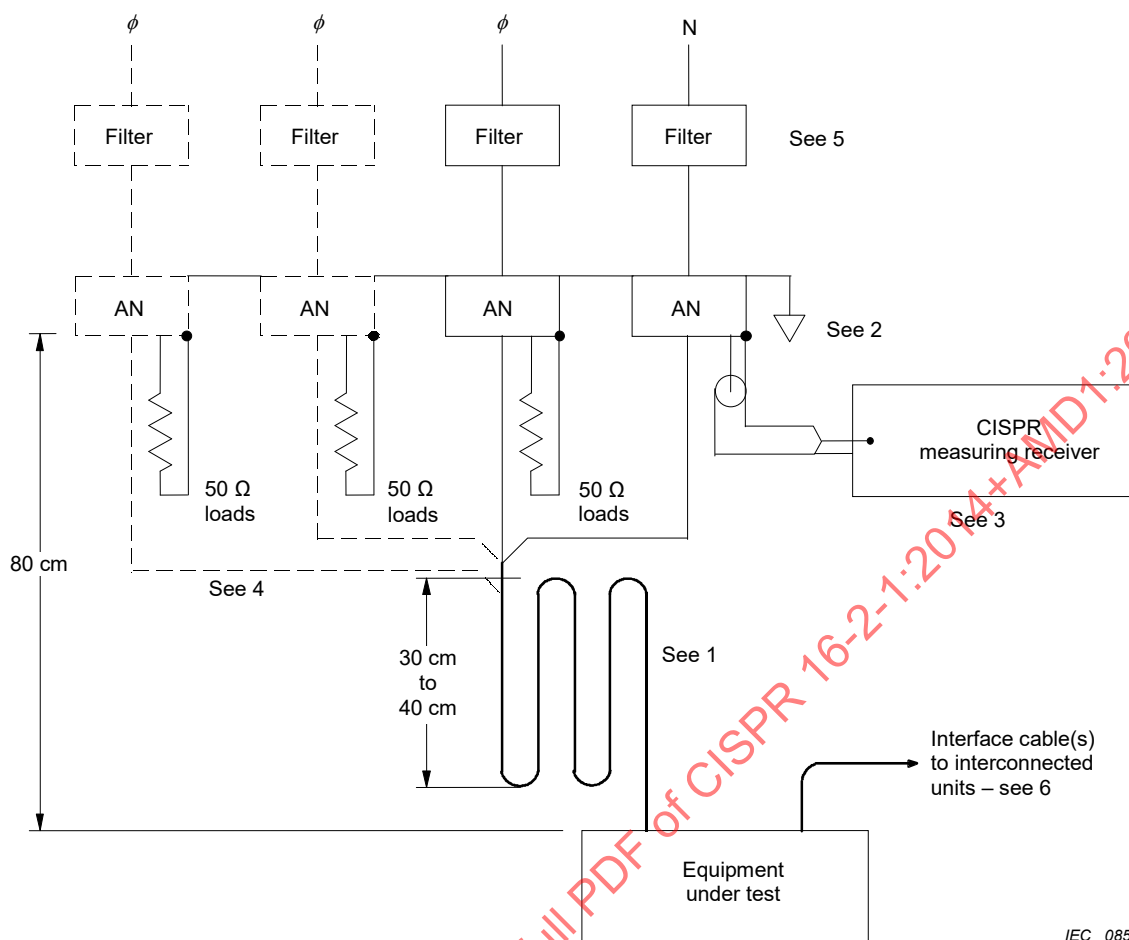
The parameters determining the interference potential of grounded ~~test units~~ EUTs are discussed in Clause A.3.

For EUTs with two or more power and safety conductors or special ground connections, the measurement result depends much on the termination conditions of the mains and other power terminals and the grounding conditions (refer also to 7.5 on measurement in systems).

As the ground safety conductors in the actual mains power supply installation may have a considerable length, and therefore do not guarantee a ground impedance as low and effective as in the standard test set-up with only a 1 m long ground wire connection to the reference ground, and moreover, because safety conductors need not be used on every product per IEC 60364-4 [8], disturbance voltage measurements on pluggable safety-class I appliances shall be carried out according to 7.4.2.3, also without the safety or ground wire being connected (non-grounded measurement). If however for safety reasons it is necessary to maintain the safety function of ground wires, this can be achieved by the use of a PE choke or impedance equal to the network impedance of a V-network in the safety wire path.

Exceptions may be made for non-radiating or well-screened EUTs which have to be grounded according to special requirements or instructions (see A.2.1 and A 4.1).

STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of CISPR 16-2-1:2014+AMD1:2017 CSV



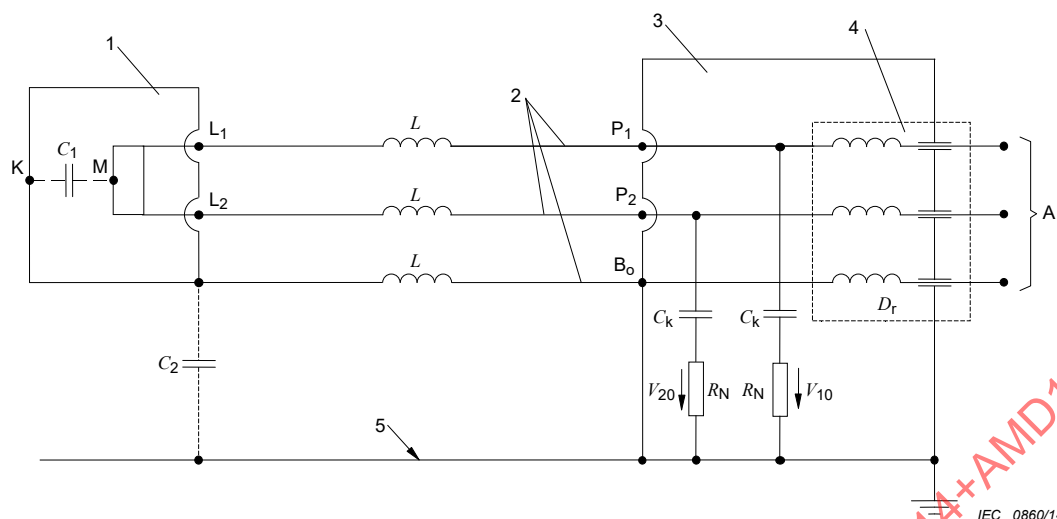
IEC 0859/14

Key

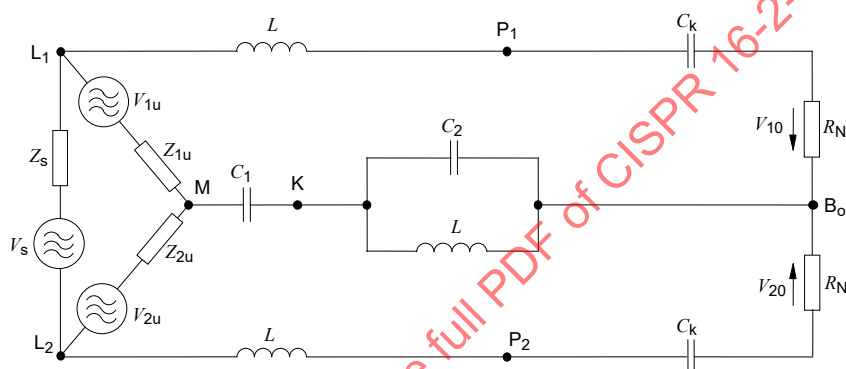
- 1 The length of the EUT power cord in excess of 80 cm shall be folded into a serpentine-like bundle and not coiled.
- 2 Connection of the AN to the ground plane shall provide a low impedance path at high frequencies. It shall be made using a solid flat metal conductor that has a length-to-width ratio of not more than 3:1.
- 3 The CISPR measuring receiver shall be isolated from the AMN using a sheath current absorber on the coaxial cable (example in E.2).
- 4 Dotted lines represent the test set-up for the three-phase power.
- 5 Optional filter hook-up; replace with shorts if not used.
- 6 Interconnected units may be attached to a single AN via a power junction strip or box.
- 7 A table mounted or handheld EUT shall be 40 cm from any grounded conducting surface of at least 2 m square and at least 80 cm from any other conductive objects, including devices that are part of the system or instrumentation.

NOTE A similar arrangement is used for defined termination of LV DC power ports under test.

**Figure 14 – Schematic of disturbance voltage measurement configuration
(see also 7.5.2.3)**



a) Schematic for measurement and power circuit



b) Equivalent voltage source and measurement circuit

Key

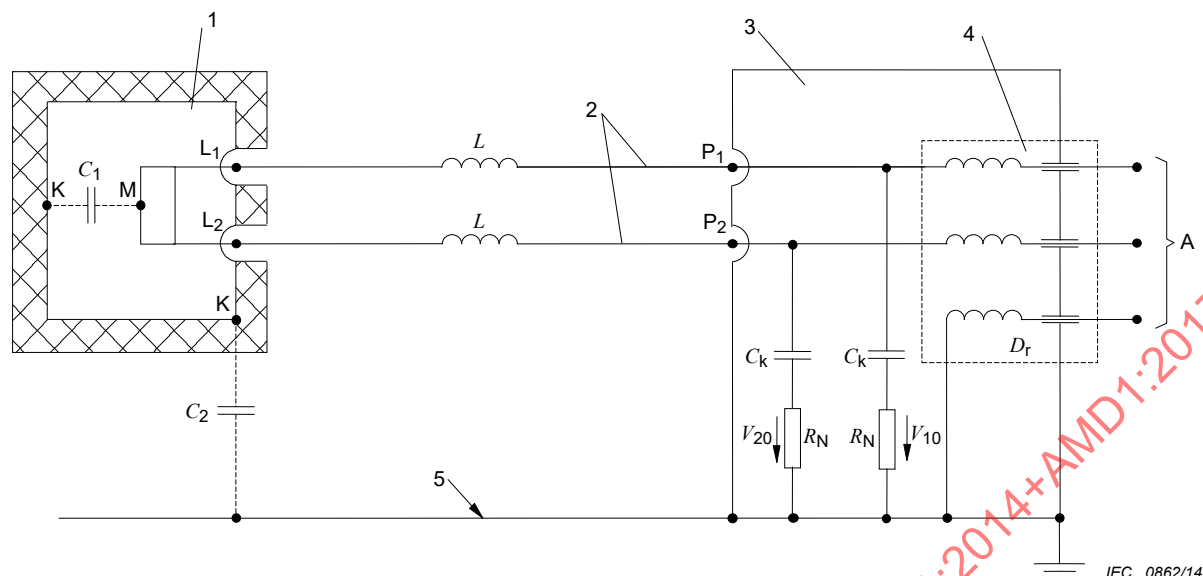
- 1 EUT
- 2 Power cord
- 3 AMN (here, V-AMN)
- 4 Inductor and decoupling capacitor
- 5 Metallic wall
- A Power input
- B₀ Reference ground connection
- L₁, L₂ Power cord connection (100 cm)
- P₁, P₂ EUT plug to mains network
- C₁ Stray capacitance within EUT to metallic parts
- C₂ Stray capacitance of EUT to metallic wall (ground)
- C_k Coupling capacitors within mains network
- D_r Inductor (PE choke) for safety ground wire
- K Conductive structural parts of the EUT
- L Inductance of connecting wires
- M Fictitious mid-point of the internal voltages
- R_N Simulation resistances (50 Ω or 150 Ω)
- Z_s Symmetric internal impedance of EUT
- Z_{1u}, Z_{2u} Internal impedances of the EUT
- V_s Symmetric internal voltage of the EUT
- V_{1u}, V_{2u} Internal voltages of the EUT
- V₁₀, V₂₀ External measurable unsymmetric voltage

Figure 15 – Equivalent circuit for measurement of unsymmetric disturbance voltage for safety-class I (grounded) EUT

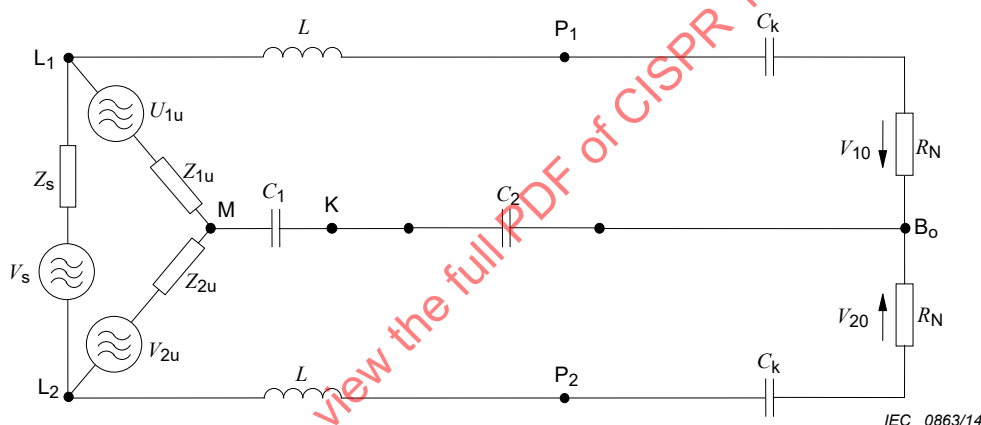
7.4.2.3 ~~Arrangement of equipment~~ Set-up of EUTs without ground connection

Devices without ground connection comprise electrical devices with protective insulation (safety-class II) and devices which can be operated without ground or safety conductor (device of safety-class III) and also pluggable safety-class I devices connected via an isolating transformer. For these devices, the unsymmetric disturbance voltage of the individual conductors shall be measured with respect to the metal reference ground of the measurement arrangement as shown in the equivalent circuit of Figure 16. ~~Devices without ground connection comprise electrical devices with protective insulation (safety-class II) and devices which can be operated without ground or safety conductor (device of safety-class III) and also pluggable safety-class I devices connected via an isolating transformer. For these devices, the unsymmetric disturbance voltage of the individual conductors shall be measured with respect to the metal reference ground of the measurement arrangement as shown in the equivalent circuit of Figure 16. Asymmetric and symmetric disturbance voltages shall be measured with a Δ -AN replacing the V-AN shown at the right-hand side of Figure 16.~~

Because in the long-wave and medium-wave bands (0,15 MHz to 2 MHz) the results of measurement can be considerably influenced by the low series capacitance C_2 between the EUT and the reference ground, and because the capacitance is determined by the specified distance, the arrangement shall be exactly followed and other external influences such as body and hand capacitance, for example, should be avoided.



a) Schematic for power and measurement circuit



b) Equivalent RFI source and measurement circuit

NOTE Refer to Figure 15 for explanation of symbols.

Figure 16 – Equivalent circuit for measurement of unsymmetric disturbance voltage for safety-class II (ungrounded) EUT

7.4.2.4 Arrangement of handheld equipment without a ground connection

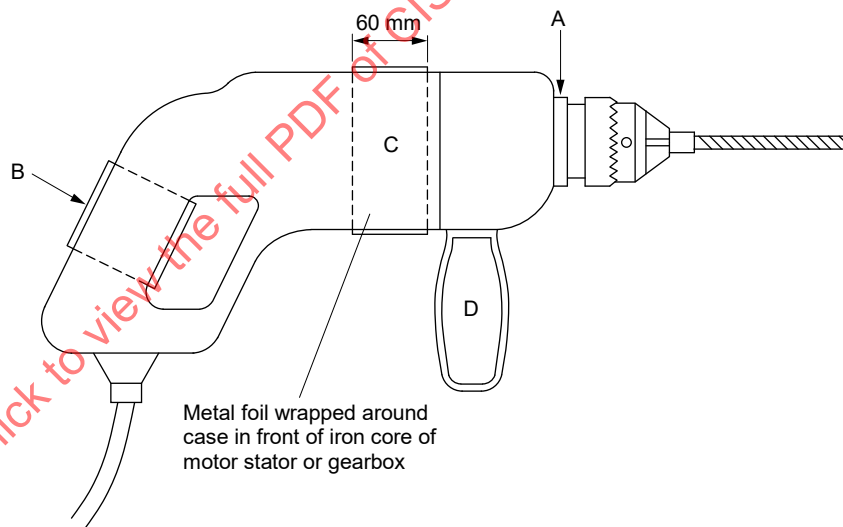
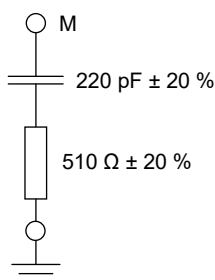
Measurements shall first be made in accordance with 7.4.2.3. Additional measurements shall then be made using the artificial hand (other details are described in CISPR 16-1-2).

The general principle to be followed in the application of the artificial hand is shown in Figure 18. Terminal M of the RC element shall be connected to any exposed non-rotating metal work and to metal foil wrapped around all handles, both fixed and detachable, supplied with the EUT. Metalwork which is covered with paint or lacquer is considered as exposed metalwork and shall be directly connected to the RC element.

The artificial hand shall consist of metal foil wrapped around the case, or part thereof, as specified below. The foil shall be connected to one terminal (terminal M) of an RC element (see Figure 17) consisting of a capacitor of $220 \text{ pF} \pm 20 \%$ in series with a resistor of $510 \Omega \pm 10 \%$; the other terminal of the RC element shall be connected to the reference ground of the measuring system.

The artificial hand is to be applied in the following way:

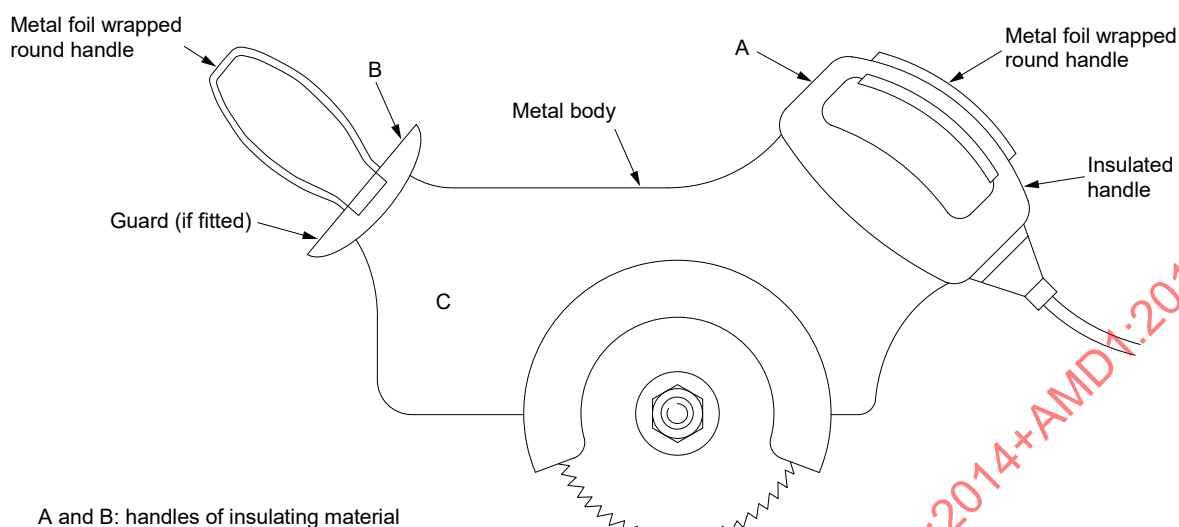
- a) when the case of the EUT is entirely of metal, no metal foil is needed, but the terminal M of the RC element shall be connected directly to the body of the EUT;
- b) when the case of the EUT is of insulating material, metal foil shall be wrapped around the handle B (Figure 18), and also around the second handle D, if present. Metal foil 60 mm wide shall also be wrapped around the body C at that point where the iron core of the motor stator is located or around the gearbox if this gives a higher disturbance level. All these pieces of metal foil, and the ring or bushing A, if present, shall be connected together and to the terminal M of the RC element;
- c) when the case of the EUT is partly metal and partly insulating material, and has insulating handles, metal foil shall be wrapped around the handles B and D (Figure 18). If the case is non-metallic at the location of the motor, a metal foil 60 mm wide shall be wrapped around the body C at that point where the iron core of the motor stator is located, or alternatively around the gearbox, if this is of insulating material and a higher disturbance level is obtained. The metal part of the body, the point A, the metal foil round the handles B and D and the metal foil on the body C shall be connected together and to the terminal M of the RC element;
- d) when the EUT has two handles of insulating material A and B and a case of metal C, for example an electric saw (Figure 19), metal foil shall be wrapped around the handles A and B. The metal foil at A and B and the metal body C shall be connected together and to the terminal M of the RC element.



IEC 0864/14

Figure 17 – RC element for artificial hand

Figure 18 – Portable electric drill with artificial hand



IEC 0865/14

Figure 19 – Portable electric saw with artificial hand

7.4.2.5 Arrangement of keyboards, electrodes and other equipment sensitive to human touch

For keyboards, electrodes and other equipment sensitive to human touch, the artificial hand shall be applied as required by the product standards, and in general according to 7.4.2.4.

7.4.2.6 Arrangement of equipment with external suppression components

If interference suppression devices are attached outside the EUT (e.g. in a plug device for connection to the mains) or as an element inserted in the connecting cable (power cord disturbance suppression device), or if shielded power cords are used, an additional 1 m long unshielded cable shall be connected between the suppression device and the AN for measurement of the disturbance voltage. The line between the AN and the disturbance suppression device shall be placed in the direct proximity of the EUT.

7.4.2.7 Arrangement of equipment having auxiliary equipment (AuxEq) connected at the end of a lead other than the mains lead

Regulating controls incorporating semiconductor devices are excluded from 7.4.2.7; the provisions of 7.4.4.1 shall apply.

When the AuxEq is not essential to the operation of the EUT and has a separate test procedure specified elsewhere, 7.4.2.7 does not apply. The main EUT is tested as an individual EUT.

The ultimate decision whether to measure and apply limits is to be made in the relevant CISPR product publication.

Connecting leads exceeding 1 m in length shall be bundled in accordance with 7.4.1.

Measurements are not required when the connecting lead between the EUT and the AuxEq is permanently fixed on both ends and is either shorter than 2 m or is shielded, provided that in the latter case the shielded lead is connected at both ends to the metal housing of the EUT and to that of the AuxEq. Leads with removable plugs and sockets are considered to be extendable to a length of more than 2 m and measurements are required.

The EUT shall be arranged in accordance with 7.4.2.1 through 7.4.2.6, with the following additional requirements:

- a) the AuxEq shall be placed at the same height as, and at the same distance from, the grounded conducting surface and if the lead is long enough it is to be treated in accordance with 7.4.1. If the auxiliary lead is shorter than 0,8 m, its length shall be maintained, and the AuxEq shall be placed as far away as possible from the main EUT. When the AuxEq is a control unit, the arrangements for its operation shall not affect the level of disturbance;
- b) if an EUT having an AuxEq is grounded, no artificial hand shall be connected. If the EUT itself is made to be held in the hand, the artificial hand shall be connected to the EUT and not to any AuxEq;
- c) if the EUT is not made to be held in the hand, an AuxEq which is not grounded and is made to be held in the hand shall be connected to the artificial hand. If the AuxEq is not made to be held in the hand either, it shall be placed in relation to a grounded conducting surface as described in 7.4.1.

In addition to the measurement on the terminals for the mains connection, measurements are performed on all other terminals for incoming and outgoing leads (e.g. control and load lines) using a voltage probe connected to the input of the measuring receiver.

The AuxEq, control, or load is connected to allow measurements to be made under all provided operating conditions, and during interactions between the EUT and the AuxEq.

Measurements are performed both on the power input terminals of the EUT and the power input terminals of the AuxEq.

7.4.3 Measurement of common mode voltages at differential mode signal terminals

7.4.3.1 General

Generally, the measurement of disturbance voltages using ANs is the preferred CISPR measurement method. If e.g. an AN causes the EUT not to work, then measurements with current probes or capacitive voltage probes should be made.

7.4.3.2 Measurement using the ~~delta-type network~~ Δ -AN

The ~~common mode asymmetric~~ (CM) disturbance voltage at the terminals for ~~differential mode~~ ~~symmetric~~ (DM) signal lines of telecommunication, data processing and other equipment is measured with ~~delta networks~~ Δ -ANs in accordance with CISPR 16-1-2, in the frequency range 150 kHz to 30 MHz. The ~~delta networks~~ Δ -ANs specified in CISPR 16-1-2 could be constructed so as to allow signal and DC current paths needed for the proper functioning of the EUT, as long as the requirements ~~on differential mode and common mode~~ for DM and CM termination impedances of CISPR 16-1-2 are ~~complied with met~~.

When using the ~~delta network~~ Δ -AN for measurements on signal terminals, the differential mode rejection (DMR) or longitudinal conversion loss (LCL) of the Δ -AN shall be as high as needed so as not to give erroneous results when measuring ~~a common mode an asymmetric~~ disturbance voltage at the same frequency as the operational ~~differential mode~~ DM signal.

When the EUT is to be measured on its power supply terminals using a ~~V-AMN~~ V-AMN, all voltage measurements shall be carried out with both networks connected simultaneously. The provisions prescribed in 7.4.1 and 7.4.2 shall be observed.

NOTE The measurement frequency range of the ~~delta network~~ Δ -AN can be extended to 9 kHz using the same network impedance if decoupling of the connected signal line and coupling to the measuring receiver are designed accordingly.

7.4.3.3 Measurements using the Y-type network

Alternatively an asymmetric (common mode) artificial network (AAN), i.e. a Y-type network according to CISPR 16-1-2, can be used for the measurement of common mode disturbance voltages in the frequency range 9 kHz to 30 MHz.

NOTE Y-type networks are frequently (e.g. in CISPR 22) called impedance stabilization networks (ISNs).

In contrast to the delta-network, which provides a differential mode and a common mode termination with equal simulation impedances of 150 Ω , the Y-network provides only a common mode termination of 150 Ω , and with the communication line terminated with its characteristic impedance and a differential to common mode rejection characteristic of the telecommunication network to which the EUT is intended to be connected.

At the supply side of the Y-type network, a signal simulator, load circuits for d.c. or the operational signal frequency of the EUT, or other circuits needed for the operation of the EUT can be connected. These circuits shall either themselves provide a differential mode RF resistance of 100 Ω to 150 Ω , as required for the particular EUT, or with a termination to provide this resistance. When no external circuit is specified for the operation of the EUT, a resistor of 150 Ω shall be connected as differential mode RF termination to the Y-type network. If no suitable Y-network is available, the telecommunication port is terminated with AuxEq.

When an EUT with telecommunication port is to be measured on its power supply terminals using an AMN, the disturbance voltage measurements shall be carried out with AMN connected to the power port and Y-network connected to the telecommunication port simultaneously, or with the associated equipment directly connected to the EUT. Figure 9 shows the measurement arrangement with AMNs and Y-networks (ISNs). The provisions prescribed in 7.4.1 and 7.4.2 shall be observed.

7.4.4 Measurements using voltage probes

7.4.4.1 General

For measurements of conducted disturbance voltages, voltage probes can be used if the usual AN cannot be used for various reasons including, but not limited to, constraints in the rated throughput current.

In case of measurement of unsymmetric disturbance voltages, the probe is to be connected in succession between each individual line (or terminal) of the respective port under test and the chosen reference ground. Each individual unsymmetric disturbance voltage shall be measured.

Compliance with the limits of a given product standard can be shown in verifying that the limits of the disturbance voltage at the power ports specified in that product standard are met. In case of measurement of unsymmetric disturbance voltages, compliance with the limits needs to be demonstrated for each of the measured disturbance voltages.

With a Δ -AN used as voltage probe and with a capacitive voltage probe (CVP, see also 7.4.5), one can also measure asymmetric disturbance voltages at a pair or more of individual power or signal leads accommodated in the respective cable. In this case, compliance with the limits of a given product standard can be shown in verifying that the measured asymmetric disturbance voltage level meets the specified limits.

7.4.4.2 Voltage probe measurements with an AMN

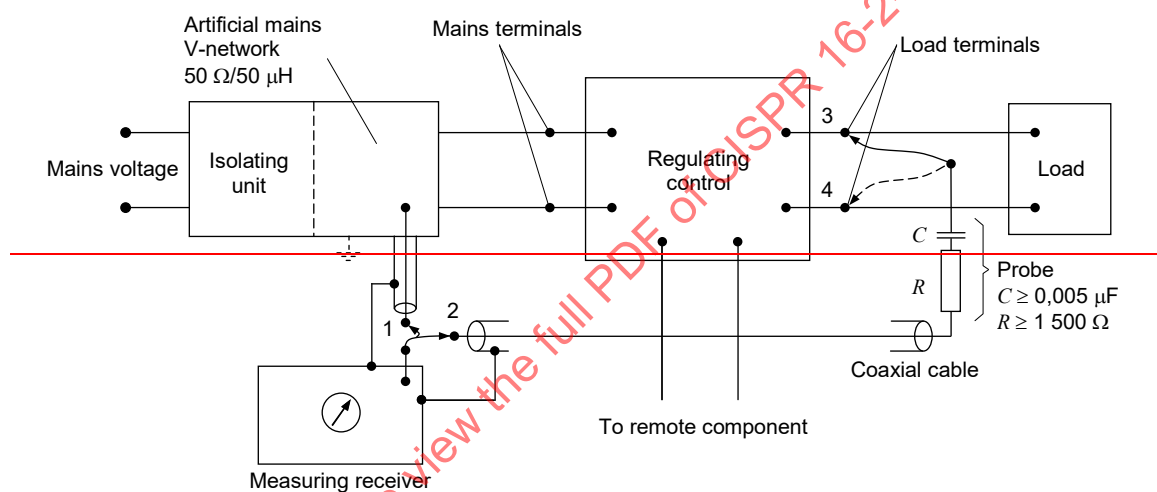
To test devices and systems with several connected or connectable lines, the disturbance voltage at the line connections that cannot be measured with an appropriate AN, such as a V-AMN (e.g. for connecting lines between parts of components which are separated from the mains), as well as at the connecting jacks for antennas, control and load lines, shall be

measured with a voltage probe (see 7.3.3) with a high input impedance ($1\,500\ \Omega$ or more) to ensure that the lines are not loaded by the probe.

For these cases, however, the primary LV AC mains power input wires shall be isolated and RF terminated with the AMN. For the remaining lines, also those not to be measured with the probe, the corresponding conditions of 7.4.1 and the operating conditions laid down for the individual devices EUTs in the respective product standards (e.g. CISPR 11 [1] and CISPR 14-1) shall be observed in regarding to arrangement and length. The voltage probe is connected to the measuring receiver via a coaxial cable, the screen of which is connected to the reference ground and the case of the voltage probe. No connection shall be made directly from this case to live parts of the EUT.

If the measuring receiver is connected to the voltage probe, the AMN shall be terminated with $50\ \Omega$.

Figures 20 and 21 (from CISPR 14-1) show an example for a test set-up for measuring the disturbance voltage of a semi-conductor regulating control.



IEC 0866/14

Switch positions:

- 1 — For mains measurements
- 2 — For load measurements
- 3 and 4 — Successive connections during load measurements

NOTE 1 — The ground of the measuring receiver is connected to the AMN.

NOTE 2 — The length of the coaxial cable from the probe does not exceed 2 m.

NOTE 3 — When the switch is in position 2, the output of the AMN at terminal 1 is terminated by an impedance equivalent to that of the CISPR measuring receiver.

NOTE 4 — Where a two-terminal regulating control is inserted in one lead only of the supply, measurements are made by connecting the second supply lead as indicated in Figure 21.

Figure 20 — Measuring example for voltage probes

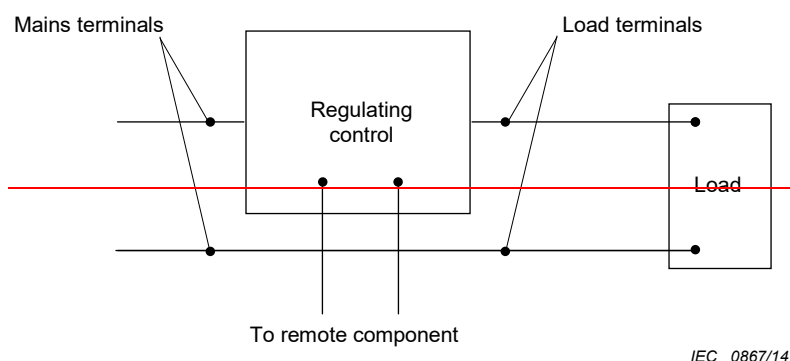


Figure 21 – Measurement arrangement for two-terminal regulating controls

7.4.4.2 7.4.4.3 Voltage probe measurements without an AMN

During testing of EUTs that ~~are not to~~ cannot be measured with AMNs or other appropriate ANs, the disturbance voltage is measured across a defined simulation resistance (e.g. artificial fence simulation in CISPR 14-1 or under open-circuit conditions with an exactly defined arrangement and line layout taking into consideration the specifications of 7.4.1). The disturbance voltage is measured with a high-impedance voltage probe.

~~This is valid also for e.g. power electronic devices which are fed from their own separate power supplies or battery-powered devices to which separately installed lines are connected which are not to be loaded.~~

~~In the case of disturbance voltage measurements on separate individual power sources for currents of more than 25 A (e.g. battery, generator, converter), an impedance measurement shall be applied to ascertain that the tolerance of the simulated resistance, in accordance with CISPR 16-1-2 is not exceeded.~~

~~The flexible ground connection for probes with an input impedance R_x of more than 1 500 Ω should not be longer than 1/10 of the wave-length at the maximum measurement frequency and shall be connected in the shortest possible way to the metal surface serving as reference ground. In order to avoid additional capacitive loading of the test point by the screening of the probe, the tip of the probe should not exceed a length of approximately 3 cm. The screened connections to the measuring receiver shall be arranged in such a way that the capacitance of the test object is not altered with respect to the reference ground.~~

7.4.4.3 7.4.4.4 AMN or other appropriate AN used as a voltage probe

Where the current rating of an EUT exceeds the rating of available AMNs or other appropriate ANs, the AMN or AN can be used as a voltage probe. The EUT port of the AMN or AN used during the measurements is connected to each of the ~~supply~~ power lines of the EUT (i.e. to the AC single phase or three-phase leads, or to the DC plus and minus leads); see also Figure 27.

Prior to connecting an AMN to the laboratory LV AC or DC mains supply or power source, it shall be safely connected to the local ~~physical earth~~ (PE).

WARNING: Before disconnecting the PE, the AMN ~~should~~ shall be disconnected from the mains supply. The mains port of the AMN is left open. When the AMN is connected as a voltage probe, the pins on the AMN power input connector/plug will be energized by the supply voltage. The pins on the plug shall be made safe with an insulated protective cover or other means.

In the frequency range of 150 kHz to 30 MHz, the respective LV AC and/or DC power supply lines of the EUT shall be connected to the laboratory LV AC mains and/or DC power supply

via an inductance of 30 μH to 50 μH (see Figure 27 and Figure A.8, configuration 2). The inductance may be realized by using a choke, a line of 50 m length, or a transformer. Other means for decoupling of conducted common mode disturbances caused by the laboratory LV AC and/or DC power supply from the measurement arrangement such as ferrite cores, CMADs and CDNs, may also be used. However, the insertion loss of those components in the frequency range below 30 MHz has not yet been investigated in CISPR/A. In the frequency range of 9 kHz to 150 kHz, a greater inductance will normally be required for decoupling from the mains. This guarantees also a reduction of noise from the mains network (see Clause A.5).

Because measurements are preferable with AMNs and other types of AN in their standard configuration, the AMN or AN as a voltage probe should only be used for in situ tests and where practical current limitations are exceeded. The AMN as a voltage source shall not be used for testing ~~according to~~ per a product standard unless it is referred to in the product standard as an alternative measuring method.

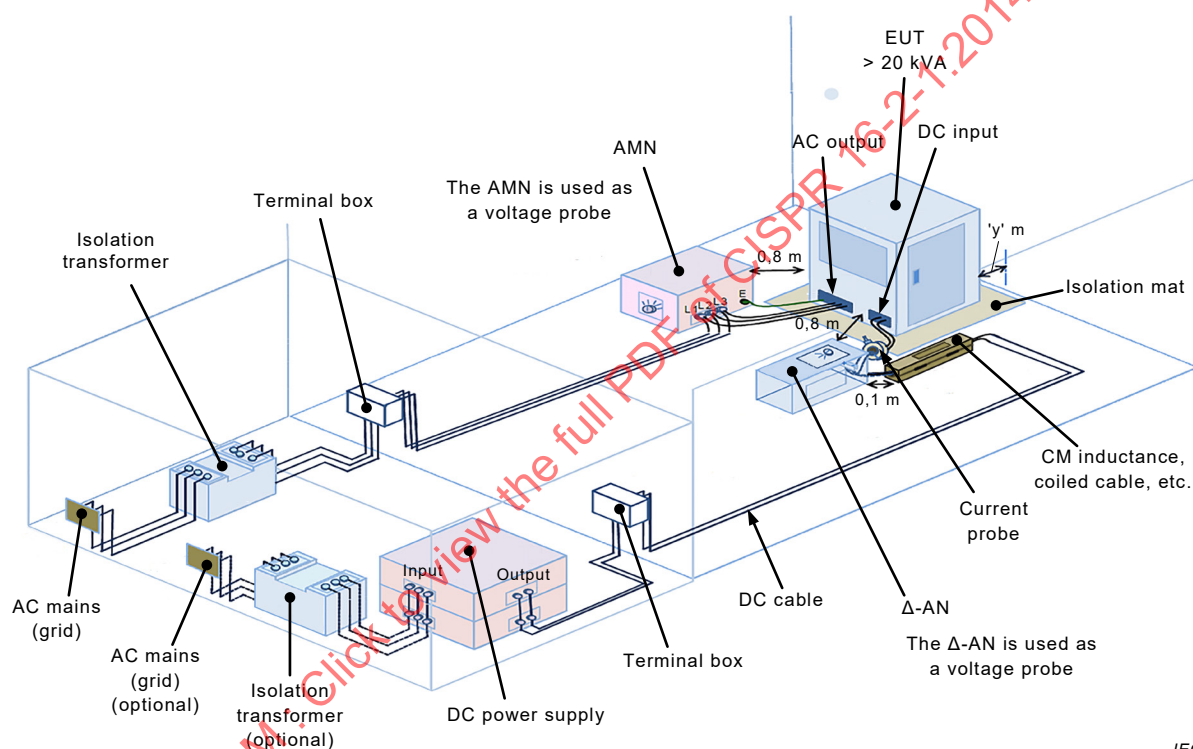


Figure 27 – Typical arrangement for measurement of conducted disturbances at LV AC mains and DC power ports of floor standing equipment with an AMN and a Δ -AN used as voltage probes, and with a current probe

7.4.5 Measurement using a capacitive voltage probe (CVP)

Disturbance voltage measurements on unshielded signal and telecommunication cables with more than four symmetrical pairs can be made using a CVP. The measurement can be combined with a current probe measurement to measure disturbance voltage and current simultaneously. The disadvantage of this method is a lack of isolation between the EUT and the actual network or simulator.

The CVP body shall be bonded to the RGP using a ground connection as short as possible.

7.4.6 Measurements using current probes

Disturbance current measurements may be useful for several reasons. The first is that in some devices it may not be possible to insert an AN. This is particularly true when tests are

performed on installed systems, or where the EUT has very high currents. A second reason for the use of the current probe is that at the lower end of the frequency range the mains impedance becomes very low, so the disturbance source is a current generator. The measurement of this current can be made by means of a current transformer, without interrupting or disconnecting the mains connection.

Current probes shall conform to the requirements of CISPR 16-1-2.

Current probes enable the direct measurement of the common mode components of the disturbance current by enclosing the cable containing all leads. Therefore, common mode disturbance currents can be easily separated from differential mode operating currents.

If measurements are performed with known load and source impedances, the disturbance voltage can be calculated.

If only one conductor is enclosed, the superposition of the differential and common mode disturbance current components is measured. If, in this case, any extremely high (above 200 A) operating current exists, there is a risk of false data because the magnetic core of the current probe may saturate.

7.5 System test configuration for conducted emissions measurements

7.5.1 General approach to system measurements

The general objective of defining a system test configuration for conducted disturbance measurements has the following key points:

- avoiding ~~common mode~~ CM disturbance ground loops;
- defining a configuration that is easily duplicated;
- decoupling ~~of~~ lines not being measured from the line being measured;
- placing of lines to achieve decoupling;
- ~~arrangement of~~ arranging lines to minimize the influence of magnetic fields on disturbance measurements;
- duplicating requirements in 7.1 to 7.4 for the system test to the maximum extent possible.

Whenever possible, the disturbance voltage on a system line shall be measured with an AN. For currents up to ~~50~~ 200 A, AMNs can be used quite easily. The AN shall be installed within 80 cm of the system equipment being measured, where practical. Each wire of a multi-wire LV AC power mains or other power supply circuit shall be routed through an AMN or another suitable AN. Each AN shall be terminated with a 50 Ω resistor at the ~~measurement terminal~~ receiver port.

Further guidelines for connection of electrical equipment to the AMN are found in Annex A. These guidelines apply also for connection of the equipment to other types of AN used for termination of power lines.

The EUT shall be arranged and connected with cables terminated in accordance with the manufacturer's instructions.

For some measurements, relevant product publications may state a specific load to be used together with load voltage probes, instead of an AMN or other type of AN. A voltage probe may also be used for conducted measurements, when the AC mains or other power supply current is above ~~50~~ 200 A and an appropriate AMN or other type of AN is not available. However, in this latter case, test results with an AMN or AN shall be preferred.

For some measurements, the use of current probes may be specified in the relevant product publication.

7.5.2 System configuration

7.5.2.1 General

The system shall be carefully configured, installed, arranged and operated in a manner that is most representative of the system as typically used (i.e. as specified in the instruction manual), or as specified herein. Equipment that typically operates within a system made up of multiple interconnected units should be tested as part of such a typical operational system.

Generally, the system that is tested shall be of the same type that is supplied to the end user. If the marketing information is not available, or it is not practical to assemble extraordinary amounts of equipment to replicate a complete product installation, the test shall be performed using the best judgement of the test engineer, in consultation with the design engineering staff. The results of any such discussion and decision process shall be documented in the test report.

The selection and placement of cables, a.c. line cords, host and peripherals depends on the type of EUT and shall be representative of expected equipment installation. The separation between different units shall be 10 cm, unless this is not possible due to their construction. Then the units should be placed as closely together as possible (greater than 10 cm), and the set-up shall be documented in the test report. Three types of set-ups are distinguished. First, there are systems normally used entirely on one table-top; see e.g. Figure 9. A second type of system consists of equipment normally used in a floor-standing configuration. These include systems mounted over a specially designed raised floor which facilitates intra-system connection under the raised floor. Equipment making up the floor-standing system can be interconnected with cabling lying on the floor, under the floor in a raised floor installation, or overhead according to normal installation. Third, there are systems that are a combination of floor-standing and table-top systems. The remainder of 7.5.2 provides instructions for the testing of each of these systems. In addition, the specific requirements in 7.1 to 7.4 shall be observed.

Equipment in a system, normally being floor-standing, shall be placed on a floor in accordance with 7.4.1. Equipment designed for both table-top and floor operation shall be tested only in the table-top configuration.

7.5.2.2 Operating conditions

The system shall be operated at the rated (nominal) operating voltage and typical load conditions – mechanical or electrical, or both – for which it is designed. Loads may be actual or simulated, as described in the individual equipment requirements. For some systems, it may be necessary to develop a set of explicit requirements specifying the test conditions, operations, etc., to be used in testing a specific system.

If the system includes a visual display unit or monitor, the following operating conditions apply, unless the product standard specifies otherwise:

- a) set the contrast control to maximum;
- b) set the brightness control to maximum, or at raster extinction if raster extinction occurs at less than maximum brightness;
- c) for colour monitors, use white letters on a black background to represent all colours;
- d) select the worst case of positive or negative video, if both are available;
- e) set character size and number of characters per line so that the maximum number of characters per screen is displayed;
- f) for a monitor that has no graphics capabilities, regardless of the video card used, a pattern consisting of random text shall be displayed;
- g) for a monitor with graphics capabilities, even though another video card may be needed to accomplish a graphic display, a pattern consisting of a line of scrolling Hs should be displayed;

h) if a monitor has no text capabilities, use a typical display.

7.5.2.3 Interfacing equipments, simulators and cables

Compliance testing is performed with peripheral and cable placement which is judged realistic and likely to be found in the final installation. Figures 9, 12 and 13 describe standardized test set-ups which will provide a basis for reproducibility among testing laboratories and is consistent with the requirement for a realistic system and cable orientation. Therefore, measurements with an actual interfacing unit shall be preferred. Because a system is required to interact functionally with other units, the actual interfacing units should be used. Simulators may be used to provide representative operating conditions, provided the effects of the simulator used in lieu of an actual interfacing unit properly represent the electrical, and in some cases the mechanical, characteristics of the interfacing units, especially concerning RF signals, impedances, and shield terminations. Because of the added degree of uncertainty when a simulator is used, such use should be avoided if possible. Accordingly, measurements made with an actual interfacing unit shall be preferred. If a device is designed for use with only a specific host computer or peripheral, it should be tested with that computer or peripheral.

Interfacing cables should be typical of normal use as supplied with the normal system, and at least 2 m long, unless the manufacturer's user manual specifies shorter cables. The same type of cable (that is, non-shielded, braided shield, foil shield, etc.) specified in the user manual should be used throughout the tests. Excessive lengths of cable shall be folded into a serpentine-like bundle at the approximate centre of the cable, with the bundles 40 cm or less in length so that the effective length between EUT and AE does not exceed 1 m, if possible.

If shielded or special cables are used during the tests to achieve compliance, then a statement shall be included in the test report and in the instruction manual advising of the need to use those types of cables.

If magnetic fields are generated by components of the system (e.g. by VDUs), loops between ground connections and measurement lines may pick up these fields, and measurement results may be erroneous due to voltages coupled into these loops. To avoid magnetic field pickup, connecting lines (ground and measurement lines) should be as short as possible and twisted.

Interface ports (connectors) shall have a cable connected to one of each type of functional interface port of the system, and each cable shall be terminated in a device typical of actual usage. Where there are multiple interface ports all of the same type, additional connecting cables shall be added to the system to determine the effect these cables have on emissions from the system. Measurements on power ports using V-networks shall be made with telecommunication ports simultaneously terminated with Y-networks (see 7.4.3.3).

Normally, the loading of similar ports is limited to the following:

- a) availability of multiple loads (for large systems);
- b) reasonableness of multiple loads representing a typical installation.

The rationale for the selection of the configuration and loading of ports shall be included in the test report; that is, 25 % of possible cables were connected and the emissions did not increase by more than 2 dB when one or more cables were added. Additional ports on support units, interfacing units, or simulators, other than those associated with the system or the minimum required system, need not be connected or used during testing.

7.5.2.4 Mains Connection to the LV AC mains power supply

If the system is an assembly of equipment each having its own power cords, the point of connection for the AMNs is determined from the following rules:

- a) each power cord which terminates in a mains supply plug of a standard design (e.g. IEC/TR 60083 [7]) shall be tested separately;
- b) power cords or terminals which are not specified by the manufacturer to be connected via a host unit shall be tested separately;
- c) power cords or field wiring terminals that are specified by the manufacturer to be connected to a host unit or other power-supplying equipment, shall be connected to that host unit or other power-supplying equipment, and the terminals or cords of that host unit or other power-supplying equipment are connected to the AMNs and tested;
- d) where a special mains connection is specified, the necessary connection hardware to the AMN shall be supplied by the manufacturer for the purpose of the test.

The ground safety conductor of units separately powered shall be isolated from the equipment under test by a 50 μ H AN in the frequency range 0,15 MHz to 30 MHz. The normal AMN mains input is connected to the reference ground in this use of the AMN as a filter.

7.5.2.5 Additional connection to a LV DC power supply

If the system under test is also to be provided with LV DC power during the measurements, then connection to the laboratory LV DC power supply shall be made such as not to corrupt the connecting conditions provided by adherence to the advice in 7.5.2.4. In particular, CM current loops about the RGP used during the measurements shall be avoided.

For measurements on grid connected transformerless power electronic devices, only DC power sources with protective insulation (safety-class II) should be used. If such a laboratory DC power supply (as e.g. a set of batteries) is not available, then the necessary LV AC mains power per 7.5.2.4 may be provided via an extra isolation transformer; see also Figure 27.

7.5.3 Measurements of interconnecting lines

In addition to the measurement on the terminals for the mains connection, measurements may need to be performed with a voltage probe on other terminals for incoming and outgoing leads (for example control and load lines). If the function of the equipment under test is affected by the 1 500 Ω impedance of the probe, the impedance at 50 Hz/60 Hz and at radio frequencies may need to be increased (for example 15 k Ω in series with 500 pF). In place of a voltage measurement, a current measurement with a current probe may also be used, if required (or offered as an option) in the product specification.

During the measurement, the ANs on the mains and/or other power supply leads remain in place, to provide a defined ~~mains~~ isolation to the AC mains and other power sources and a defined RF termination. The auxiliary apparatus (control, actual or artificial load, etc.) is connected to allow measurements to be made under all provided operating conditions and during interactions between components of the equipment. Measurements are made on the specified terminals of each piece of equipment.

If the connecting lines between components of the equipment are permanently fixed on both ends, and are either shorter than 2 m or are shielded, no measurements are necessary, provided that in the latter case the shielded cable is connected at both ends to the reference ground, that is the metal housing of the equipment. Non-shielded connecting lines with plug(s) or socket(s) are considered to be extendable to a length of more than 2 m, and therefore shall be extended by at least 2 m and shall be tested. Shielded cables shall be at least 2 m long, unless the user manual specifies shorter cables.

7.5.4 Decoupling of system components

One of the sources of inaccurate conducted measurements in a system is any ground-circulating current. This ground current may be interrupted by installing a 50 μ H AN (PE choke) in the frequency range 0,15 MHz to 30 MHz in the ground safety conductor to the EUT.

An additional source of circulating currents can be the shields of interconnecting cables between units. Therefore, the ground safety conductor to these units shall also be isolated by a 50 μ H AN.

The measurement receiver should be referenced to ground only at the measurement point, to prevent ground loops. (Caution: shock hazard may exist if the measuring receiver is not supplied with an isolation transformer.)

7.6 In situ measurements

7.6.1 General

Where allowed by the relevant product standard, in situ measurements may be made for the evaluation of compliance, if technical reasons prohibit disturbance measurement on a standard test site. Such technical reasons may include excessive size and/or weight of the EUT, or situations where the interconnection to the infrastructure for the EUT is too expensive for the measurement on standard test sites. In situ measurement results of an EUT type will likely deviate from site to site, or from results obtained on a standard test site, and should therefore not be used for type testing. The applicable product standard takes precedence.

The disturbance voltage shall be measured under the existing conduction conditions with non-reactive pick-up devices (high resistance voltage probes). The conduction conditions and measurement results are affected by:

- the existing reference ground used during measurement. Neither a conducting ground plane nor an AN shall be installed for user's installation testing, unless one or both are to be a permanent part of the installation;
- the RF characteristics and loading conditions for the power mains conduction;
- the ambient RF environment;
- the input impedance of the pick-up device; and
- the magnetic fields caused by the EUT or in the vicinity.

7.6.2 Reference ground

The existing ground at the place of installation should be used as reference ground. This should be selected by taking high-frequency (RF) criteria into consideration. Generally, this is accomplished by connecting the EUT via wide straps, with a length-to-width ratio not exceeding a factor of three, to structural conductive parts of buildings that are connected to earth. These include metallic water pipes, central heating pipes, lightning wires to earth, concrete reinforcing steel, and steel beams.

In general, the safety and neutral conductors of the power installation are not suitable as reference ground because these may carry extraneous disturbance voltages and can have undefined RF impedances.

If no suitable reference ground is available in the surroundings of the test object or at the place of measurement, sufficiently large conductive structures such as metal foils, metal sheets or wire meshes set up in the proximity, can be used as reference ground for measurement.

The general requirements of 7.4.2.2 and of Annex A should be observed.

7.6.3 Measurement with voltage probes

Testing of conducted disturbance voltage is made with the voltage probe. Special precautions shall be taken to establish a reference ground for the measurements.

Any voltage decrease caused by loading of the circuit to be measured can be determined qualitatively by varying the voltage probe input impedance. If the input impedance of the voltage probe is high compared to the internal impedance of the test point or of the tested network, then only slight differences in the measurement of the disturbance voltage occur when the probe input impedance is increased. The input impedance of the probe can be doubled by series connection of a $1\,500\,\Omega$ resistor. If the disturbance voltage is then reduced by an amount between 5 dB and 6 dB, then the $1\,500\,\Omega$ probe can be used to measure the disturbance voltage.

7.6.4 Selection of measuring points

7.6.4.1 General

Radio disturbance voltage measurements at the place of installation are carried out at the boundaries of the user's premises, of industrial areas, or at points to be specified within the influence area of the receiving system.

7.6.4.2 Measurements on mains and other supply leads

In power supply networks it is sufficient to measure the unsymmetric disturbance voltage with the voltage probe at accessible power outlets near the power entrance to the building.

7.6.4.3 Measurements on unshielded and shielded cables

In the case of non-shielded and shielded signal, control and load leads with non-grounded shield leaving the boundaries, the unsymmetric disturbance voltage shall be measured with a high-impedance voltage probe on the individual wires or the shields with respect to the reference ground. Common mode disturbance voltage can be measured with a capacitive voltage probe.

In the case of shielded cables with grounded shield, the common mode disturbance current is measured at a distance greater than one-tenth wavelength from the connecting and grounding points using a current probe.

8 Automated measurement of disturbances

8.1 Precautions for automating measurements

Much of the tedium of making repeated EMI measurements can be removed by automation. Operator errors in reading and recording measurement values are minimized. By using a computer to collect data, however, new forms of error can be introduced that may have been detected by an operator. Automated testing can lead, in some situations, to greater measurement uncertainty in the collected data than manual measurements performed by a skilled operator. Fundamentally, there is no difference in the accuracy with which a disturbance value is measured whether manually or under software control. In both cases the measurement uncertainty is based on the accuracy specifications of the equipment used in the test set-up. Difficulties may arise, however, when the current measurement situation is different from the scenarios the software was configured for.

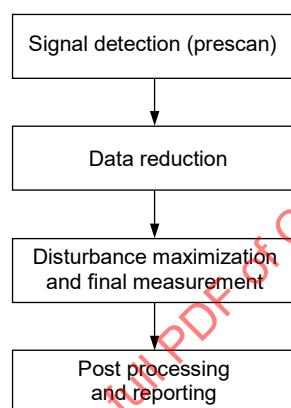
For example, an EUT disturbance adjacent in frequency to a high level ambient signal may not be measured accurately, if the ambient signal is present during the time of the automated test. A knowledgeable tester, however, is more likely to distinguish between the actual disturbance and the ambient signal; therefore the method for measuring the EUT disturbance can be adapted as required. However, valuable test time can be saved by performing ambient scans prior to the actual disturbance measurement with the EUT turned off to record ambient signals present on the OATS. In this case the software may be able to warn the operator of the potential presence of ambient signals at certain frequencies by applying appropriate signal identification algorithms.

Operator interaction is recommended if the EUT disturbance is slowly varying, if the EUT disturbance has a low on-off cycle or when transient ambient signals (e.g. arc welding transients) may occur.

8.2 Generic measurement procedure

Signals need to be intercepted by the EMI receiver before they can be maximized and measured. The use of the quasi-peak detector during the disturbance maximization process for all frequencies in the spectrum of interest leads to excessive test times (see 6.6.2). Time-consuming processes like antenna height scans are not required for each disturbance frequency. They should be limited to frequencies at which the measured peak amplitude of the disturbance is above or near the emission limit. Therefore, only the disturbances at critical frequencies whose amplitudes are close to or exceed the limit will be maximized and measured.

The following generic process will yield a reduction in measurement time (see Figure 22):



IEC 0868/14

Figure 22 – Generic process to help reduce measurement time

8.3 Prescan measurements

This initial step in the overall measurement procedure serves multiple purposes. Prescan places the least number of restrictions and requirements upon the test system because its main purpose is to gather a minimal amount of information upon which the parameters of additional testing or scanning will be based. This measurement mode can be used to test a new product, where the familiarity with its disturbance spectrum is very low. In general, prescan is a data acquisition procedure used to determine where in the frequency range of interest, significant signals are located. Improved frequency accuracy and data reduction through amplitude comparison may be necessary. These factors define the measurement sequence during the execution of prescan. In any case, the results will be stored in a signal list for further processing.

When a prescan measurement is made to quickly obtain information on an EUT's unknown disturbance spectrum, frequency scanning can be performed by applying the considerations of 6.6.

Determination of the required measurement time:

If the disturbance spectrum and especially the maximum pulse repetition interval T_p of the EUT is not known, the measurement time T_m is investigated to assure it is not shorter than T_p . The intermittent character of the EUT's disturbance is especially relevant for critical peaks of the disturbance spectrum. First should be determined at which frequencies the amplitude of the disturbance is not steady. This can be done by comparing the max-hold with a min-hold or

clear/write function of the measuring equipment or software, and observing the disturbance for a period of 15 s. During this period no change of lead should be made. Signals with e.g. more than 2 dB difference between the max-hold result and min-hold result are marked as intermittent signals. (Care should be taken not to mark noise as intermittent signals.) The measurement is repeated, to reduce the risk that certain intermittent peaks are not found because they remain below noise level. From each intermittent signal, the pulse repetition period T_p can be measured, by applying zero span or using an oscilloscope connected to the IF-output of the measurement receiver. The correct measurement time can also be determined by increasing it until the difference between max-hold and clear/write displays is below e.g. 2 dB. During further measurements (maximization and final measurement), it has to be assured for each part of the frequency range that the measuring time T_m is not smaller than the applicable pulse repetition period T_p .

For **conducted disturbance measurements**, the prescan is defined as either performed on a representative lead, for example lead “L” of the power line, or on each lead using peak detection and the fastest scan time possible. If multiple leads are measured, a “maximum hold” function should be used to retain the highest emissions found during the measurement.

8.4 Data reduction

The second step in the overall measurement procedure is used to reduce the number of signals collected during prescan and thus aimed at further reduction of the overall measurement time. These processes can accomplish different tasks, e.g. determination of significant signals in the spectrum, discrimination between ambient or auxiliary equipment signals and EUT emissions, comparison of signals to limit lines, or data reduction based on user-definable rules. Another example of data-reduction methods involving the sequential use of different detectors and amplitude versus limit comparisons is given by the decision tree in Annex C of this standard. Data reduction may be performed fully automated or interactively, involving software tools or manual operator interaction. It need not be a separate section of the automated test, i.e. it may be part of a prescan.

In certain frequency ranges, an acoustic ambient discrimination is very effective. This requires signals to be demodulated to be able to listen to their modulation content. If an output list of prescan contains a large number of signals and acoustic discrimination is needed, it can be a rather lengthy process. However, if the frequency ranges for tuning and listening can be specified, only signals within these ranges will be demodulated. The results of the data reduction process are stored in a separate signal list for further processing.

8.5 Disturbance maximization and final measurement

During the final test the emissions are maximized to determine their highest level. After the maximization of the signals, the disturbance amplitude is measured using quasi-peak detection and/or average detection, allowing for the appropriate measurement time (at least 15 s if the reading shows fluctuations close to the limit).

For **conducted disturbance** measurements: the maximization process is defined by comparison of the disturbance amplitudes on the different leads of the EUT power cord and retention of the maximum levels.

NOTE Using an FFT-based measuring instrument, the final measurement will be performed at several frequencies in parallel.

8.6 Post processing and reporting

The last part of the test procedure addresses documentation requirements. The functionality for defining sorting and comparison routines which then can be automatically or interactively applied to signal lists supports a user in compiling the necessary reports and documentation. The corrected peak, quasi-peak or average signal amplitudes should be available as sorting or selection criteria. The results of these processes are stored in separate output lists or can be combined in a single list and are available for documentation or further processing.

Results shall be available in tabular or graphics format, or a combination of both, for use in a test report. Furthermore, information about the test system itself, e.g. transducers used, measuring instrumentation, and documentation of the EUT set-up as required by the product standard should also be part of the test report.

8.7 Disturbance measurement strategies with FFT-based measuring instruments

Depending on the implementation, FFT-based measuring instruments may perform weighted measurements significantly faster than the tuneable selective voltmeters. A weighted measurement over the frequency range of interest may then be faster than a measurement consisting of a prescan and final scan performed with a superheterodyne receiver (as described in 8.2).

9 Test set-up and measurement procedure using the CDNE in the frequency range 30 MHz to 300 MHz

9.1 General

Clause 9 contains requirements for the test set-ups and the procedure for measurement of the asymmetric disturbance voltage V_{dis} in the frequency range from 30 MHz to 300 MHz using the CDNE described in CISPR 16-1-2.

The CDNE method can be used for disturbance measurements if the radiation via connected cables is dominant.

The method is not applicable to an EUT under the following conditions:

- a) when the largest dimension of the EUT enclosure is larger than a quarter wavelength at the highest frequency of measurement, unless otherwise specified by the product committee;
- b) with a rated supply voltage exceeding 600 V;
- c) with more than two cables.

The interference potential of an EUT having only one mains lead and no other external leads can be assessed by the asymmetric voltage on this lead. This asymmetric voltage is nearly equal to that supplied by the EUT to a suitable CDNE. Direct radiation from the EUT enclosure is not taken into account.

Equipment having one additional external lead other than a mains lead can radiate interfering energy from this shielded or unshielded lead in the same manner as radiation from the mains lead. CDNE measurements can be performed on this lead as well. The precise measuring procedure and its applicability have to be specified for each category of products in the product standard.

In general the level of asymmetric voltage is higher than the level of unintentional symmetric voltage. Therefore a minimum longitudinal conversion loss (LCL) value of 20 dB is adequate to prevent any influences of the symmetric voltage on the measurement results. The CDNE, with a defined minimum LCL of 20 dB, is not appropriate for EUTs with an intentional differential mode on the mains network.

9.2 Test set-up

The test set-up is placed on the RGP, which is connected to the protective earth for safety of personnel and equipment. The distance of the EUT to any other metallic object shall be $\geq 0,8$ m. For a shorter distance, but not less than 0,4 m, an additional uncertainty of 0,2 dB shall be added.

NOTE 1 The conductive floor of a shielded room is an example of an implementation of the RGP.

The EUT is positioned $100\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$ above the RGP and supported by non-conductive material that has relative permittivity ϵ_r less than 1,4 (e.g. polystyrene foam). The edge of the RGP shall be at least 200 mm beyond the perimeter of the EUT.

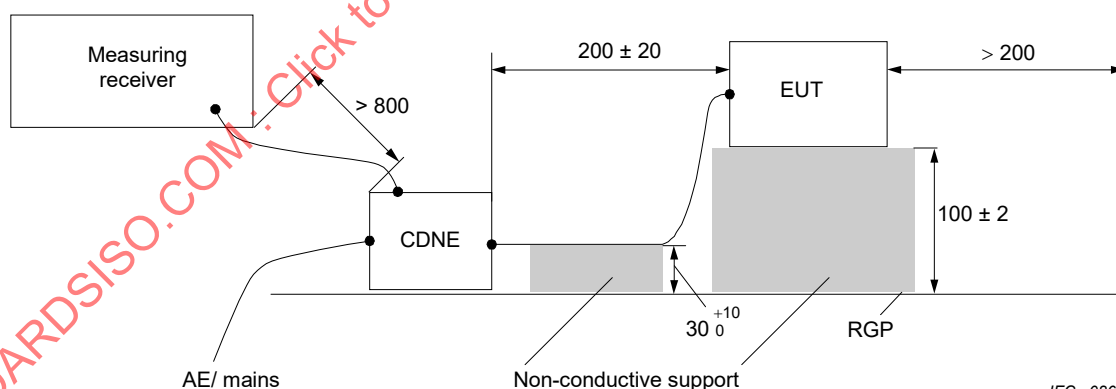
The cable connected to the EUT shall run down vertically from the EUT for a distance of about 30 mm to the RGP, and horizontally to the EUT port of the CDNE (see Figure 23).

The AE/mains port of the CDNE connects to the associated equipment, i.e. the mains for the CDNE-M2 and CDNE-M3, and a control unit for CDNE-S_x. The receiver port of the CDNE connects to the input port of the measuring receiver.

Figure 24 shows a test set-up for an EUT with two connected cables. Actual set-ups will depend on which EUT surfaces the cables are connected to; Figure 24 illustrates an arrangement of an EUT with cable connections on adjacent sides.

When two cables are connected to an EUT on the same surface, the two CDNEs shall be positioned next to this side of the EUT (see Figure 25). The CDNEs are positioned $2\text{ cm} \pm 1\text{ cm}$ from each other. For the cable that is not under test, the receiver port of the CDNE that is not connected to the measuring receiver is terminated with a $50\ \Omega$ load.

NOTE 2 The measurement set-ups shown in Figures 24 and 25 are not applicable on a mains network with dominant differential-mode signals. Differential mode cross-talk components will cause significant measurement errors.

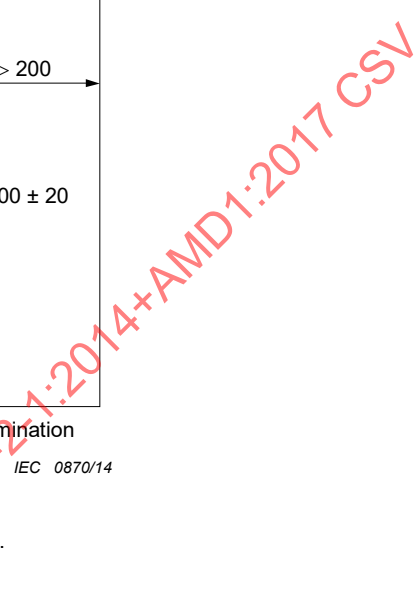


IEC 0869/14

“AE/mains” may include AC mains, DC supply as well as control/communication lines.

NOTE All dimensions are in mm.

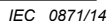
Figure 23 – Test set-up for measurement of an EUT with one cable



NOTE All dimensions are in mm.

Figure 24 – Test set-up for measurement of an EUT with two connected adjacent surfaces of the EUT

The diagram illustrates the test setup for measuring an EUT with two connected adjacent surfaces. The setup is contained within a large rectangular frame. At the top left, a label 'AE/ mains' points to a line entering the frame. Below this, a 'Measuring receiver' is connected to two 'CDNE' (Coaxial Defected Network Element) components. The top CDNE is connected to the 'AE/ mains' line. The bottom CDNE is connected to a '50 Ω termination' block. A 'Non-conductive support' is indicated by a label pointing to the bottom of the setup. The EUT is represented by a white rectangle with a grey border. The distance between the two CDNEs is labeled '200 ± 10'. The distance between the EUT and the CDNEs is labeled '200 ± 20'. The distance between the EUT and the 50 Ω termination is labeled '> 200'. The distance between the EUT and the non-conductive support is labeled '> 200'. The label 'RGP' is located at the top left of the frame. The label 'IEC 0871' is located at the bottom right of the frame.



NOTE All dimensions are in mm.

9.3 Measurement procedure

Clause 6 as well as 6.2 shall be taken into account for measurements using a CDNE. Accordingly, the following provisions are applicable:

- a) The operating conditions of the EUT shall be selected as described by the manufacturer.
- b) The necessary warm-up time for the EUT shall be selected and monitored.
- c) For the verification of the measurement result, the ambient emissions shall be checked to ensure that the ratio of disturbance signal to ambient emission is larger than 20 dB.
- d) The detector, as specified in 7.2.2, and measurement time selected for the measuring receiver, shall be determined from the preliminary and final measurements. For the preliminary measurement, at least the peak detector shall be used. During the final measurement, the asymmetric disturbance voltage V_{dis} shall be measured with a detector as specified in the product standard.
- e) The CDNE voltage division factor F_{CDNE} , in dB, shall be added to the measuring receiver reading V_{meas} , in dB(μV), for measurement of the disturbance voltage V_{dis} , i.e.

$$V_{\text{dis}} = V_{\text{meas}} + F_{\text{CDNE}} \text{ in dB(μV).}$$
- f) For an EUT with two connected cables, each cable is measured separately, then the maximum reading of the two cables shall be taken as the measurement result of V_{dis} .

STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of CISPR 16-2-1:2014+AMD1:2017 CSV

Annex A (informative)

Guidelines for connection of electrical equipment to the artificial mains network

NOTE Annex A supplements the provisions of Clause 5.

A.1 General

Annex A is intended to give general guidance on the techniques which can be used to evaluate the disturbance generated by certain electrical equipment in the frequency range 9 kHz to 30 MHz. It provides information on methods of connection of such equipment to the artificial mains network for the measurement of terminal voltages. A table is provided giving a general presentation of various cases encountered in practice, for such cases, enabling a suitable technique to be selected.

The cases described in Clause A.2 identify propagation of the EUT disturbance either:

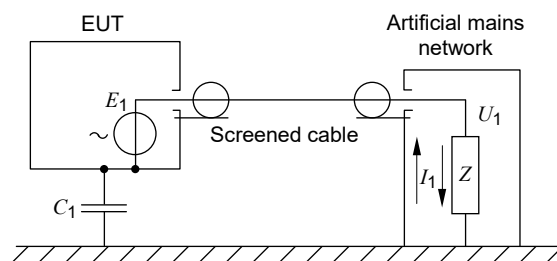
- by **conduction** along the connected mains leads (designated with E_1 and I_1 in the equivalent circuit diagrams), or
- by **radiation** and coupled to the connected mains lead (designated with E_2 and I_2 in the equivalent circuit diagrams).

Whether conducted or radiated disturbance dominates is partly dependent on the arrangement of the EUT with respect to the reference ground (including the type of connection to the reference ground) and on the type of connection from the EUT to the artificial mains network (shielded or non-shielded cable).

A.2 Classification of the possible cases

A.2.1 Well-shielded but poorly filtered EUT (Figures A.1 and A.2)

In this case, the conducted disturbance component represented by the current I_1 dominates. The disturbance current I_1 is fed from the EUT to the artificial mains network Z . Consequently, the voltage U_1 increases when capacitance C_1 between the EUT shield and the reference ground increases (see Figure A.1). The voltage U_1 is maximized ($U_1 = ZI_1 = E_1$) when the impedance of the current return path is minimized by short-circuiting C_1 , either directly or by using shielded cables to supply the EUT (see Figure A.2). (Also, see the discussion in Clause A.3.)



IEC 0872/14

Figure A.1 – Basic schematic of well-shielded but poorly filtered EUT

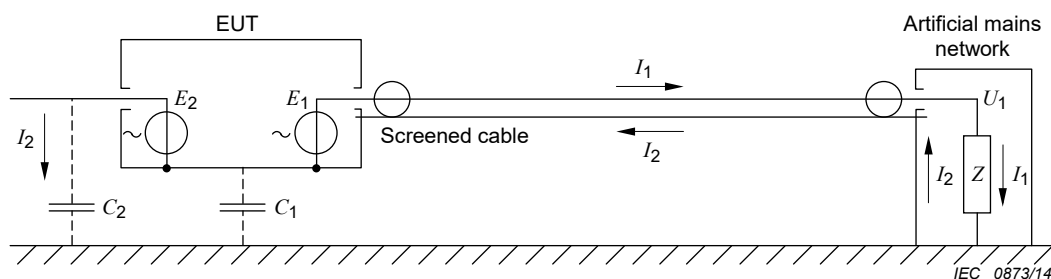


Figure A.2 – Detail of well-shielded but poorly filtered EUT

A.2.2 Well-filtered but incompletely shielded EUT (Figures A.3 and A.4)

In this case, the disturbance current fed to the mains is reduced practically to zero, and the voltage across the artificial mains network may be dominated by undesirable radiation, either from gaps in an incomplete shield or from a protruding conductor acting as an antenna. Such leakage can be represented schematically by an external capacitor C_2 connected between an internal disturbance source of e.m.f., E_2 and the reference ground. This capacitance C_2 passes a current I_2 . Part of the current I_2 , which flows through C_2 to the reference ground, returns via C_1 and a part of I_2 returns via the artificial mains network. If the supply leads are unshielded (see Figure A.3), and the impedance of C_1 is large compared with the artificial mains impedance Z ($ZC_1 \omega \ll 1$), then I'_2 is nearly equal to I_2 and the voltage U_2 is nearly equal to $I_2 Z$ ($U_2 = ZI_2$).

If C_1 is increased, Z is shunted and U_2 will decrease. At the limit, when C_1 is short-circuited by supplying the EUT through shielded cables (see Figure A.4), so that no part of I_2 flows through Z , then U_2 will be zero.

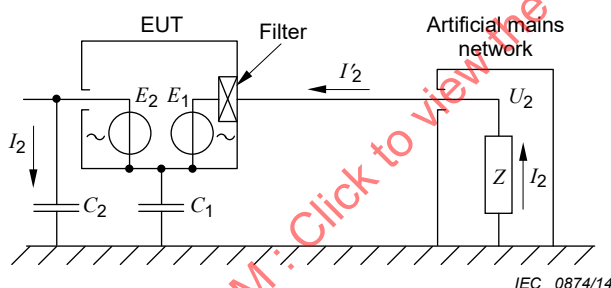


Figure A.3 – Well-filtered but incompletely shielded EUT

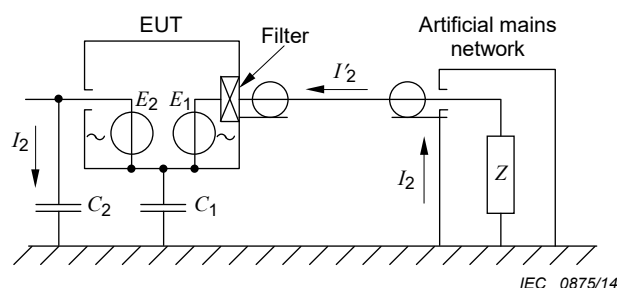


Figure A.4 – Well-filtered but incompletely shielded EUT, with U_2 reduced to zero

A.2.3 Practical general case

A.2.3.1 General

In practice, neither the shielding nor the filtering described in the preceding subclauses are perfect; the two effects then occur simultaneously and are additive. Under these conditions, the three following cases may be encountered.

A.2.3.2 Supply through shielded conductors (Figure A.5)

The current I_1 caused by leakage due to radiation flows in a circuit closed through the ground and the external surfaces of the screening of the artificial mains network and of the supply conductors; it has no effect on Z .

The voltage U_1 , which may be measured across Z , is solely due to the current I_1 injected into the supply conductors and returning through the internal surfaces of the screening of the artificial mains network and these conductors. The voltage U_1 is then maximum:

$$U_1 = ZI_1 \approx E_1$$

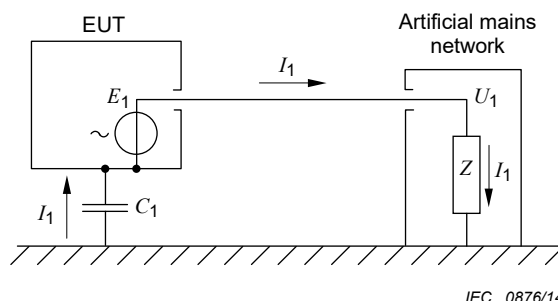


Figure A.5 – Disturbance supply through shielded conductors

A.2.3.3 Supply through unshielded but filtered conductors (Figure A.6)

If a highly efficient low-pass filter is connected to the input of the EUT, with its screening directly connected to the screening of the EUT, the current I_1 fed by source E_1 to the mains conductors will be stopped by the filter.

As in the case represented in Figure A.6, the current I_2 due to the radiation returns through Z and the conductors (if $ZC_1\omega \ll 1$); the voltage U_2 measured across Z is then produced solely by the radiation.

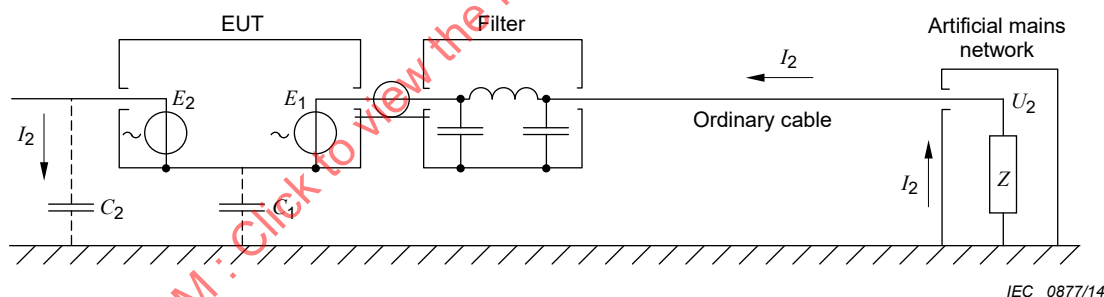


Figure A.6 – Disturbance supply through unshielded but filtered conductors

A.2.3.4 Supply through ordinary conductors (Figure A.7)

Should the filter in Figure A.6 be removed, the current I_1 from source E_1 reappears on the conductors (Figure A.7). In comparison to Figure A.5 (with the maximum possible value of I_1 for the supply of a non-filtered EUT through shielded conductors) the value of I_1 in Figure A.7 (supply of a non-filtered EUT through ordinary, i.e. unshielded conductors) is reduced to a minimum value in the ratio of I_1 (EUT unshielded) / I_1 (EUT shielded) = $ZC_1\omega$ referred to its minimum value (Figure A.2), if $ZC_1\omega \ll 1$. The current I_2 is the same as in the previous cases, but because the conductors are not shielded, it also passes through Z and the mains conductors.

The voltage U across the artificial mains network results then from the superposition of currents I_1 and I_2 . When electromotive forces E_1 and E_2 are themselves produced by a common internal source, these currents are synchronous, and the voltage U depends not only on the current values but also on their phases. For certain frequencies, it may occur that currents I_1 and I_2 are in opposition, and if they are also of approximately the same magnitude,

the voltage U may become very small even if I_1 and I_2 are individually quite large. Moreover, if the frequency of the source varies, the phase opposition may not remain constant, and voltage U may show rapid and considerable variations.

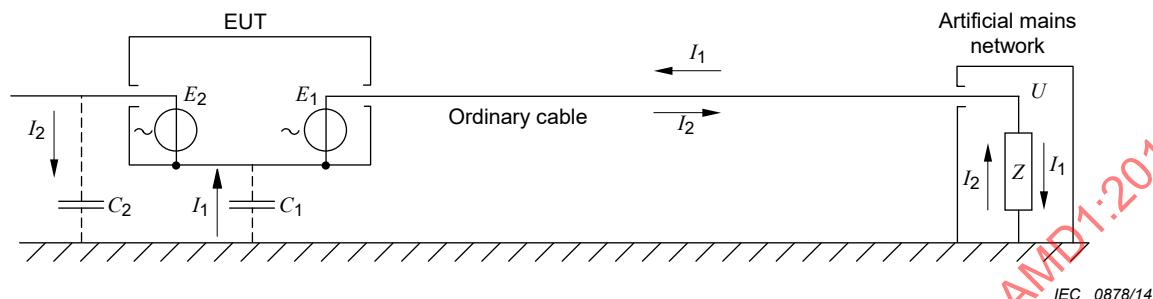


Figure A.7 – Disturbance supply through ordinary conductors

A.3 Method of grounding

In the preceding subclauses, the connection to ground of the EUT was assumed to be made through connection of the shielding of the supply conductors to the reference ground.

This is the only correct solution to obtain a grounding allowing a clear distinction between the two kinds of currents I_1 and I_2 , as indicated above. It may be applied, without exception, to all frequencies.

For frequencies below 1,6 MHz practically the same result may be achieved by grounding through a straight lead of small length (1 m maximum), running parallel to the mains lead, and not more than 10 cm distant from it.

For frequencies above a few MHz, this simplified solution should only be used with care, especially at the higher frequencies. It is then strongly recommended that screened conductors be used in all cases. At the higher frequencies, it may be necessary to take into account the characteristic impedance of the conductor.

A.4 Conditions of grounding

A.4.1 General

A.4.1.1 General rules

It appears from the considerations in the preceding subclauses that the behaviour of the measuring circuit for the voltage across the artificial mains network and hence the result of these measurements, is largely dependent on how the frame of the EUT being tested is connected to ground. It is therefore essential to specify these conditions closely.

Essentially, the principal effect of grounding is to separate the two currents I_1 and I_2 , and possibly to cause opposing variations of their respective actions on the measuring apparatus (which measures voltage U across Z). In the limiting case of a direct connection from the body of the EUT to ground, which short-circuits C_1 , the values of current I_1 , and thus of voltage $U_1 = ZI_1 \approx E_1$, are maximum; on the contrary, the current I_2 due to radiation passes entirely through this short-circuit, and the corresponding voltage U_2 is reduced to zero.

From these considerations, the following general rules are drawn.

Direct grounding should always be used when testing:

- a) a non-radiating EUT (e.g. a motor) because in such a case, the measurement yields the maximum value of the disturbance voltage which may be met in practice;
- b) a poorly filtered radiating EUT when, without troubling to measure the radiation, it is wished to measure solely the disturbance voltage due to direct injection into the supply conductors:
 - 1) either for assessing the efficiency of the filter (for instance, for the time base circuits of television receivers);
 - 2) or for evaluating, in the laboratory, the actual disturbance produced by an apparatus whose radiation in normal operation will be suppressed by shielding (e.g. a transformer for the ignition system of fuel for boilers).

A.4.1.2 Direct grounding

Direct grounding should not be used when testing under item b) 1) of A.4.1.1 for a very well-filtered EUT that generates considerable radiation (e.g. ozonizer, medical apparatus with damped oscillations, arc welder). In all these cases, the voltage across the artificial mains network becomes very small with direct grounding, while without such grounding the voltage may be quite large or unsteady. The measurement may then be meaningless, and it may become necessary to make the grounding through a specified impedance to simulate the actual impedance of the safety ground (protective earth) conductor, e.g. by a protective ground choke which additionally provides some RF isolation from the "polluted" and therefore "poor" protective earth (see the lower part of Table A.2).

The impedance of such an "electrically long" conductor is in case of an EUT of safety-class I normally equal to the mains simulation impedance specified as termination for the mains terminals of the EUT provided by the artificial mains network (constituted by the network of $50\ \mu\text{H} + 1\ \Omega$ which, due to thermal problems in case of high current loads, may be reduced to a network of $50\ \mu\text{H}$).

A.4.1.3 No grounding

Without any grounding, the voltage across the artificial mains network results from the addition of both currents I_1 and I_2 . A measurement can only be obtained when one of these currents is reduced to zero, either with a very well-screened shielded but poorly filtered EUT (e.g. a motor) or with a very well-filtered but radiating EUT (e.g. a television receiver, an ozonizer, etc.).

If in case of an EUT of safety-class I for the purpose of analysis of I_2 , for the reduction of I_1 the impedance according to the note under A.4.1.2 is not sufficient; a high impedance RF choke (1,6 mH) may be inserted into the ground conductor path.

The measurement usually yields only the value of the total disturbance, without allowing any discrimination, the results being only valid for the conditions used during the test. Such conditions should then be very well defined, namely the values of the capacitance to the ground plane of the various elements of the EUT (for instance, the capacitance of the transmission line from the antenna in the case of a television receiver). Moreover, a single measurement for one arbitrary frequency has no significance if, for this frequency, the currents I_1 and I_2 are in opposition. As a matter of principle, then, it is necessary to make measurements at a number of frequencies.

A.4.2 Classification of typical testing conditions

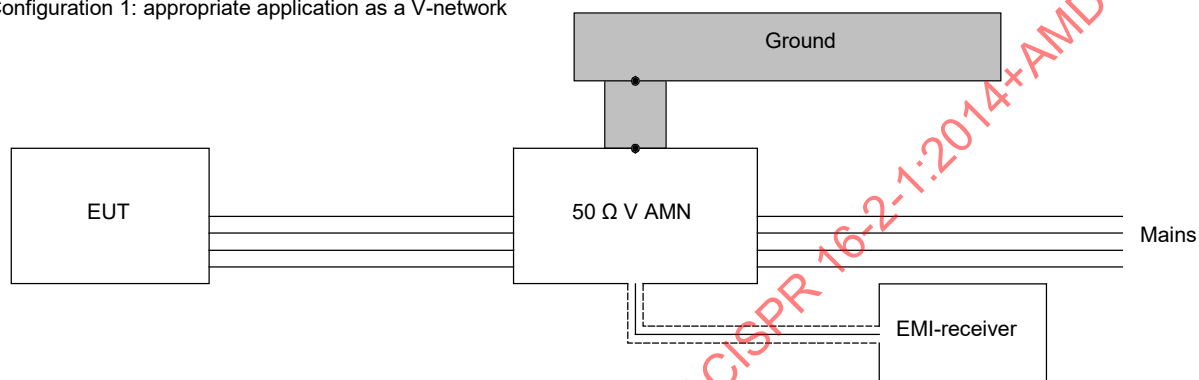
Tables A.1 and A.2 summarize the various testing conditions and the types of EUTs for which they are suitable. These tables also give the meaning of the measurement, that is, the physical quantity which corresponds to the voltage U measured across the artificial mains network Z , and also the precautions to be taken when making the measurement.

A.5 Connection of the AMN as a voltage probe

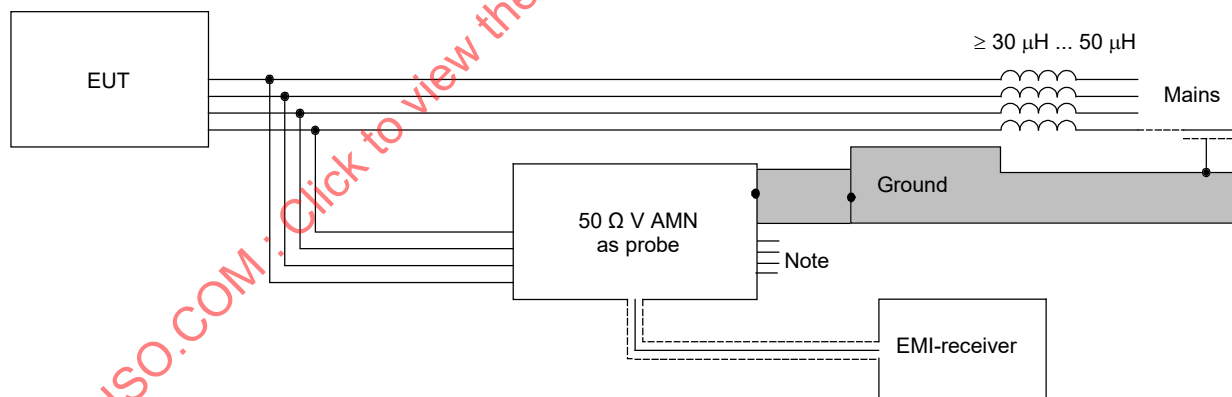
Conducted disturbance measurements of EUTs with high operational currents may cause difficulties. AMNs for the frequency range 9 kHz to 150 kHz (30 MHz) are available for up to approximately 25 A nominal current. AMNs for the frequency range 150 kHz to 30 MHz (50 μ H parallel to 50 Ω) are available for up to approximately 200 A.

EUTs with higher current rating may be tested using the AMN as a voltage probe. This alternative solution is also helpful for in situ measurement, if referred to in the applicable product standard.

Configuration 1: appropriate application as a V-network



Configuration 2: application as a voltage probe



NOTE Exposed pins are made safe.

IEC 0879/14

Figure A.8 – AMN configurations

Table A.1 – Testing conditions for types of EUTs – Ordinary cable

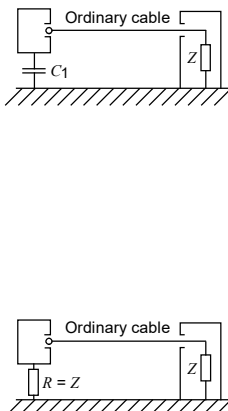
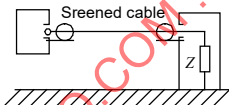
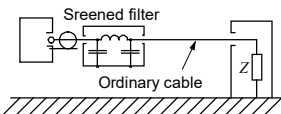
Method of connection	Types of apparatus			Quantity measured	Details of the measurement	
	Examples	Essential characteristics				
		Grounding	Radiation			Filtering
	Motors, electro-domestic appliances	Without	Weak	Moderate	Actual disturbance (reduced) solely due to injected current C_1	The disturbance depends on C_1
	Ozonizers		Strong	Very good	Actual disturbance solely due to radiation current I_2	It is necessary to state accurately the position of the appliance with regard to ground or to quote the value of C_1
	Medical apparatus			Moderate	Total overall disturbance resulting from the superposition of the two preceding effects (I_1 and I_2)	
	Arc-welders				These two effects (I_1 and I_2) may be in phase opposition at certain frequencies	Measurement should be repeated, the frequency being varied
	Television receivers (time-base)	With		Very good	Actual disturbance produced with a ground connection of usual length	The position of the appliance with regard to ground should be specified in order that $RC_1\omega < 1$

Table A.2 – Testing conditions for types of EUTs – Screened cable

Method of connection	Types of apparatus	Quantity measured	Examples	Details of the measurement
	Non-radiating appliances provided with an ground terminal	Maximum actual disturbance as C_1 is short-circuited	All motors provided with an ground terminal	
	Radiating appliances when it is desired to measure only the disturbance caused by current feed to mains	Check on the efficiency of the screening	Television receivers, medical apparatus, ozonizers, arc-welders	
		Actual disturbance caused by an appliance which, in normal use, must be carefully screened	Transformer for the ignition system of oil burners; part of a screened assembly separately tested	
	Poorly filtered appliances when it is desired to measure only the disturbance caused by radiation	Check on the efficiency of the screening	Television receivers; high-frequency industrial apparatus	The position of the appliance with regard to ground should be specified in order that $ZC_1\omega < 1$
		Actual disturbance caused by an appliance which, in normal use, is provided with a good filter	Fluorescent lighting	

Annex B (informative)

Use of spectrum analyzers and scanning receivers

NOTE Annex B supplements the provisions of Clause 6.

B.1 General

The following characteristics should be taken into account when using spectrum analyzers and scanning measuring receivers.

B.2 Overload

Most spectrum analyzers have no RF preselection in the frequency range up to 2 000 MHz; that is, the input signal is directly fed to a broadband mixer. To avoid overload, to prevent damage, and to operate a spectrum analyzer linearly, the signal amplitude at the mixer should typically be less than 150 mV peak. RF attenuation, or additional RF preselection, may be required to reduce the input signal to this level.

B.3 Linearity test

Linearity can be measured by measuring the level of the specific signal under investigation, then repeating this measurement after an X dB attenuator has been inserted at the input of the measuring receiver or, if used, at the input of the preamplifier ($X \geq 6$ dB), if used. The new reading of the measuring receiver display should differ by X dB not more than $\pm 0,5$ dB from the first reading when the measuring system is linear.

B.4 Selectivity

The spectrum analyzer and scanning measuring receiver should have the bandwidth specified in CISPR 16-1-1, to correctly measure broadband and impulsive signals and narrowband disturbance with several spectrum components within the standardized bandwidth.

B.5 Normal response to pulses

The response of a spectrum analyzer and scanning measuring receiver with quasi-peak detection can be verified with the calibration test pulses specified in CISPR 16-1-1. The large peak voltage of the calibration test pulses typically requires an insertion of RF attenuation of 40 dB or more to satisfy the linearity requirements. This decreases the sensitivity, and makes the measurement of low repetition rate and isolated calibration test pulses impossible for bands B, C and D. If a preselecting filter is used ahead of the measuring receiver, then the RF attenuation can be decreased. The filter limits the spectrum width of the calibration test pulse as seen by the mixer.

B.6 Peak detection

The normal (peak) detection mode of spectrum analyzers provides a display indication which, in principal, is never less than the quasi-peak indication. It is convenient to measure emissions using peak-detection, because it allows faster frequency scans than quasi-peak detection. Then those signals that are close to the emission limits need to be remeasured using quasi-peak detection, to record quasi-peak amplitudes.

B.7 Frequency scan rate

The scan rate of a spectrum analyzer or a scanning measuring receiver should be adjusted for the CISPR frequency band and the detection mode used. The minimum sweep time/frequency, or the fastest scan rate, is listed in Table B.1:

Table B.1 – Sweep time/frequency or fastest scan rate

Band	Peak-detection	Quasi-peak detection
A	100 ms/kHz	20 s/kHz
B	100 ms/MHz	200 s/MHz
C and D	1 ms/MHz	20 s/MHz

For a spectrum analyzer or scanning measuring receiver used in a fixed tuned non-scanning mode, the display sweep time may be adjusted independently of the detection mode, and according to the needs for observing the behaviour of the disturbance. If the level of disturbance is not steady, the reading on the measuring receiver should be observed for at least 15 s to determine the maximum (see 6.5.1).

B.8 Signal interception

The spectrum of intermittent emissions may be captured with peak-detection, and digital display storage if provided. Multiple, fast frequency scans reduce the time to intercept a disturbance, compared to a single, slow frequency scan. The starting time of the scans should be varied to avoid any synchronism with the disturbance and thereby hiding it. The total observation time for a given frequency range should be longer than the time between the emissions. Depending upon the kind of disturbance being measured, the peak detection measurements can replace all or part of the measurements needed using quasi-peak detection. Re-tests using a quasi-peak detector should then be made at frequencies where disturbance maxima have been found.

B.9 Average detection

Average detection with a spectrum analyzer is obtained by reducing the video bandwidth until no further smoothing of the displayed signal is observed. The sweep time should be increased with reductions in video bandwidth, to maintain amplitude calibration. For such measurements, the measuring receiver shall be used in the linear mode of the detector. After linear detection is made, the signal may be processed logarithmically for display, in which case the value is corrected even though it is the logarithm of the linearly detected signal.

A logarithmic amplitude display mode may be used, for example, to distinguish more easily between narrowband and broadband signals. The displayed value is the average of the logarithmically distorted IF signal envelope. A logarithmic amplitude display mode results in a larger attenuation of broadband signals than in the linear detection mode without affecting the display of narrowband signals. Video filtering in log-mode is, therefore, especially useful for estimating the narrowband component in a spectrum containing both.

B.10 Sensitivity

Sensitivity can be increased with low noise RF pre-amplification ahead of the spectrum analyzer. The input signal level to the amplifier should be adjustable with an attenuator to test the linearity of the overall system for the signal under examination.

The sensitivity to extremely broadband emissions, which require large RF attenuation for system linearity, is increased with RF pre-selecting filters ahead of the spectrum analyzer. The filters reduce the peak amplitude of the broadband emissions and less RF attenuation can be used. Such filters may also be necessary to reject or attenuate strong out-of-band signals and the intermodulation products they cause. If such filters are used, they should be calibrated with broadband signals.

B.11 Amplitude accuracy

The amplitude accuracy of a spectrum analyzer or a scanning measuring receiver may be verified by using a signal generator, power meter, and precision attenuator. The characteristics of these instruments, cable and mismatch losses have to be analyzed, to estimate the errors in the verification test.

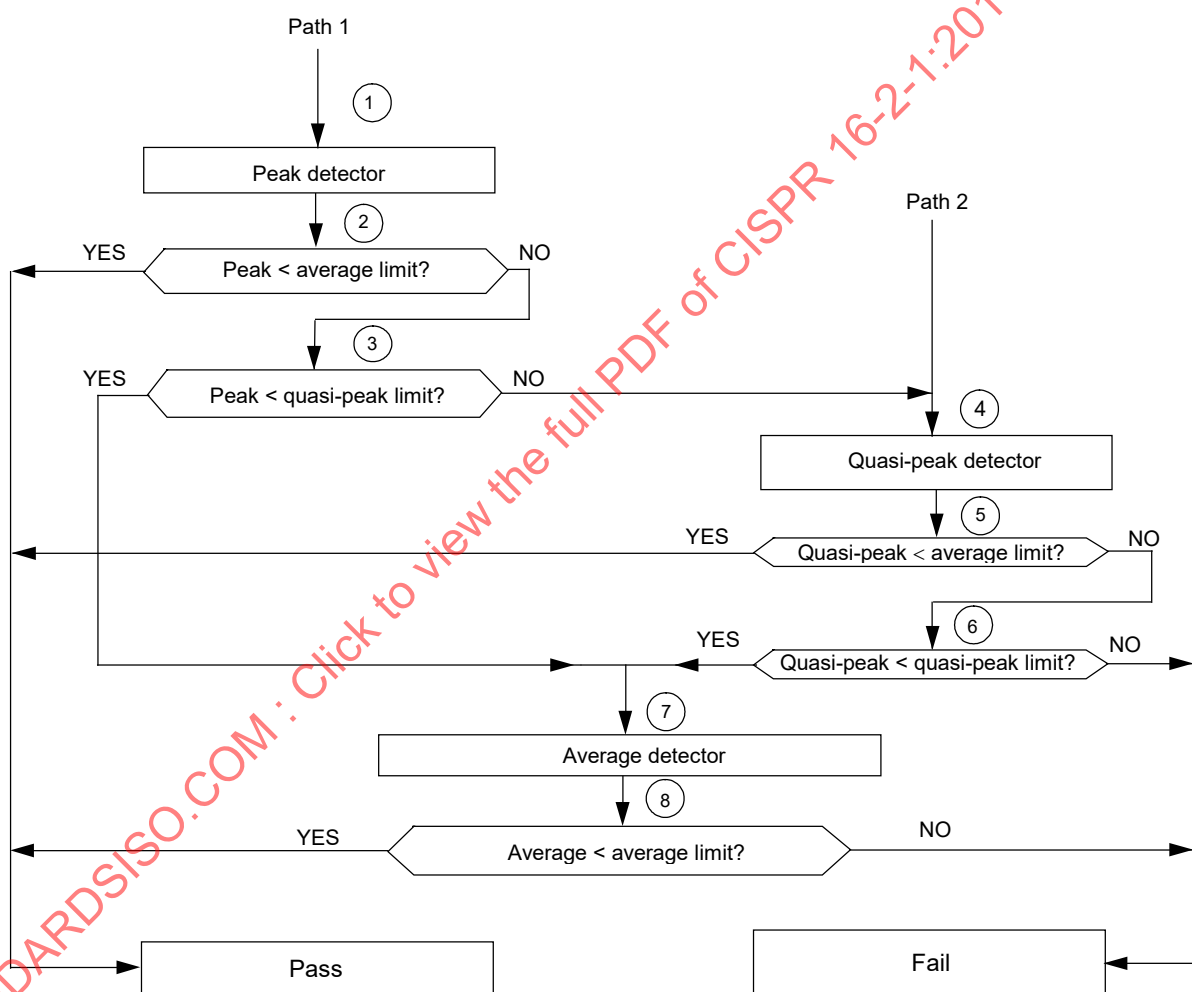
STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of CISPR 16-2-1:2014+AMD1:2017 CSV

Annex C (informative)

Decision tree for use of detectors for conducted disturbance measurements

NOTE Annex C supplements the provisions of Clause 6.

The following decision tree and text provide guidance on the pass/fail criteria and the use of detectors for conducted disturbance measurements when the product standard requires measurements with both the quasi-peak and average detectors. For efficiency in performing these measurements, path 1 in Figure C.1 showing the use of the peak detector is recommended.



IEC 0880/14

Figure C.1 – Decision tree for optimizing speed of conducted disturbance measurements with peak, quasi-peak and average detectors

For the EUT to pass, the measured conducted disturbance should comply with both the quasi-peak and average limits. The tests may be performed using either path 1 or path 2; however, to optimize the speed of conducted disturbance measurements path 1 is recommended. Path 2, starting with a quasi-peak measurement, is slower in situations where compliance with the quasi-peak limit could already be determined from a peak measurement.

- 1) Start measurement with peak detector for rapid measurement.
- 2) Compare peak disturbance level to average limit.
If emissions are above limit: go to step 3).
If emissions are below limit: EUT passes.
- 3) Compare peak disturbance level with quasi-peak limit.
If emissions are above limit: go to step 4).
If emissions are below limit: go to step 7).
- 4) Measurement with quasi-peak detector.
- 5) Compare quasi-peak disturbance level to the average limit.
If emissions are above limit: go to step 6).
If emissions are below limit: EUT passes.
- 6) Compare quasi-peak disturbance level to the quasi-peak limit.
If emissions are above limit: EUT fails.
If emissions are below limit: go to step 7).
- 7) Measurement with average detector.
- 8) Compare average disturbance level to the average limit.
If emissions are above limit: EUT fails.
If emissions are below limit: EUT passes.

When frequency scanning is used during the peak measurement, the scan rate of the spectrum analyzer or scanning receiver should be adjusted not to exceed the fastest scan rate listed in Annex B.

STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of CISPR 16-2-1:2014+AMD1:2017 CSV

Annex D (informative)

Scan rates and measurement times for use with the average detector

D.1 General

Annex B is intended to give guidance on the selection of scan rates and measurement times when measuring impulsive disturbance with the average detector.

The average detector serves the following purposes:

- a) to suppress impulsive noise and thus to enhance the measurement of CW components in disturbance signals to be measured;
- b) to suppress amplitude modulation (AM) in order to measure the carrier level of amplitude modulated signals;
- c) to show the weighted peak reading for intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances using a standardized meter time constant.

CISPR 16-1-1 defines the average measuring receiver for the frequency range 9 kHz to 1 GHz.

In order to select the proper video bandwidth and the corresponding scan rate or measurement time, the following considerations apply.

D.2 Suppression of impulsive disturbance

D.2.1 General

The pulse duration T_p of impulsive disturbance is often determined by the IF bandwidth B_{res} : $T_p = 1/B_{\text{res}}$. For the suppression of such noise, the suppression factor a is then determined by the video bandwidth B_{video} relative to the IF bandwidth: $a = 20 \lg (B_{\text{res}}/B_{\text{video}})$. B_{video} is determined by the bandwidth of the lowpass filter following the envelope detector. For longer pulses, the suppression factor will be lower than a . The minimum scan time $T_{s \text{ min}}$ (and maximum scan rate $R_{s \text{ max}}$) is determined using:

$$T_{s \text{ min}} = (k \times \Delta f) / (B_{\text{res}} \times B_{\text{video}}) \quad (\text{D.1})$$

$$R_{s \text{ max}} = \Delta f / T_{s \text{ min}} = (B_{\text{res}} \times B_{\text{video}}) / k \quad (\text{D.2})$$

where Δf is the frequency span and k is a proportionality factor which depends on the speed of the measuring receiver.

For the longer scan times, k is very close to 1. If a video bandwidth of 100 Hz is selected, the maximum scan rates and pulse suppression factors in Table D.1 will be obtained.

This suppression can be applied for product standards calling out quasi-peak and average limits in Bands B (and C) if short pulses are expected in the disturbance signal. Compliance of the EUT with both limits shall be demonstrated. If the pulse repetition frequency is greater than 100 Hz and the quasi-peak limit is not exceeded by the impulsive disturbance, then the short pulses are sufficiently suppressed for average detection with a video bandwidth of 100 Hz.

Table D.1 – Pulse suppression factors and scan rates for a 100 Hz video bandwidth

	Band A	Band B	Bands C and D
Frequency range	9 kHz to 150 kHz	150 kHz to 30 MHz	30 MHz to 1 000 MHz
IF bandwidth B_{res}	200 Hz	9 kHz	120 kHz
Video bandwidth B_{video}	100 Hz	100 Hz	100 Hz
Max. scan rate	17,4 kHz/s	0,9 MHz/s	12 MHz/s
Max. suppression factor	6 dB	39 dB	61,5 dB

D.2.2 Suppression of impulsive disturbance by digital averaging

Average detection may be done by digital averaging of the signal amplitude. An equivalent suppression effect can be achieved if the averaging time is equal to the inverse of the video filter bandwidth. In this case, the suppression factor is $a = 20 \lg (T_{\text{av}} \times B_{\text{res}})$, where T_{av} is the averaging (or measuring) time at a certain frequency. Consequently a measurement time of 10 ms will result in the same suppression factor as the video bandwidth of 100 Hz. Digital averaging has the advantage of zero delay time, when switching from one frequency to another. On the other hand, for averaging of a certain pulse repetition frequency f_p , the result may vary depending on whether n or $n+1$ pulses are averaged. This effect is less than 1 dB, if $T_{\text{av}} \times f_p > 10$.

D.3 Suppression of amplitude modulation

To measure the carrier of a modulated signal, the modulation is suppressed by signal averaging over a sufficiently long time, or by using a video filter of sufficient attenuation at the lowest frequency. If f_m is the lowest modulation frequency, and if for the case that the maximum measurement error due to the 100 % modulation is limited to 1 dB, then the measurement time T_m should be $T_m = 10 / f_m$.

D.4 Measurement of slowly intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances

In CISPR 16-1-1, the response to intermittent, unsteady, or drifting narrowband disturbances is defined using the peak reading with meter time constants of 160 ms (for bands A and B) and 100 ms (for bands C and D). These time constants correspond to second order video filter bandwidths of 0,64 Hz or 1 Hz respectively. For correct measurements, these bandwidths would require very long measurement times (see Table D.2).

This applies however only for pulse repetition frequencies of 5 Hz or less. For all higher pulse widths and modulation frequencies, higher video filter bandwidths may be used (see D.2.1). Figures D.1 and D.2 show the weighting function of a pulse with 10 ms pulse duration versus pulse repetition frequency f_p with peak reading ("CISPR AV") and with true averaging ("AV") for meter time constants of 160 ms (Figure D.1) and 100 ms (Figure D.2).

Figures D.1 and D.2 imply that the difference between average with peak reading ("CISPR AV") and without peak reading ("AV") is increasing as the pulse repetition frequency f_p decreases. Figures D.3 and D.4 show the difference for $f_p = 1$ Hz as a function of pulse width.

Table D.2 – Meter time constants and the corresponding video bandwidths and maximum scan rates

	Band A	Band B	Bands C and D
Frequency range	9 kHz to 150 kHz	150 kHz to 30 MHz	30 MHz to 1 000 MHz
IF bandwidth B_{res}	200 Hz	9 kHz	120 kHz
Meter time constant	160 ms	160 ms	100 ms
Video bandwidth B_{video}	0,64 Hz	0,64 Hz	1 Hz
Maximum scan rate	8,9 s/kHz	172 s/MHz	8,3 s/MHz

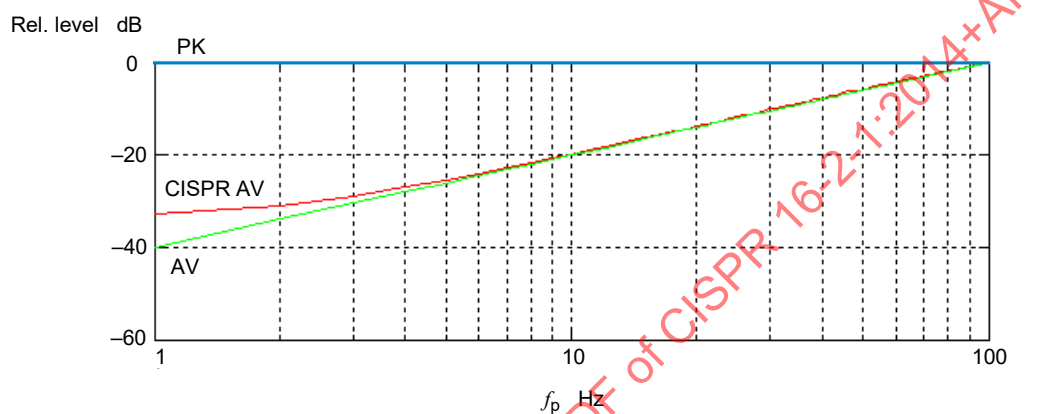


Figure D.1 – Weighting function of a 10 ms pulse for peak (“PK”) and average detections with (“CISPR AV”) and without (“AV”) peak reading; meter time constant 160 ms

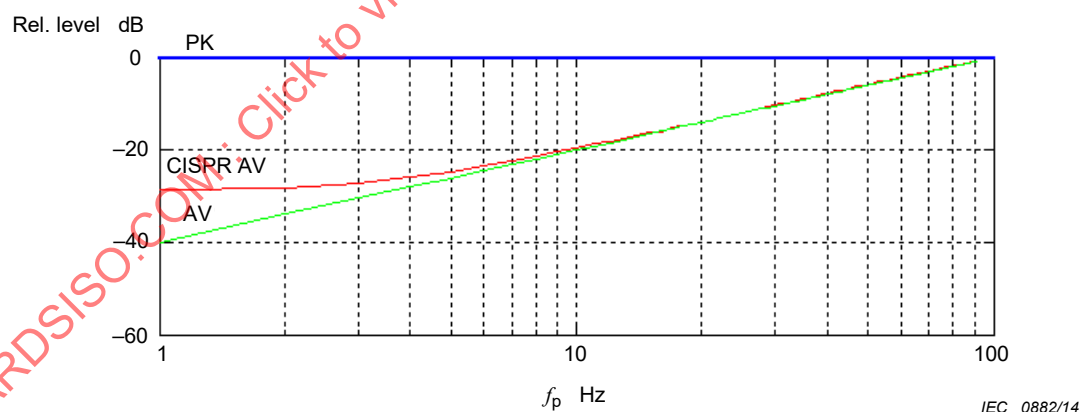


Figure D.2 – Weighting functions of a 10 ms pulse for peak (“PK”) and average detections with (“CISPR AV”) and without (“AV”) peak reading; meter time constant 100 ms

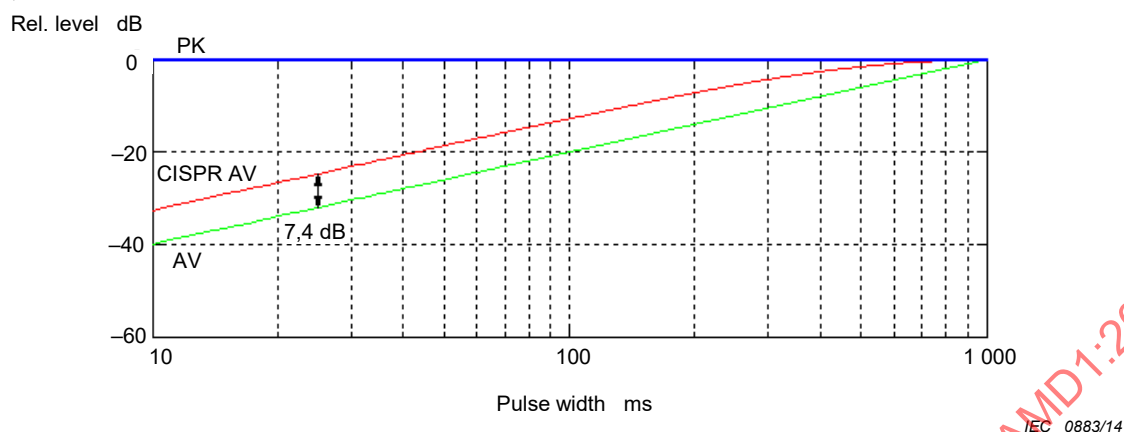


Figure D.3 – Example of weighting functions (of a 1 Hz pulse) for peak (“PK”) and average detections as a function of pulse width; meter time constant 160 ms

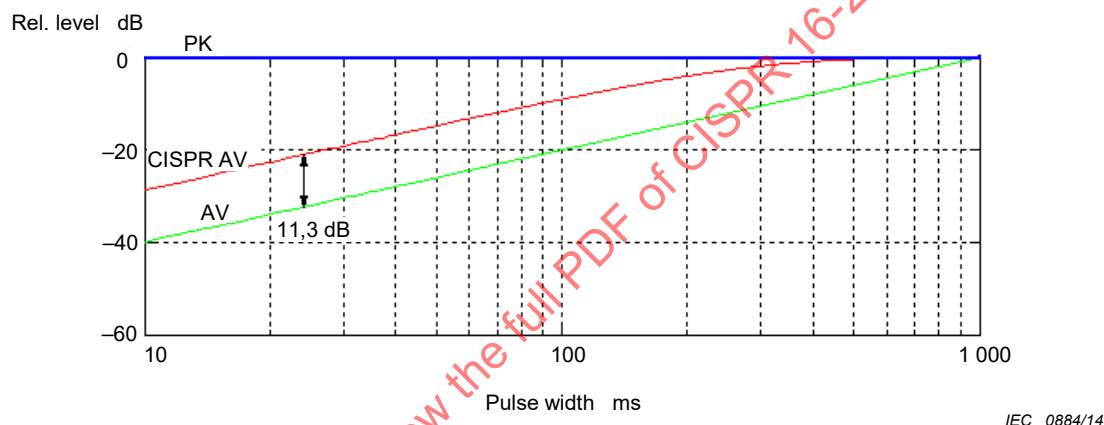


Figure D.4 – Example of weighting functions (of a 1 Hz pulse) for peak (“PK”) and average detections as a function of pulse width; meter time constant 100 ms

D.5 Recommended procedure for automated or semi-automated measurements

When measuring EUTs which do not emit slowly intermittent, unsteady, or drifting narrowband disturbances, it is recommended to measure with the average detector using a video filter bandwidth of e.g. 100 Hz, i.e. a short averaging time during a prescan procedure. At frequencies where the disturbance is found to be close to the average limit, it is recommended to make a final measurement using a lower video filter bandwidth, i.e. a longer averaging time. (For the prescan/final measurement procedure, see also Clause 8 of this standard).

For slowly intermittent, unsteady, or drifting narrowband disturbances, manual measurements are the preferred solution.

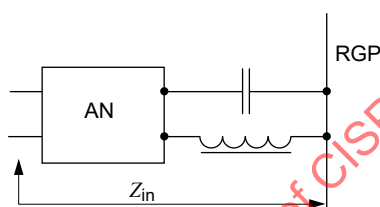
Annex E (informative)

Guidelines for the improvement of the test set-up with ANs

E.1 In situ verification of the AN impedance and voltage division factor

To minimize resonances in the AN grounding, it is recommended to verify the AN impedance (if a vector network analyzer is available) and/or the voltage division factor (VDF) in situ. This can be done by measuring these parameters relative to the RGP instead of measuring relative to the ground connection of the AN itself. A description of the VDF measurement can be found in CISPR 16-1-2.

If the AN is bonded to the RGP using a ground strap of significant inductance, which appears in parallel to the AN enclosure capacitance relative to the ground plane, a parallel resonance may result within the frequency range below 30 MHz (see Figure E.1)



IEC 0885/14

Figure E.1 – Parallel resonance of enclosure capacitance and ground strap inductance

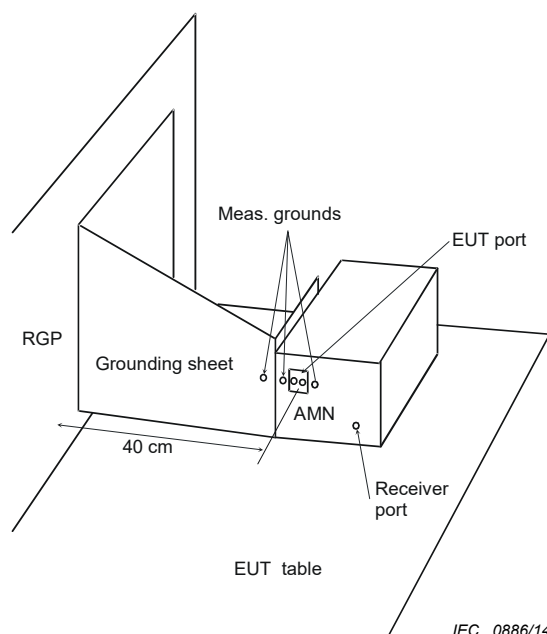
Using in situ measurements of the impedance and the VDF, solutions can be found as shown in Figure E.2, where an AMN was used as an example of an AN. The AMN impedance is shown in Figure E.3, and the VDF shown in Figure E.4. In this example, the AMN was connected to a vertical wall-mounted RGP, to give a distance of 40 cm between the centre of the power plug and the RGP, as required especially by Figure 11, but generally also in other test configurations. The impedance measurements into the AMN were made:

- with reference to the front panel measurement ground (see Figure E.2),
- with reference to a measurement ground on the grounding sheet (Figure E.2), and
- with reference to the vertical RGP (see Figure E.5). In this case it is important to use a low-impedance measurement ground.

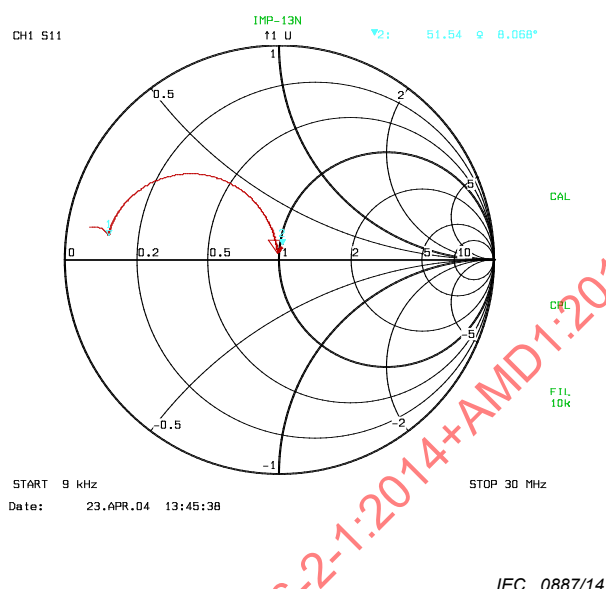
The impedance does not differ between cases a) and b). Only for case c) does the phase show a significant increase at 30 MHz, where the effect on the VDF is in the order of 0,7 dB. The measurement results are shown in Figure E.6.

The phase increase at 30 MHz is due both to the length of the connecting plate and the length of the measurement ground plate. The ideal impedance ends at 50 Ω (i.e. in the centre of the Smith diagram). Both the impedance and VDF do not show resonances.

In Figure E.7, VDF is shown for a ground connection with resonances as in Figure E.1.



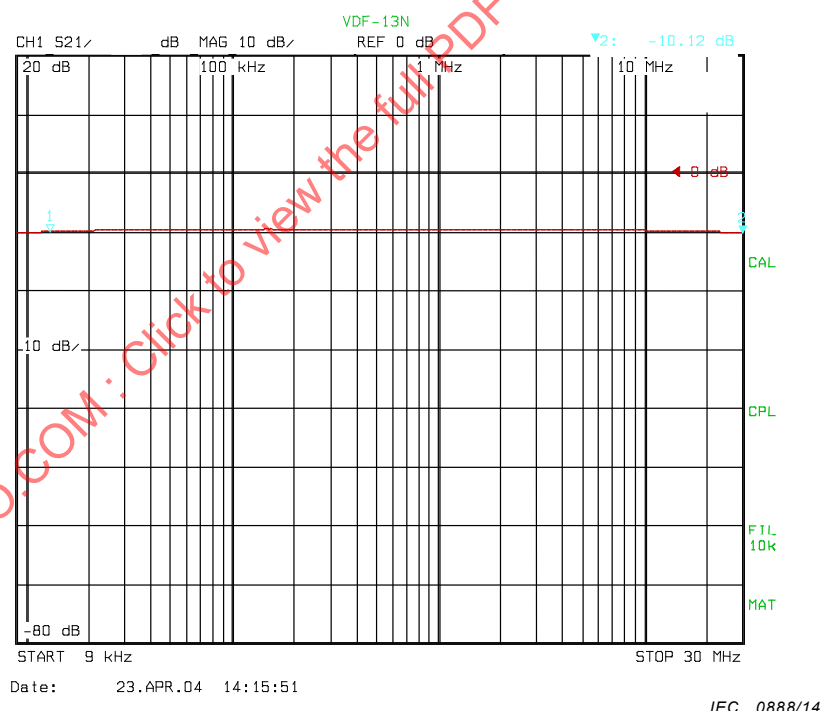
IEC 0886/14



IEC 0887/14

Figure E.2 – Connection of an AMN to RGP using a wide grounding sheet for low inductance grounding

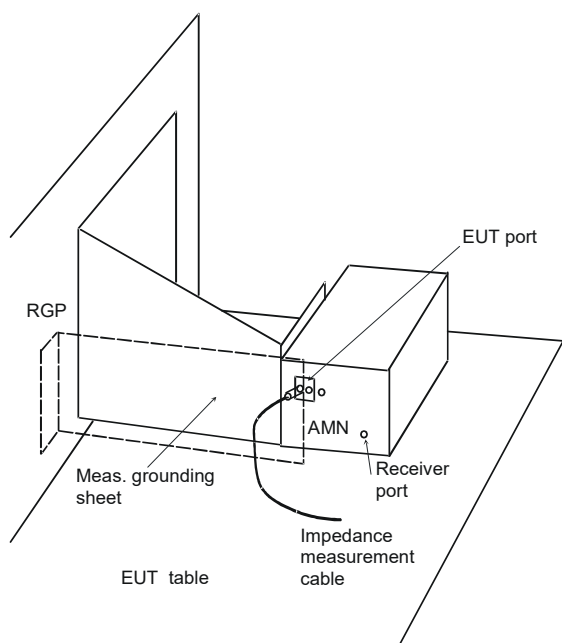
Figure E.3 – Impedance measured with the arrangement of Figure E.2 both with reference to the front panel ground and to the grounding sheet



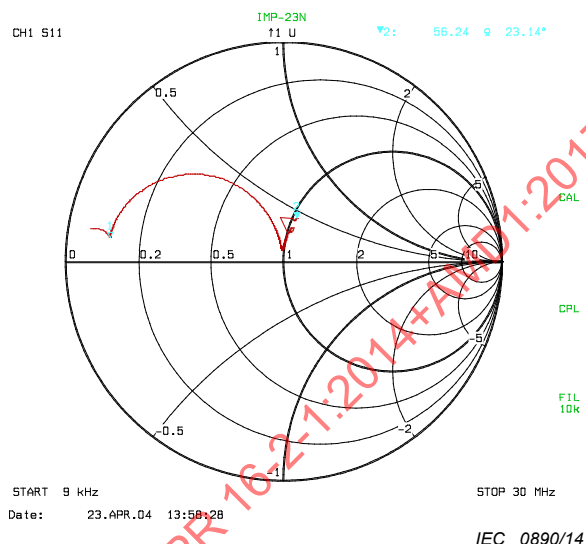
IEC 0888/14

The AMN used has a flat frequency response of the VDF, which may be different for other AMNs.

Figure E.4 – VDF in the configuration of Figure E.2 measured with reference to the front panel ground and to the grounding sheet



IEC 0889/14



The impedance measurement cable ground is connected to the measurement grounding sheet, whereas the inner conductor is connected to the EUT port pin.

Figure E.6 – Impedance measured with the arrangement of Figure E.5 with reference to the RGP

Figure E.5 – Arrangement showing the measurement grounding sheet (shown with dotted lines) when measuring the impedance with reference to RGP

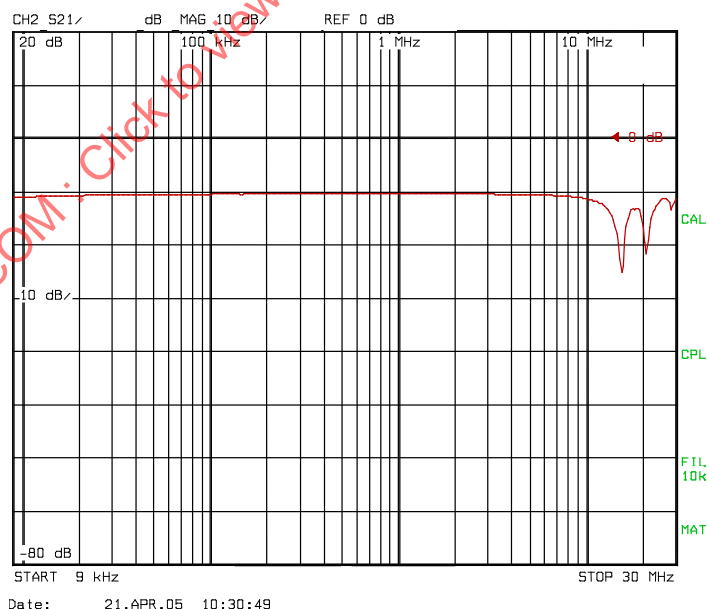


Figure E.7 – VDF measured with parallel resonances in the AMN grounding

E.2 PE chokes and sheath current absorbers for the suppression of ground loops

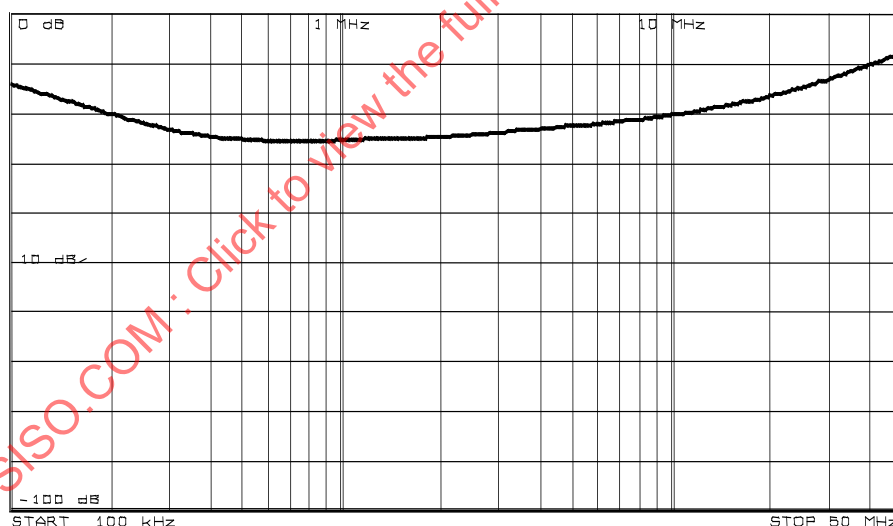
To suppress effects resulting from ground loops, it is recommended that coaxial cables be inductively wound around ferrite rings to provide a sheath current absorber.

Figure E.8 shows the attenuation of a sheath current absorber with the following characteristics:

Material:	N30; $AI = 5\,400\text{ nH}$
Size:	Toroidal core 58 mm by 40 mm by 17 mm
Number of turns:	20 (cable terminated with BNC connectors)

The measurements can be taken in the test set-up of Figure E.9. The EUT is a wire, wound around a core as described above, or similar. It may also consist of two such high impedance circuits for the sheath current, with a connection to ground in between for high insertion loss.

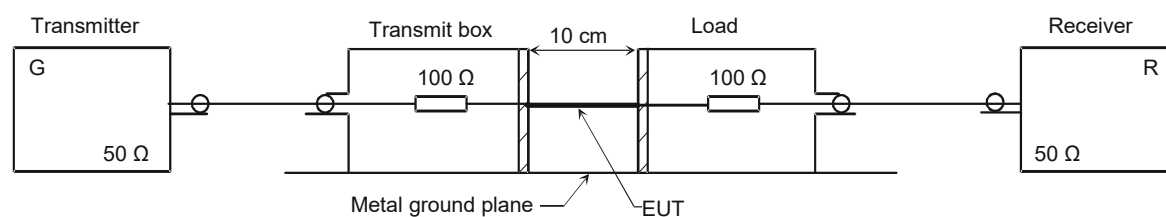
The transmitter and receiver can be replaced by a network analyzer. For a system with higher or lower impedance, the resistors in the transmit box and the load box may be replaced by other values. As a reference for the attenuation, the EUT is replaced by a simple wire (as shown in Figure E.9). The measurement arrangement can be replaced by the arrangement used with the SOLT calibration used for the verification of common-mode absorption devices (CMAD, see CISPR 16-1-4 [2] and CISPR 16-3 [4]).



IEC 0892/14

Attenuation caused by the sheath current absorber made with a toroidal core with 20 turns of cable, measured with the test set-up given in Figure E.9 (150 Ω system). An attenuation of 20 dB means that the impedance of the sheath current suppressor is in the order of 1 500 Ω .

Figure E.8 – Attenuation of a sheath current absorber measured in a 150 Ω test arrangement



IEC 0893/14

Figure E.9 – Arrangement for the measurement of attenuation due to PE chokes and sheath current absorbers

STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of CISPR 16-2-1:2014+AMD1:2017 CSV

Annex F (normative)

Determination of suitability of spectrum analyzers for compliance tests

The user of a spectrum analyzer shall be able to demonstrate – using either specifications from the manufacturer or by measurement – that the analyzer meets the quasi-peak detection requirements for pulse-repetition frequencies greater than 20 Hz, in the frequency range of use. For the average detector, the response to pulses is called out in 6.5 of CISPR 16-1-1:2010.

Because the measurement of the pulse repetition frequency of a disturbance may not always be possible, a simple method to confirm the validity of the quasi-peak measurement shall be applied when a spectrum analyzer is used. This method is based on a comparison of measurement results with the peak and quasi-peak detectors. From the quasi-peak weighting functions, the amplitude differences shown in Table F.1 are the results of measurements for a signal with a pulse repetition frequency of 20 Hz.

The comparison measurement is to be made at signal frequencies that show amplitudes close to the applicable limit in quasi-peak detection. If the difference between the peak and quasi-peak detected amplitude is smaller than the value in Table F.1, the quasi-peak measurement is valid, and the result obtained with a spectrum analyzer can be used to demonstrate compliance. If the amplitude difference is larger than the stated values in Table F.1, a measuring receiver that fully complies with the low-prf requirements of CISPR 16-1-1:2010, Clause 4 shall be used for the quasi-peak measurement, instead of a spectrum analyzer. This comparison measurement requires an adequate signal-to-noise ratio to ensure proper results.

Table F.1 – Maximum amplitude difference between peak and quasi-peak detected signals

Band A	Band B	Band C/D
7 dB	13 dB	21 dB

Annex G (informative)

Basic guidance for measurements on telecommunications ports

G.1 Limits

The disturbance voltage (or current) limit is defined for a TCM load impedance of $150\ \Omega$ (as seen by the EUT at the AE port during the measurement). This standardization is necessary to obtain reproducible measurement results, independent of the indeterminate TCM impedance at the AE and at the EUT.

NOTE 1 The common mode disturbances created from the wanted signal can be controlled at the design stage of the interface technology by giving proper consideration to the factors explained in CISPR/TR 16-3.

In general, the TCM impedance seen by the EUT at the AE port is not defined unless an AAN/CDN is used. If the AE is located outside the shielded room, the TCM impedance seen by the EUT at the AE port can be determined by the TCM impedance of the feed-through filter between the measurement set-up and the outside world. A Π -type filter has low TCM impedance, whilst a T-type filter has high TCM impedance.

NOTE 2 CDNs are described in IEC 61000-4-6 [9].

AAN/CDNs do not exist for all types of cables used by EUTs. Therefore it is also necessary to define alternative test methods that do not use AAN/CDNs (i.e. “non-invasive” test methods).

Only the cable attached to the EUT port under test is shown in the measurements specifics figures of Annex H. Normally, there are several other cables (or ports) present at the EUT. At least the connection to the mains terminal is represented in most cases. The TCM impedance of these other connections (including a possible ground connection), and the presence or absence of these connections during the test, can influence the measurement result significantly, in particular for small EUTs. Therefore, the TCM impedance of the non-measured connections should be specified for the test of small EUTs. In addition to the port under test, it is sufficient to have at least two additional ports connected to a TCM impedance of $150\ \Omega$ (normally by using an AAN or CDN, with the RF measurement port terminated with $50\ \Omega$ load) to reduce this influence effect to a negligible amount.

Coupling devices for unshielded balanced pairs should also simulate the typical LCL (longitudinal conversion loss) of the lowest cabling category (worst case LCL) specified for the telecom port under test. The intent of this requirement is to account for the transformation of the symmetric signal into a CM (common mode) signal, which might contribute to the radiation when the EUT is in the end-use application. Asymmetry is built-in to an AAN to yield the specified LCL; this asymmetry may enhance or cancel the asymmetry of the EUT. To establish the worst case emissions and optimize test repeatability, consideration should therefore be given to repeating the testing with the LCL imbalance on each wire of a balanced pair when using the appropriate AAN.

Because imbalance on each balanced pair may contribute to the total common mode conducted disturbance, all combinations of imbalance on all balanced pairs should be considered. For a single balanced pair, this is a relatively minor impact on test effort – i.e. the two wires are reversed. However, for two balanced pairs, the number of LCL loading combinations is four (i.e. four test configurations). For four balanced pairs, the number of loading combinations grows to sixteen. Such numbers will have a significant impact on test time and test documentation. Such testing should be undertaken with care, and properly documented if implemented.

The RF measurement port of an AAN/CDN not connected to the measuring receiver shall be terminated in a $50\ \Omega$ load.

Table G.1 summarizes the advantages and disadvantages of the measurement methods described in Annex H.

Table G.1 – Summary of advantages and disadvantages of the methods described in the specific subclauses of Annex H

	Subclause H.5.2 (AAN)	Subclause H.5.3 (150 Ω load and cable shield)	Subclause H.5.4 (current probe and CVP)
Advantages	Smallest measurement uncertainty (Possible only if AAN/CDNs with appropriate transmission properties are available) LCL shall be known and shall be taken into account	– Non-invasive (except for the removal of the insulation of the shielded cable) – Always applicable for shielded cables – Small measurement uncertainty for higher frequencies	Non-invasive
Disadvantages	– Not applicable in all cases (needs appropriate AAN/CDNs) – Invasive (needs appropriate cable connections) – Needs an individual AAN/CDN for each cable type (results in a high number of different AAN/CDNs) – No isolation to symmetric signals from the AE is provided by an AAN	– Increased measurement uncertainty for very low frequencies (< 1 MHz) – Destruction of the cable insulation is necessary – Reduced isolation against disturbances from the AE side (compared to H.5.2) – Does not evaluate the interference potential that arises from the conversion of the symmetric signal into a common mode signal due to the limited LCL of the cable network to which the EUT port will be connected	– No isolation against disturbances from the AE side (compared to H.5.2) – Does not evaluate the interference potential that arises from the conversion of the symmetric signal into a common mode signal due to the limited LCL of the cable network to which the EUT port will be connected

G.2 Combination of current probe and capacitive voltage probe (CVP)

The method described in H.5.4 has the advantage of being applicable in a non-invasive way to all types of cables. However, unless the TCM impedance seen by the EUT at the AE connection is 150 Ω , the method of H.5.4 in general will show a result which is too high, but never too low (i.e. worst case estimation of the disturbance).

G.3 Basic ideas of the capacitive voltage probe

The set-up of Figure H.3 uses a capacitive voltage probe to measure the CM voltage. There are two approaches to the construction of a capacitive voltage probe. For either approach, if a TCM impedance of 150 Ω is present, the capacitance of the capacitive voltage probe to the cable attached to the EUT port under test will appear as a load in parallel with the 150 Ω TCM impedance.

NOTE 1 A CVP does not simulate the differential to common mode conversion that takes place in telecommunication networks (whereas an AAN does), and therefore a CVP cannot be used to measure the converted common mode voltage. For the same reason, a combination of a CVP and a current probe cannot replace the AAN.

The TCM impedance tolerance is $\pm 20 \Omega$ over the frequency range of 0,15 MHz to 30 MHz. If the capacitive voltage probe loading acts to reduce the 150 Ω TCM impedance at most down to 130 Ω , the capacitance of the capacitive voltage probe to the cable attached to the EUT

port under test should be < 5 pF at 30 MHz (i.e. the worst case frequency). At 30 MHz, 5 pF is an impedance of approximately $-j1\ 061\ \Omega$, which in parallel with $150\ \Omega$ yields a combined TCM of approximately $148\ \Omega$. Refer to Figure G.2 of CISPR 16-1-2: 2014 for further background information.

The first approach to construction of a capacitive voltage probe is to have the probe be a single device that relies on physical distance from the cable attached to the EUT port under test to achieve the < 5 pF loading. This style of capacitive voltage probe is described in 5.2.2 of CISPR 16-1-2: 2014.

The second approach to construction of a CVP uses a capacitive coupling device in close proximity to the cable attached to the EUT port under test (the device is actually in physical contact with the insulation of the cable attached to the EUT port under test). A standard oscilloscope-type voltage probe having an impedance $> 10\ \text{M}\ \Omega$, with a probe capacitance < 5 pF, is placed in series with the capacitive coupling device. The theory is that the probe capacitance in series with the capacitance of the capacitive coupling device will present only the probe capacitance to the cable attached to the EUT port under test. In practice, given the physical size of the capacitive coupling device, it is possible to have a large stray capacitance in parallel with the probe capacitance. If this occurs, the total capacitive loading will be greater than that of the probe itself, and the requirement to have loading < 5 pF may be violated. If this technique is employed, the capacitive loading should be verified by measurement, i.e. not rely only on theory.

This capacitance measurement can be made with any capacitance meter that can operate over the 150 kHz to 30 MHz frequency range. The capacitance is measured between the cable attached to the EUT port under test (all wires in the cable are connected together at the connection point to the meter) and the RGP. The same type of cable used in the conducted disturbance measurement should be used for this capacitance measurement.

NOTE 2 The uncertainty of this method is lowest if the length of cable between the EUT and AE is less than 1,25 m. Significantly longer cables are subject to standing waves, which can adversely affect voltage and current measurements.

G.4 Combination of current limit and voltage limit

If the TCM impedance is not $150\ \Omega$, the measurement of the voltage or the current alone is not acceptable, because of a very high measurement uncertainty due to the undefined and unknown TCM impedances. However, if both voltage and current are measured, with limits on current and voltage applied simultaneously, the result is a worst case estimation of the disturbance, as explained below.

The basic circuit for which the limits are defined is shown in Figure G.1. This circuit is the reference for which the limits expressed in terms of current and voltage are derived; any other measurement should be compared to this basic circuit. In Figure G.1, Z_1 is an unknown parameter of the EUT; Z_2 is $150\ \Omega$ in the reference measurement.

If the measurement is performed without specifying the TCM impedance seen by the EUT, the simplified circuit is as shown in Figure G.2, where the TCM impedance Z_2 seen by the EUT is defined by the AE, and can have any value. Therefore, Z_1 as well as Z_2 are unknown parameters of the measurement.

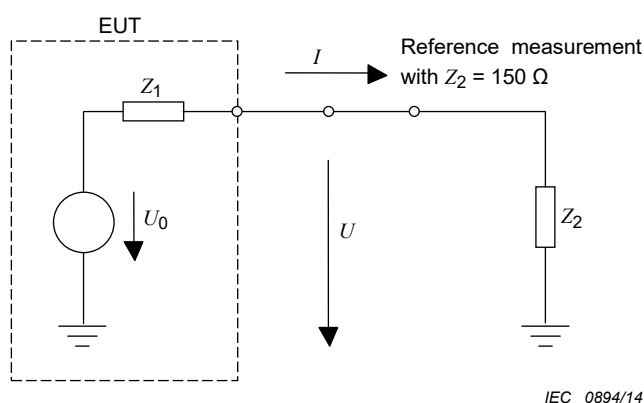


Figure G.1 – Basic circuit for considering the limits with a defined TCM impedance of 150 Ω

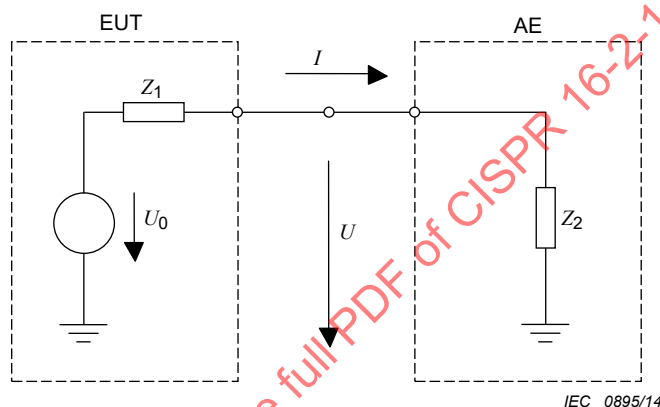


Figure G.2 – Basic circuit for the measurement with unknown TCM impedance

If the measurement is performed using the circuit of Figure G.1, the current limit and the voltage limit are equivalent. The relation between current and voltage will always be 150 Ω, and either can be used to determine compliance. However, this is not the case if Z_2 is not 150 Ω (i.e. see Figure G.2).

It is important to note that compliance with the limit is not solely determined by the source voltage U_0 . The disturbance voltage measured should use a standardized Z_2 of 150 Ω, and depends on Z_1 , Z_2 and U_0 together. For example, for the set-up of Figure G.1, the voltage limit value can be reached with an EUT containing a high impedance Z_1 and a high source voltage U_0 , or with a lower U_0 combined with a lower impedance Z_1 .

In the more general case of Figure G.2, where Z_2 is not defined, it is not possible to measure the exact value of the disturbance voltage. Because Z_1 and U_0 are not known, it is not possible to derive the disturbance voltage, even if the value of Z_2 is known (or is measured or calculated from I and U). For example, if an EUT with disturbance above the limit is evaluated only by measuring the voltage in a test set-up with low Z_2 ($Z_2 < 150 \Omega$) at the AE side, the EUT might still seem to comply with the limits. In contrast, if the same EUT is measured only by measuring the current in a test set-up with high Z_2 (for example by adding ferrites), the EUT might again seem to comply with the limits.

However, it can be shown that if the current limit and the voltage limit are applied simultaneously, an EUT with disturbance results exceeding the limits will always be identified by exceeding either the current limit (if Z_2 is $< 150 \Omega$) or the voltage limit (if Z_2 is $> 150 \Omega$).

If the TCM impedance of the AE (Z_2) differs significantly from 150 Ω , it is possible that an EUT which would comply with the limits if measured with $Z_2 = 150 \Omega$ may be deemed non-compliant. However, it will never happen that an EUT not complying with the limits is deemed to be compliant. A measurement according to H.5.4 is therefore a worst case estimation of the disturbance. If an EUT exceeds the limit with the H.5.4 method, it is possible the EUT would comply with the limits if it could be measured with $Z_2 = 150 \Omega$.

G.5 Adjusting the TCM impedance with ferrites

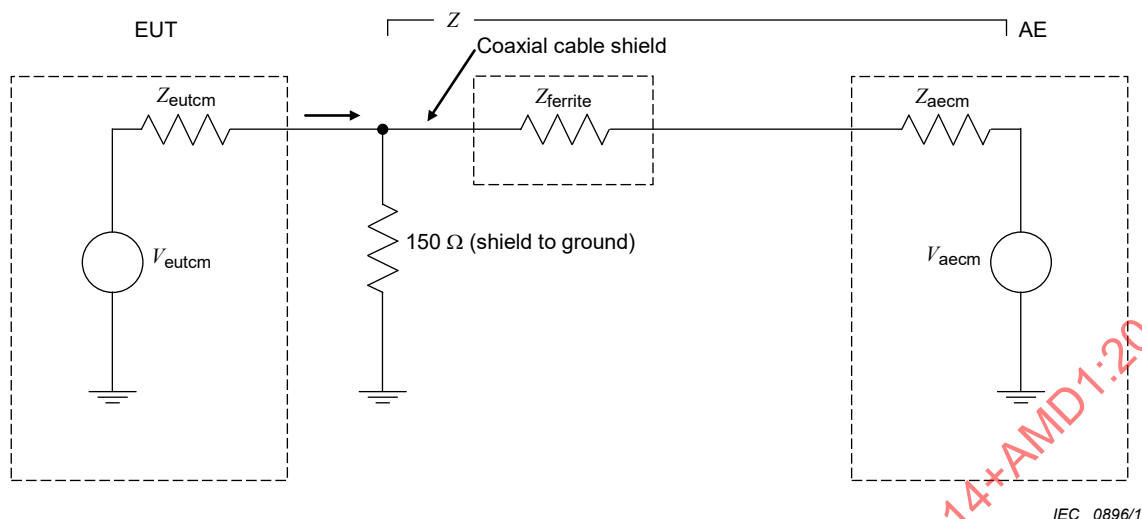
In some cases (i.e. if the TCM impedance at the AE side is originally lower than 150 Ω), it is possible to adjust the impedance by adding ferrites on the cable attached to the EUT port under test. Subclause H.5.5 requires measurement of the TCM impedance, and adjustment of the ferrites at each frequency to be measured, until the TCM impedance is $150 \Omega \pm 20 \Omega$. Therefore, the method is relatively complicated and time-consuming if applied for the full frequency spectrum. If the TCM impedance at the AE side is originally higher than 150 Ω , there is no way to adjust the impedance to 150 Ω by adding ferrites or shifting the position of the ferrites for frequencies below 30 MHz (though other methods to adjust the TCM impedance for specific frequencies could be used instead).

G.6 Ferrite specifications for use with methods of Annex H

Subclause H.5.3 defines a test set-up for measuring the common mode conducted disturbance on the shield of a coaxial cable. A load impedance of 150 Ω is connected between the coaxial shield and the RGP, as shown in Figure H.2. Ferrites are shown placed over the coaxial shield between the 150 Ω load and the AE. The following paragraphs present methods for verifying that the ferrites satisfy the requirements of H.5.3.

Figure G.3 shows all of the basic impedances involved in Figure H.2. The ferrites are specified in H.5.3 to provide high impedance such that the common mode impedance towards the right of the 150 Ω resistor shall be sufficiently large so as to not affect the measurement (Z in Figure G.3).

The previous paragraph infers that the combined series impedance of Z_{ferrite} and Z_{aecom} should not load down the 150 Ω resistor. The general approach in the CISPR 16 series is for a tolerance of $\pm 20 \Omega$ on 150 Ω common mode loads over the frequency range of 0,15 MHz to 30 MHz. Combining these two concepts, the combined series impedance of Z_{ferrite} and Z_{aecom} in parallel with the 150 Ω resistor (Z in Figure G.3) should be no lower than 130 Ω . This in turn implies that this relationship should hold regardless of the value of Z_{aecom} .



Key

V_{eutcm}	common mode voltage generated by the EUT
Z_{eutcm}	common mode source impedance of the EUT
V_{aecm}	common mode voltage generated by the AE
Z_{aecm}	common mode source impedance of the AE
$Z_{ferrite}$	impedance of the ferrites
Z	combined impedance of the 150 Ω load, $Z_{ferrite}$, and Z_{aecm}

Figure G.3 – Impedance layout of the components used in Figure H.2

To establish the impedance characteristics of the ferrites, only two cases need to be considered, i.e. Z_{aecm} = open circuit, and Z_{aecm} = short-circuit. If the ferrites can be selected to satisfy these requirements, any value of Z_{aecm} will be acceptable.

- Case 1: Z_{aecm} = open circuit

The combined series impedance of $Z_{ferrite}$ and Z_{aecm} is also an open circuit. An open circuit in parallel with the 150 Ω load yields 150 Ω. $Z_{ferrite}$ can be of any value.

- Case 2: Z_{aecm} = short-circuit

The combined series impedance of $Z_{ferrite}$ and Z_{aecm} is equal to $Z_{ferrite}$. The value of $Z_{ferrite}$ in parallel with the 150 Ω resistor shall then be no lower than 130 Ω. In equation form:

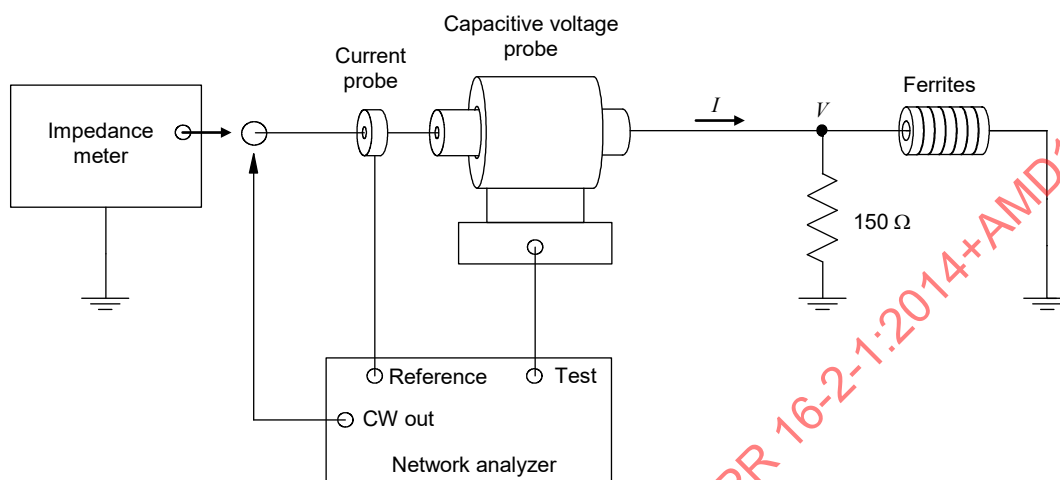
$$\frac{150Z_{ferrite}}{150 + Z_{ferrite}} \geq 130 \Omega$$

Solving for $Z_{ferrite}$ yields a value of 975 Ω. This implies that the ferrites selected for this application shall have a minimum impedance of 975 Ω over the frequency range of 0,15 MHz to 30 MHz. For a given set of ferrites, the minimum impedance ($j\omega L$) will occur at the minimum frequency of 0,15 MHz.

Combining the two conditions described above, it is seen that the second condition at 0,15 MHz sets the minimum requirements for the impedance of the ferrites. Any value of impedance for the ferrites above this value would be acceptable.

In order to establish that the selected ferrites will accomplish the intended function, use of the test set-up shown in Figure G.4 is suggested. A traditional impedance meter/analyzer can be used to measure the impedance between point Z (I and V in Figure G.4) and the reference ground. Another approach is to measure the individual voltage and current at point Z, then calculate the impedance. At a minimum, the impedance measurement should be made at 0,15 MHz. However, it is advisable to measure the impedance across the entire 0,15 MHz to 30 MHz range, to ensure that any stray capacitance associated with the ferrites and the

coaxial cable does not degrade the ferrite impedance. This effect is of concern because laboratory data have shown that it is unlikely that the desired impedance can be achieved with only a single pass of the coaxial cable through the ferrites – i.e. multiple passes through the ferrites are necessary. This arrangement increases the chances of stray capacitance adversely affecting the impedance of the ferrites. It has been demonstrated that in the laboratory that the desired impedance versus frequency can be achieved.



IEC 0897/14

Figure G.4 – Basic test set-up to measure combined impedance of the 150 Ω and ferrites

Annex H (normative)

Specific guidance for conducted disturbance measurements on telecommunication ports

H.1 General

The purpose of Annex H is to define methods of measurement of the unwanted common mode disturbance at the telecommunication ports of an EUT. Various measurement procedures can be used, as summarized in Table H.1.

Where there are multiple similar ports on an EUT, it shall be shown by pre-scanning or some other technique that the ports are similar in their emissions performance, and that the conducted disturbance on the selected port is representative of the other similar ports.

Table H.1 – Telecommunication port disturbance measurement procedure selection

	Cable type	Number of pairs	Example ANs	Measurement type	Procedures
1	Balanced, unscreened	1 (2 wires) 2 (4 wires) 3 (6 wires) 4 (8 wires)	Figure I.1 Figure I.2 Figure I.3 Figure I.3	Voltage	H.5.2
2	Balanced, unscreened	1 (2 wires) 2 (4 wires) 3 (6 wires) 4 (8 wires) > 4 (> 8 wires)	Not applicable	Voltage and current	H.5.4 Adjustment of the matching network (CMAD) may be required to achieve the specified impedance.
3	Screened or coaxial	Not applicable	Figure I.10 Figure I.8	Voltage	H.5.2
4	Screened or coaxial	Not applicable	Not applicable	Current or voltage	H.5.3
5	Unbalanced cables	Not applicable	Not applicable	Voltage and current	H.5.4 Adjustment of the matching network (CMAD) may be required to achieve the specified impedance.
6	Unbalanced mains	Not applicable	Relevant AMN	Voltage	The AMN shall be used as a voltage probe.
Further details: a) Where used, an AAN shall satisfy all the requirements defined in Clause H.2. b) Where used, the current probe shall satisfy the requirements defined in Clause H.3 and the voltage probe shall satisfy the requirements defined in Clause H.4. c) When measuring the mains terminal disturbance voltages, the mains voltage shall be supplied to the EUT via the AMN used. d) The procedure described in H.5.2 gives results with the lowest measurement uncertainty. e) Each EUT unscreened symmetric telecommunication port shall be tested with the example AAN applicable to the total number of balanced pairs in that EUT port (for example, a four-pair EUT port shall use the example AAN shown in Figures I.3, I.6 or I.7), provided that at least one pair is used for balanced telecommunication and is independent of how the other pairs in the cable are used. f) The AANs shown in Figures I.2 and I.3 can be used for any number of pairs up to the maximum; remaining AANs from Annex I are appropriate only for use with the stated number of pairs in the cable.					

H.2 Characteristics of AANs

Measurement of common mode (asymmetric mode) current or voltage emissions at wired network ports for attachment of unscreened balanced pairs shall be performed with the wired network port connected by a cable to an AAN; thus, the AAN shall define the common mode termination impedance seen by the wired network port during the disturbance measurements.

The AAN (as calibrated including all appropriate adapters required to connect to the EUT and AE) shall have the following properties:

- The common mode termination impedance in the frequency range 0,15 MHz to 30 MHz shall be $150 \Omega \pm 20 \Omega$, phase angle $0^\circ \pm 20^\circ$.
- The AAN shall provide sufficient isolation against emissions from an AE or load connected to the wired network port being measured. The attenuation of the AAN, for common mode emissions originating from the AE, shall be such that the measured level of these emissions at the measuring receiver input shall be at least 10 dB below the relevant emission limit.

The preferred isolation is:

- 150 kHz to 1,5 MHz, isolation > 35 dB to 55 dB, increasing linearly with the logarithm of the frequency;
- 1,5 MHz to 30 MHz, isolation > 55 dB.

NOTE Isolation is the decoupling of common mode disturbance originating in an AE and subsequently appearing at the EUT port of the AAN. Certain parameters of the test system are considered in determining the adequate requirement for disturbance levels.

- The AAN shall meet the longitudinal conversion loss (a_{LCL}) requirements from 150 kHz to 30 MHz stated in Table H.2. Actual LCL values to simulate different cable categories are defined in Table H.2.

Table H.2 – a_{LCL} values

Cable type	a_{LCL} dB	Tolerance dB
Cat 3 (or better)	$a_{LCL} = 55 - 10 \lg \left[1 + \left(\frac{f}{5} \right)^2 \right]$	± 3
Cat 5 (or better)	$a_{LCL} = 65 - 10 \lg \left[1 + \left(\frac{f}{5} \right)^2 \right]$	± 3 for $f < 2$ MHz $-3 / +4,5$ for $2 \text{ MHz} \leq f \leq 30 \text{ MHz}$
Cat 6 (or better)	$a_{LCL} = 75 - 10 \lg \left[1 + \left(\frac{f}{5} \right)^2 \right]$	± 3 for $f < 2$ MHz $-3 / +6$ for $2 \text{ MHz} \leq f \leq 30 \text{ MHz}$

NOTE 1 The equations provide the variation of LCL (a_{LCL}) in dB with frequency f in MHz.

NOTE 2 LCL versus frequency is an approximation of the LCL of typical unscreened balanced cables in representative environments. The specification for category 3 is considered representative of the LCL of typical telecommunication access networks.

- The insertion loss, or other deterioration of the signal quality in the wanted signal frequency band caused by the presence of the AAN, shall not significantly affect the normal operation of the EUT.
- The voltage division factor (F_{AAN}) shall be ± 1 dB from 150 kHz to 30 MHz. The AAN voltage division factor is calculated as follows:

$$F_{\text{AAN}} = 20 \lg \left| \frac{V_{\text{cm}}}{V_{\text{mp}}} \right| \text{ dB}$$

where V_{cm} is the common mode voltage appearing across the common mode impedance presented to the EUT by the AAN, and V_{mp} is the resulting receiver voltage measured directly at the voltage measuring port. The voltage division factor shall be added to the receiver voltage measured directly at the voltage measuring port, and the result compared with the voltage limits as applicable. The voltage division factor is a calibrated quantity with an uncertainty and no tolerance.

H.3 Characteristics of current probe

The current probe shall have a uniform frequency response without resonances (over the frequency range of interest), and shall be capable of operating without saturation effects caused by the operating currents in the primary winding.

During measurements of currents, where an AAN is used to terminate the line, a current probe is inadequate for determining the converted common mode, and therefore shall not be used.

The insertion impedance of the current probe shall not be larger than 1Ω (see 5.1 of CISPR 16-1-2: 2014).

H.4 Characteristics of capacitive voltage probe

The capacitive voltage probe defined in 5.2.2 of CISPR 16-1-2: 2014 shall be used.

H.5 Procedures for common mode measurements

H.5.1 General

Clause H.5 describes the measurement procedures that can be used to measure the CM conducted disturbance of wired network ports. Depending on the cable type, different procedures can be used, each with its advantages and disadvantages (see also Annex G).

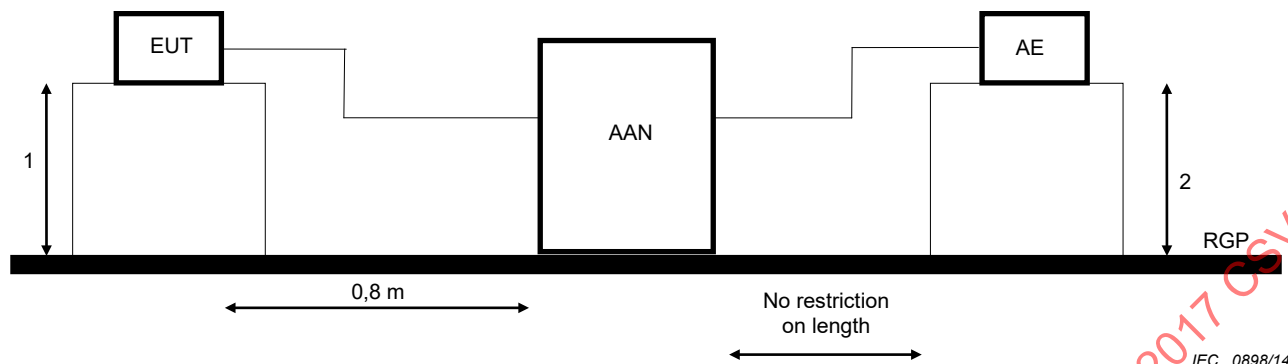
H.5.2 Measurement procedure using AANs

Measurement is made at wired network ports using AANs with longitudinal conversion losses as defined in Table H.2. The EUT shall not exceed the applicable limits when measured with the AAN according to the cable category specified by the equipment documentation provided to the user.

When disturbance voltage measurements are performed, an AAN providing a voltage measuring port suitable for connection to a measuring receiver, while satisfying the wired network port common mode termination impedance requirements, shall be used.

For unscreened cables containing balanced pairs, the AAN according to Clause H.2 shall be used. The LCL values of the AAN shall be within the tolerance in Table H.2 of an AAN appropriate to the cable category connected to the EUT.

- a) Arrange the EUT as per Figure H.1.
- b) Measure the voltage at the measurement port of the AAN, then correct the reading by adding the AAN voltage division factor (F_{AAN}) defined in list item e) of Clause H.2, then compare to the limit.



Key

- 1 Distance to the horizontal RGP: 40 cm for tabletop equipment; up to 15 cm for floor standing equipment. Alternatively, tabletop EUT can be 40 cm from a vertical RGP.
- 2 Distance to the RGP is not critical if the AAN provides sufficient isolation against emissions from an AE.

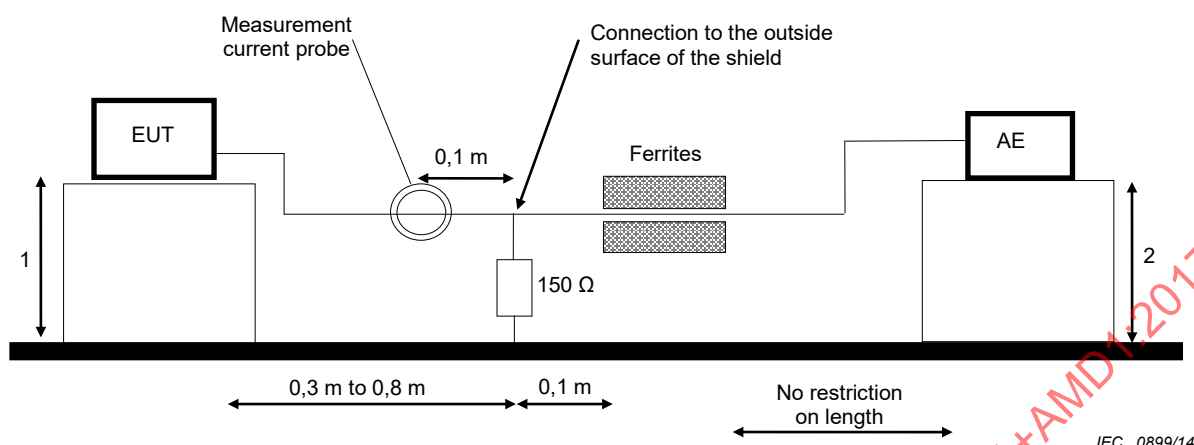
Figure H.1 – Measurement set-up using an AAN

H.5.3 Measurement procedure using a 150 Ω load connected to the outside surface of the cable screen

This procedure can be used for all types of coaxial cables, metallic screens or strength members on fibre optic cables or shielded multi-pair cables.

- a) Arrange the EUT as per Figure H.2.
- b) Break the external protective insulation (exposing the shield), and connect a 150 Ω resistor using an electrical connection from the cable screen to the RGP (through the 150 Ω resistor). The length of this electrical connection shall be $\leq 0,3$ m from the outside surface of the screen to the RGP.
- c) Apply a ferrite tube or clamp between the 150 Ω connection and AE.
- d) Measure the current with a current probe and compare to the current limit. The common mode impedance towards the right of the 150 Ω resistor shall be sufficiently large so as not to affect the measurement. Use the method of H.5.5 to measure this impedance, which should be much larger than 150 Ω so as not to affect the measurement for frequencies emitted by the EUT.

Voltage measurement may also be performed in parallel with the 150 Ω resistor with a high impedance probe, or by using a "50 Ω to 150 Ω adaptor" (described in IEC 61000-4-6 [9] as a 150 Ω load) and applying the appropriate correction factor (9,5 dB in case of the "50 Ω to 150 Ω adaptor").



Key

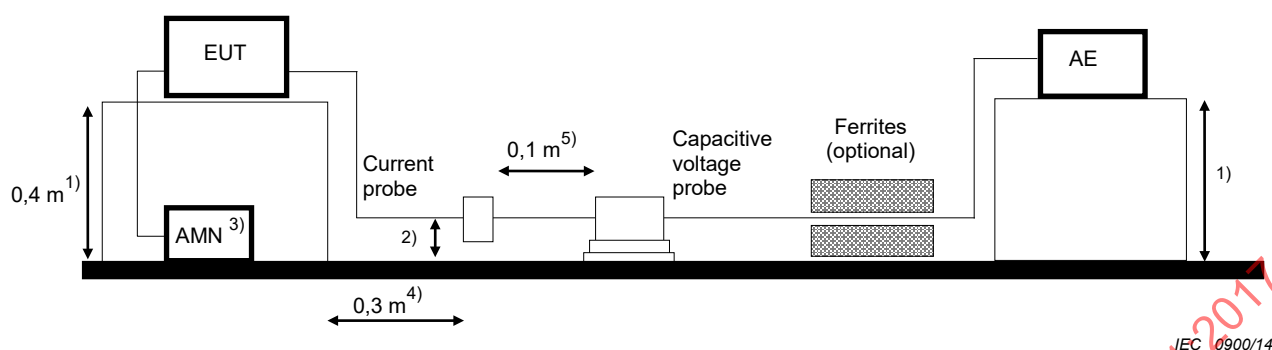
- 1 Distance to the horizontal RGP: 40 cm for tabletop equipment; up to 15 cm for floor standing equipment. Alternatively, tabletop EUT can be 40 cm from a vertical RGP.
- 2 Distance to the RGP is not critical if the impedance of the ferrite is higher than that given in G.6.

Figure H.2 – Measurement set-up using a 150 Ω load to the outside surface of the shield

H.5.4 Measurement procedure using a combination of current probe and capacitive voltage probe

Because an AAN is not used in the procedure, the common mode impedance is not stabilized; therefore the EUT is measured against both the voltage and the current limits, as defined in the following steps:

- a) Arrange the EUT as per Figure H.3.
- b) Measure the current with a current probe, and compare the results against the current limits.
- c) Measure the voltage with a capacitive voltage probe as specified in H.4.
 - 1) Adjust the measured voltage as follows:
 - i) Current margin ≤ 6 dB: subtract the actual current margin from the measured voltage.
 - ii) Current margin > 6 dB: subtract 6 dB from the measured voltage.
 - 2) Compare the adjusted voltage with the applicable voltage limit.
 - 3) Both the measured current and the adjusted voltage shall be below the applicable current and voltage limits.
- d) If the EUT has met both limits at all frequencies, then the EUT is compliant.



It is not required to place both the current probe and the capacitive voltage probe in the measurement set-up at the same time unless simultaneous current and voltage measurements are to be made.

- 1) Distance to the horizontal RGP: 40 cm for tabletop equipment; up to 15 cm for floor standing equipment. Alternatively, a tabletop EUT can be 40 cm from a vertical RGP.
- 2) The cable used in testing shall drop directly from the EUT to a position $4 \text{ cm} \pm 1 \text{ cm}$ from the RGP, and run at this position between the EUT and AE tables. This restriction does not apply to the section of the cable passing through the voltage probe.
- 3) Unless battery operated, the EUT shall be powered using an AMN placed on the RGP at $> 10 \text{ cm}$ from the nearest edge of the RGP. The EUT power cord shall be routed away from the cable used in testing, to minimize coupling or crosstalk effects.
- 4) The horizontal projection of the EUT to the measurement device shall be $30 \text{ cm} \pm 1 \text{ cm}$.
- 5) The current and voltage probes shall be separated by $10 \text{ cm} \pm 1 \text{ cm}$. Either the current probe (as shown) or the capacitive voltage probe may be placed on the EUT side.

Figure H.3 – Measurement set-up using current and capacitive voltage probes

H.5.5 Measurement of cable, ferrite and AE common mode impedance

One of the following three procedures is used to measure the total common mode (TCM) impedance of cable, ferrite, and AE:

a) Procedure using two current probes

- 1) Characterize the "drive" probe and measurement probe 50Ω system; see Figure H.4. Insert a drive voltage (V_1) from a signal generator into the "drive" probe, and record the resulting current (I_1) in the measurement probe.
- 2) Remove the cable from the EUT and short it to ground at the EUT end.
- 3) Apply the same drive voltage (V_1) to the cable with the same "drive" probe.
- 4) Measure the current with the same measurement probe and calculate the common mode impedance of the cable, ferrite, and AE combination by comparing the current (I_2) read by the measurement probe with that in the first step (common mode impedance = $50 \times I_1/I_2$). For example, if I_2 is half I_1 , then the common mode impedance is 100Ω .
- 5) This TCM impedance measurement technique shall be used only under the following conditions:

The loop length (circumference) in the 50Ω characterization set-up of Figure H.4 shall be within 0.9 times to 1.1 times the total loop length in Figure H.2 and both loop lengths shall be less than 1.25 m. These conditions are necessary to minimize loop resonance(s) that could affect the impedance measurement and increase measurement uncertainty.

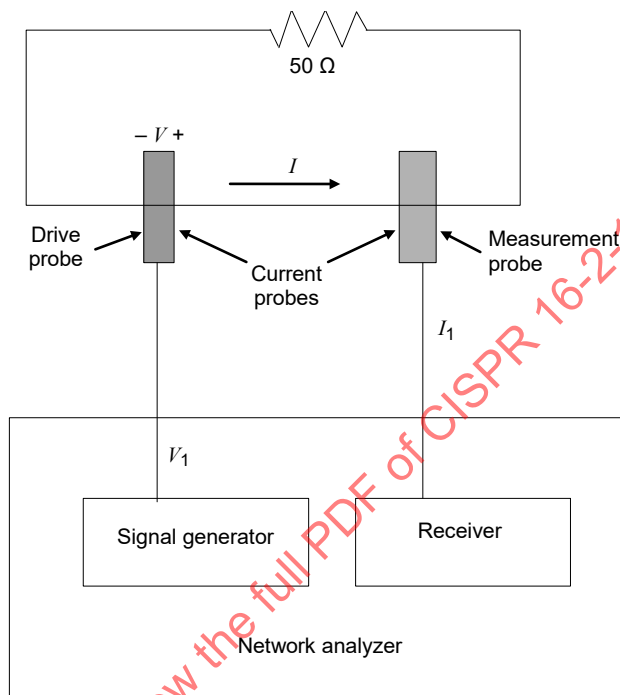
b) Procedure using an impedance analyzer

Connect the impedance analyzer between the cable attached to the EUT port being measured and the RGP. The EUT is disconnected for this measurement, and all wires in the cable attached to the EUT port being measured, including the shield if present, are

connected together at the point where they are connected to the impedance analyzer. The cable length conditions cited above shall be applied for this measurement. This measurement set-up is similar to that shown in Figure G.4.

c) Procedure using a network analyzer

Using a network analyzer, a current probe, and a capacitive voltage probe, measure the common mode voltage and current. The ratio of the voltage to the current on the cable attached to the EUT port under test, as measured with the network analyzer, defines the TCM impedance. This measurement test set-up is similar to that shown in Figure G.4. All wires in the tested cable, including the shield if present, shall be connected together at the EUT end of the cable, similar to the procedure described in item b).



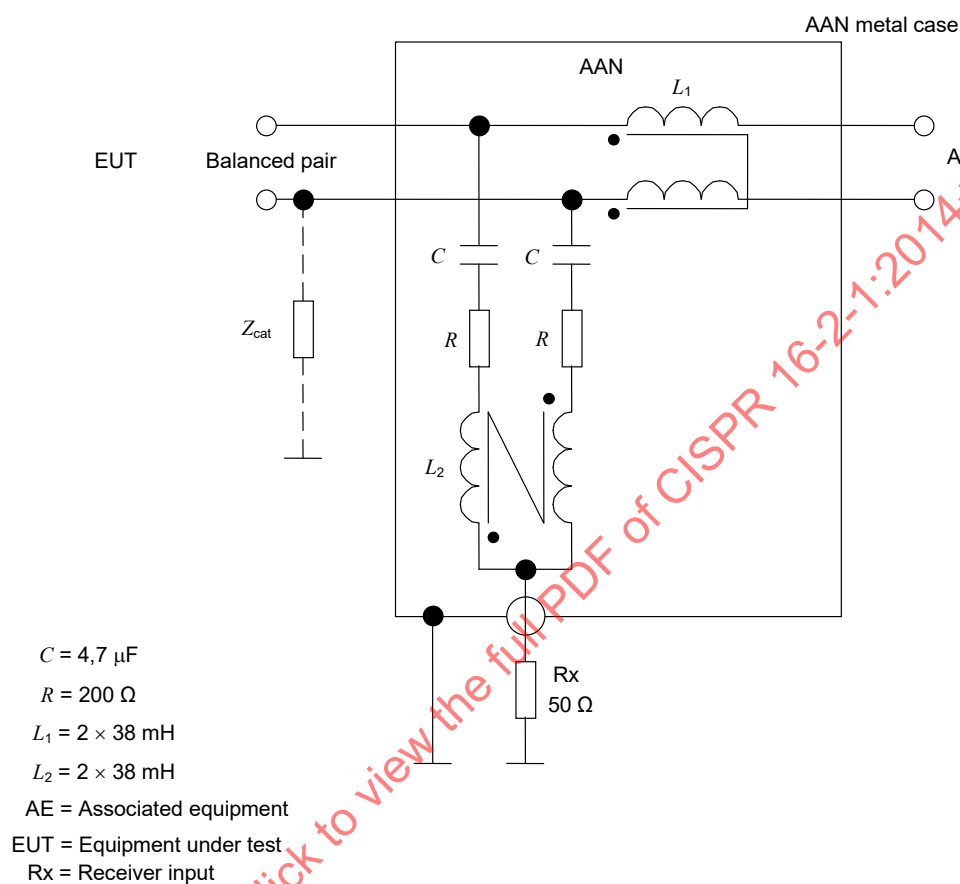
IEC 0901/14

Figure H.4 – Characterization set-up

Annex I (informative)

Examples of AANs and ANs for screened cables

Figures I.1 through I.7 provide schematic diagrams of examples of AANs. Figures I.8 through I.11 provide diagrams of examples of ANs for screened cables.

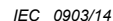


IEC 0902/14

NOTE 1 Nominal voltage division factor = 9,5 dB.

NOTE 2 Z_{cat} represents the unbalanced network required to adjust the LCL.

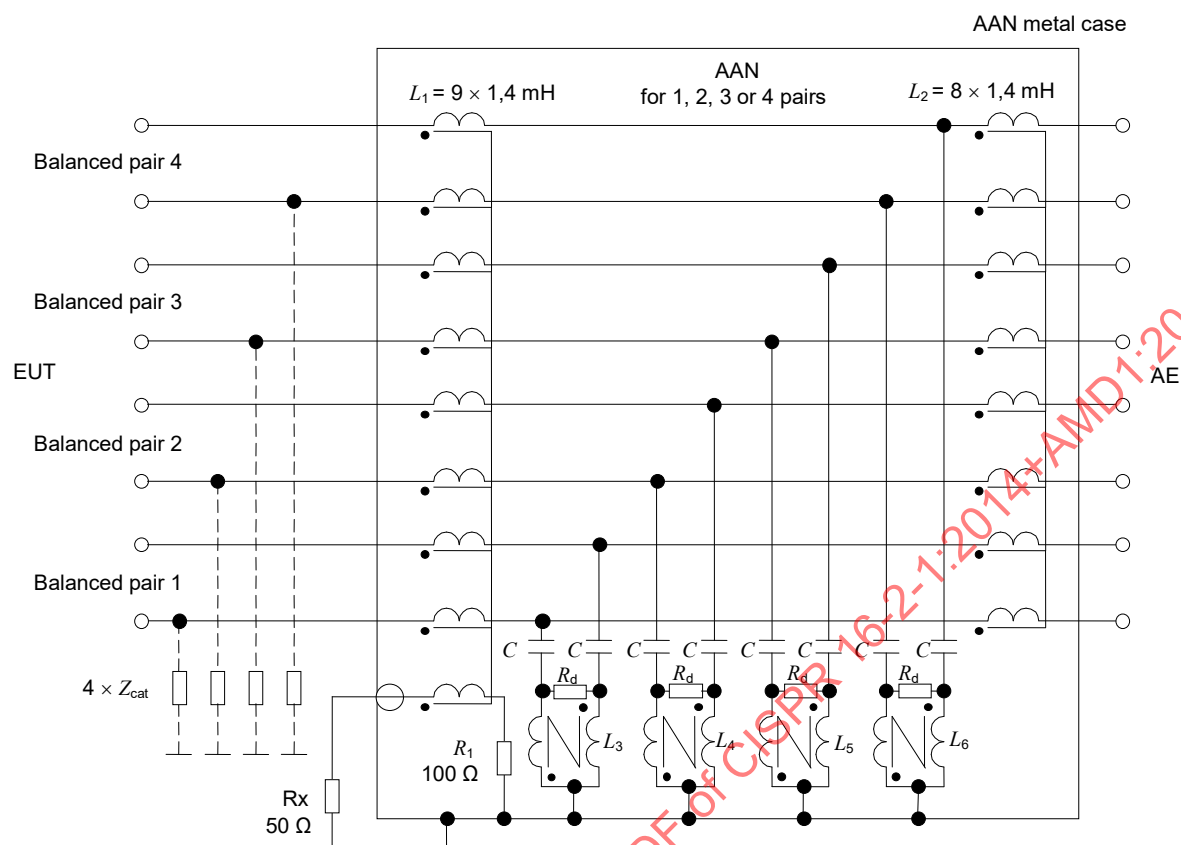
Figure I.1 – Example AAN for use with unscreened single balanced pairs



NOTE 2 Z_{cat} represents the unbalanced network required to adjust the applicable LCL.

NOTE 3 This AAN can be used to measure common mode disturbance equally well on a single unscreened balanced pair, or on two unscreened balanced pairs.

Figure I.2 – Example AAN with high LCL for use with either one or two unscreened balanced pairs



$C = 82 \text{ nF}$
 $R_d = 390 \Omega$
 AE = Associated equipment
 EUT = Equipment under test
 Rx = Receiver input
 $L_3, L_4, L_5 \text{ and } L_6 = 2 \times 3,1 \text{ mH}$
 $L_3, L_4, L_5 \text{ and } L_6$, provide a transverse inductance across each pair $= 4 \times 3,1 \text{ mH} = 12,4 \text{ mH}$

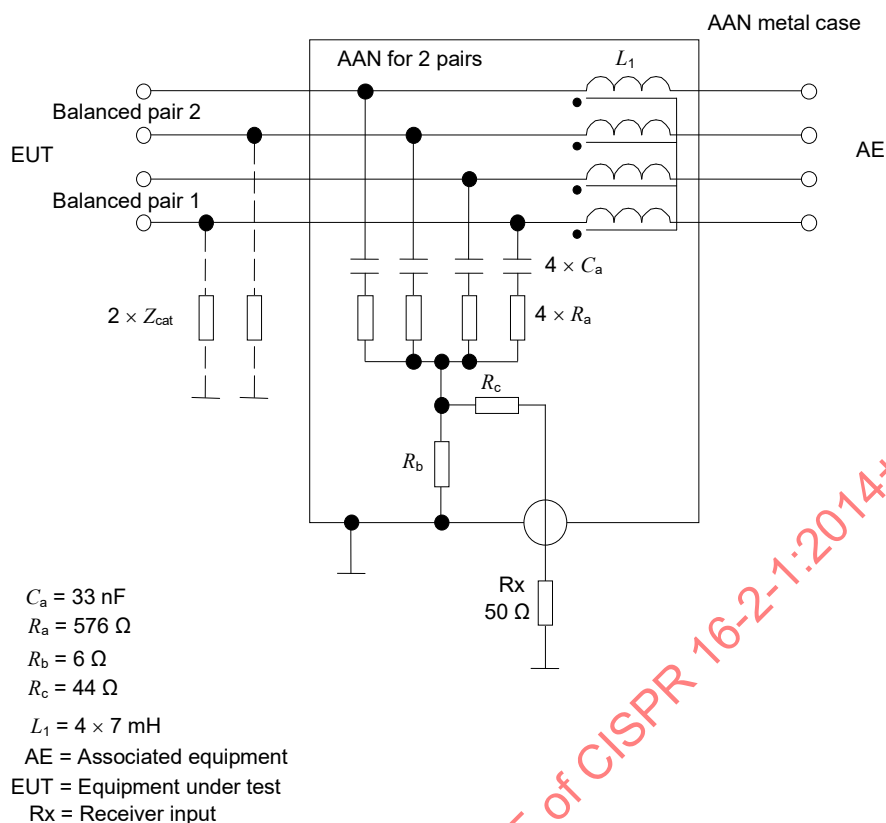
IEC 0904/14

NOTE 1 Nominal voltage division factor = 9,5 dB.

NOTE 2 Z_{cat} represents the unbalance network required to adjust the applicable LCL.

NOTE 3 This AAN can be used to measure common mode emissions equally well on a single unscreened balanced pair, or on two, three or four unscreened balanced pairs.

Figure I.3 – Example AAN with high LCL for use with one, two, three, or four unscreened balanced pairs



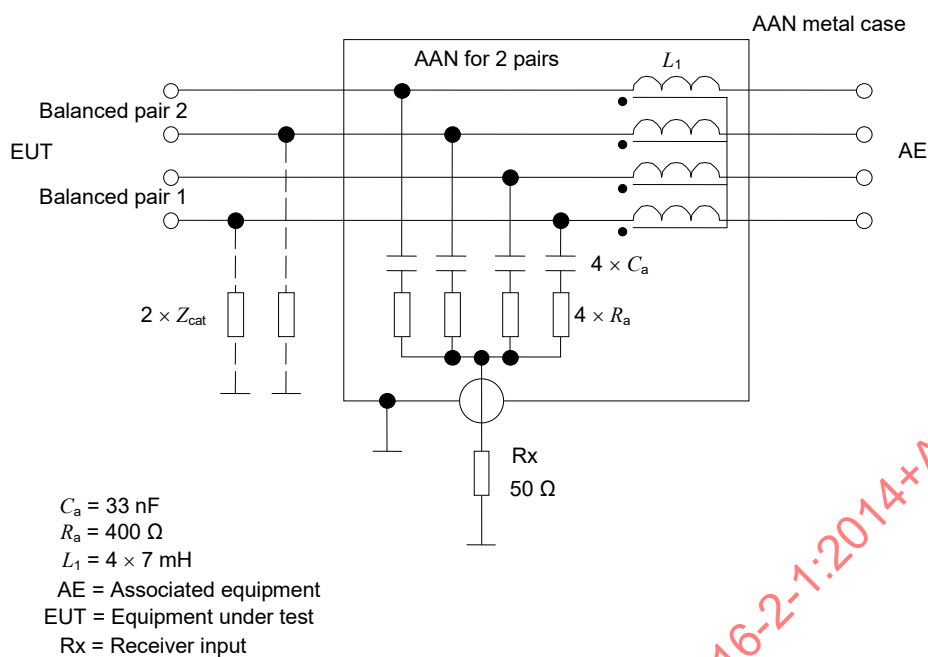
IEC 0905/14

CAUTION – Due to the possibility of erroneous measurement results, this AAN should not be used to measure common mode emissions on unscreened pair cables connected to telecommunication ports that contain only one active unscreened balanced pair.

NOTE 1 Nominal voltage division factor = 34 dB.

NOTE 2 Z_{cat} represents the unbalance network required to adjust the applicable LCL.

Figure I.4 – Example AAN, including a 50 Ω source matching network at the voltage measuring port, for use with two unscreened balanced pairs



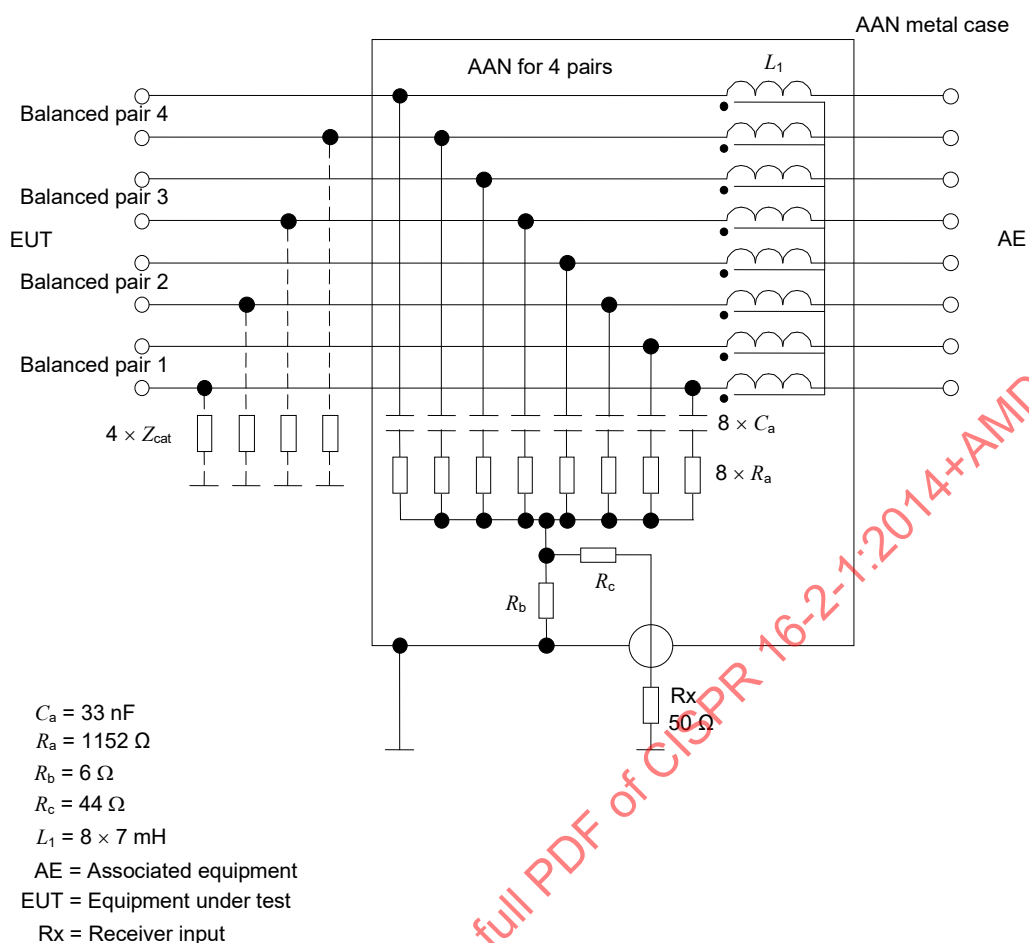
IEC 0906/14

NOTE 1 Nominal voltage division factor = 9,5 dB.

NOTE 2 Z_{cat} represents the unbalance network required to adjust the applicable LCL.

NOTE 3 **CAUTION** – Due to the possibility of erroneous measurement results, this AAN cannot be used to measure common mode emissions on unshielded pair cables connected to wired network ports that employ only one active unshielded balanced pair.

Figure I.5 – Example AAN for use with two unshielded balanced pairs



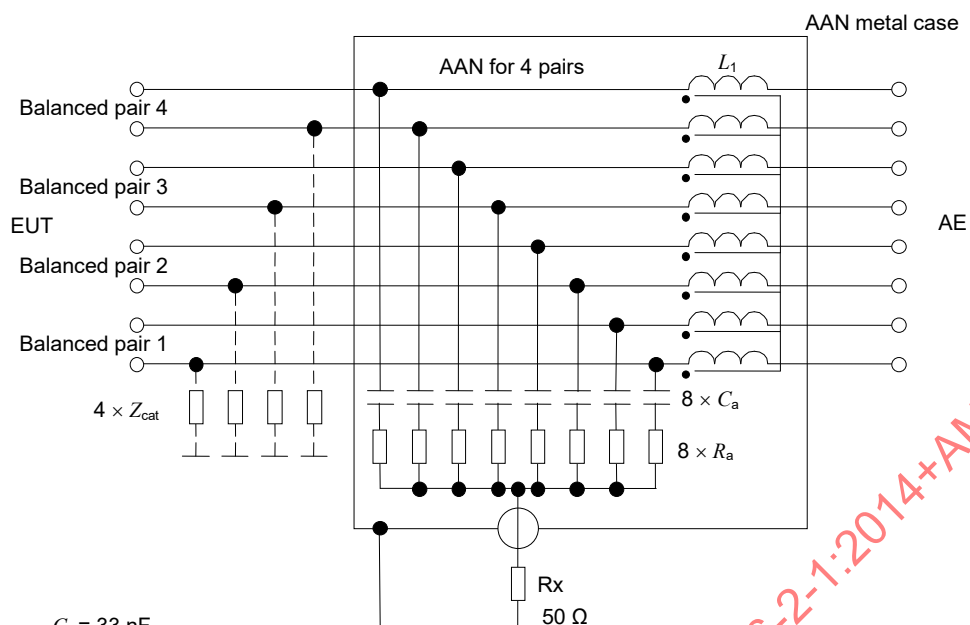
IEC 0907/14

NOTE 1 Nominal voltage division factor = 34 dB.

NOTE 2 Z_{cat} represents the unbalance network required to adjust the applicable LCL.

NOTE 3 **CAUTION** – Due to the possibility of erroneous measurement results, this AAN cannot be used to measure common mode emissions on unscreened pair cables connected to wired network ports that employ less than four active unscreened balanced pair.

Figure I.6 – Example AAN, including a 50 Ω source matching network at the voltage measuring port, for use with four unscreened balanced pairs



$C_a = 33 \text{ nF}$

$R_a = 800 \text{ } \Omega$

$L_1 = 8 \times 7 \text{ mH}$

AE = Associated equipment

EUT = Equipment under test

Rx = Receiver input

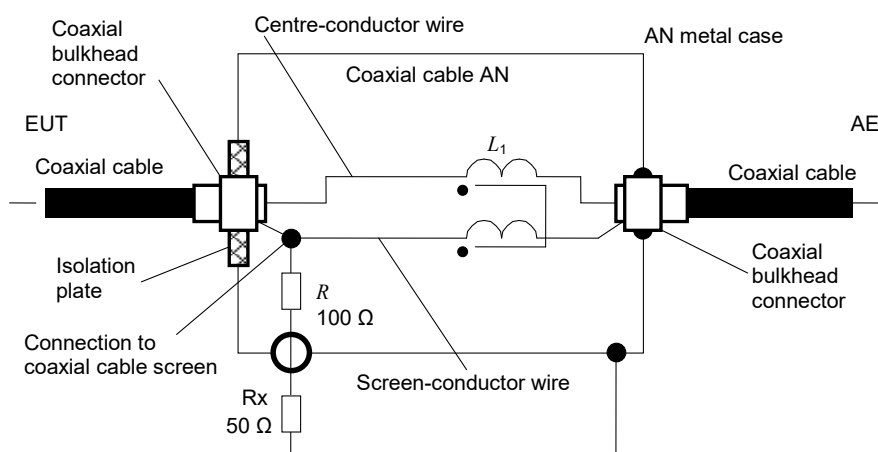
IEC 0908/14

NOTE 1 Nominal voltage division factor = 9,5 dB.

NOTE 2 Z_{cat} represents the unbalance network required to adjust the applicable LCL.

NOTE 3 **CAUTION** – Due to the possibility of erroneous measurement results, this AAN cannot be used to measure common mode emissions on unscreened pair cables connected to telecommunication ports that employ less than four unscreened balanced pairs.

Figure I.7 – Example AAN for use with four unscreened balanced pairs

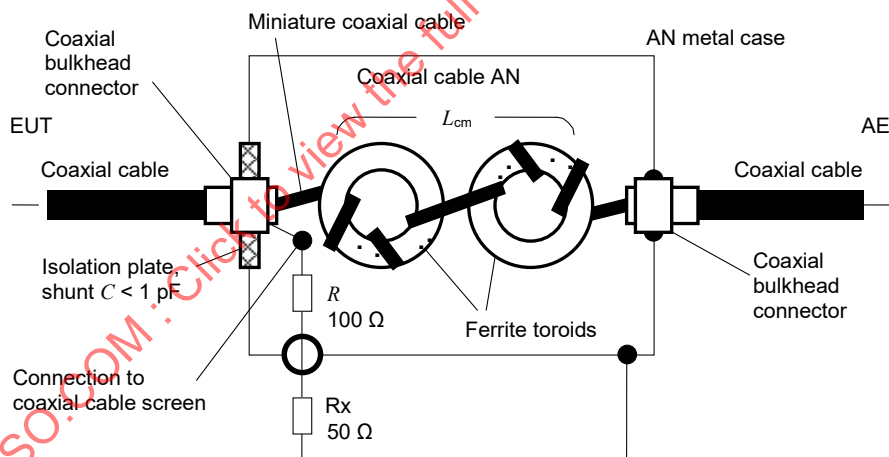


AE = Associated equipment
EUT = Equipment under test
Rx = Receiver input
Common mode choke $L_1 = 2 \times 7 \text{ mH}$

IEC 0909/14

NOTE Nominal voltage division factor = 9,5 dB.

Figure I.8 – Example AN for use with coaxial cables, employing an internal common mode choke created by bifilar winding an insulated centre-conductor wire and an insulated screen-conductor wire on a common magnetic core (for example, a ferrite toroid)



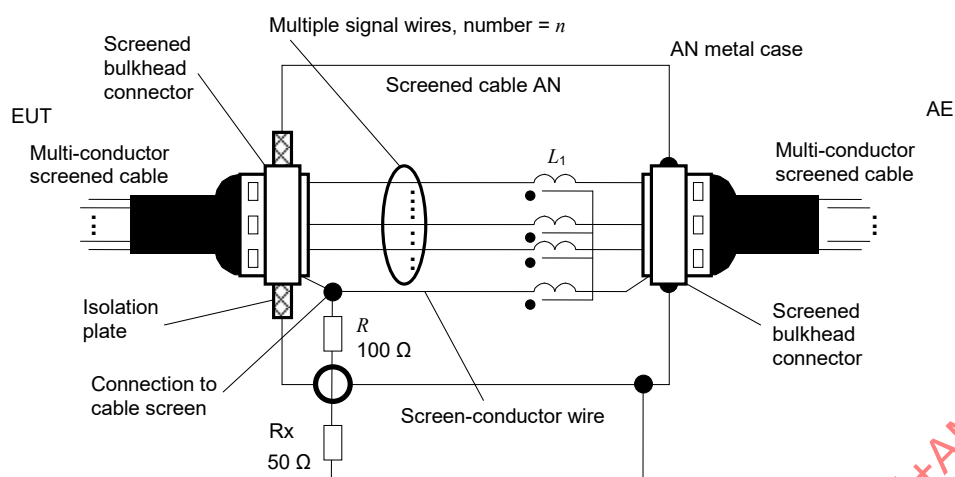
AE = Associated equipment
EUT = Equipment under test
Rx = receiver input
Common mode choke $L_{cm} > 9 \text{ mH}$, total parasitic shunt $C < 1 \text{ pF}$

IEC 0910/14

NOTE 1 Nominal voltage division factor = 9,5 dB.

NOTE 2 More toroids may be needed to fully meet the requirements for ANs.

Figure I.9 – Example AN for use with coaxial cables, employing an internal common mode choke created by miniature coaxial cable (miniature semi-rigid solid copper screen or miniature double-braided screen coaxial cable) wound on ferrite toroids

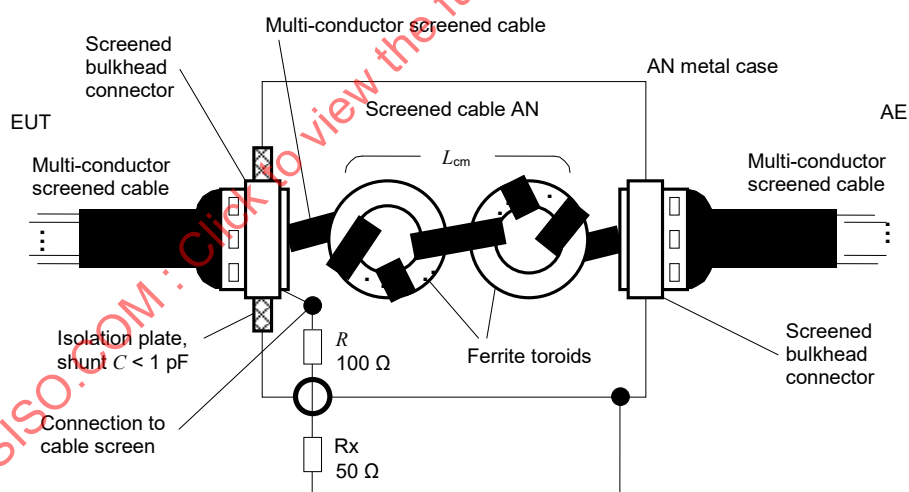


AE = Associated equipment
EUT = Equipment under test
Rx = Receiver input
Common mode choke $L_1 = (n + 1) \times 7 \text{ mH}$, where n = number of signal wires

IEC 0911/14

NOTE Nominal voltage division factor = 9,5 dB.

Figure I.10 – Example AN for use with multi-conductor screened cables, employing an internal common mode choke created by bifilar winding multiple insulated signal wires and an insulated screen-conductor wire on a common magnetic core (for example, a ferrite toroid)



AE = Associated equipment
EUT = Equipment under test
Rx = Receiver input
Common mode choke $L_{cm} > 9 \text{ mH}$, total parasitic shunt $C < 1 \text{ pF}$

IEC 0912/14

NOTE 1 Nominal voltage division factor = 9,5 dB.

NOTE 2 More toroids may be needed to fully meet the requirements for ANs.

Figure I.11 – Example AN for use with multi-conductor screened cables, employing an internal common mode choke created by winding a multi-conductor screened cable on ferrite toroids

Bibliography

- [1] CISPR 11:2003, *Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment – Electro-magnetic disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*
 - [2] CISPR 16-1-4:2010, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Antennas and test sites for radiated disturbance measurements*
 - [3] CISPR 16-2-3:2010, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity – Radiated disturbance measurements*
 - [4] CISPR/TR 16-3, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 3: CISPR technical reports*
 - [5] CISPR 16-4-1, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-1: Uncertainties, statistics and limit modelling – Uncertainties in standardized EMC tests*
 - [6] CISPR/TR 16-4-3:2004, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-3: Uncertainties, statistics and limit modelling – Statistical considerations in the determination of EMC compliance of mass-produced products*
 - [7] IEC/TR 60083:2006, *Plugs and socket-outlets for domestic and similar general use standardized in member countries of IEC*
 - [8] IEC 60364-4 (all sub-parts), *Low-voltage electrical installations – Part 4: Protection for safety*
 - [9] IEC 61000-4-6:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*
 - [10] IEC 61010-1:2001, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 1: General requirements*
 - [11] ITU-R Recommendation BS.468-4: *Measurement of audio-frequency noise voltage level in sound broadcasting*
 - [12] JCGM 200:2012, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*
-

STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of CISPR 16-2-1:2014+AMD1:2017 CSV

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	123
1 Domaine d'application	125
2 Références normatives	125
3 Termes, définitions et abréviations	126
3.1 Termes et définitions	126
3.2 Abréviations	132
4 Types de perturbations à mesurer	132
4.1 Généralités	132
4.2 Types de perturbations	133
4.3 Fonctions de détection	133
5 Connexion du matériel de mesure	133
5.1 Généralités	133
5.2 Connexion de l'équipement d'appoint	134
5.3 Connexions à la masse de référence ~~RE~~	134
5.4 Connexion entre le matériel en essai et le réseau fictif ~~d'alimentation~~ ~~(AMN)~~	136
6 Exigences et conditions générales de mesure	136
6.1 Généralités	136
6.2 Perturbation non produite par le matériel en essai	136
6.2.1 Généralités	136
6.2.2 Essais de conformité	136
6.3 Mesure d'une perturbation continue	137
6.3.1 Perturbation continue à bande étroite	137
6.3.2 Perturbation continue à large bande	137
6.3.3 Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à balayage	137
6.4 Disposition et conditions de mesure du matériel en essai	137
6.4.1 Disposition du matériel en essai	137
6.4.2 Conditions de charge normales	140
6.4.3 Durée de fonctionnement	140
6.4.4 Durée de fonctionnement préalable/de préchauffage	140
6.4.5 Alimentation	140
6.4.6 Mode de fonctionnement	140
6.4.7 Fonctionnement d'un matériel à fonctions multiples	140
6.4.8 Détermination de la ou des dispositions de matériel en essai qui maximise(nt) les émissions	141
6.4.9 Enregistrement des résultats de mesure	141
6.5 Interprétation des résultats de mesure	141
6.5.1 Perturbations continues	141
6.5.2 Perturbations discontinues	142
6.5.3 Mesure de la durée des perturbations	142
6.6 Temps de mesure et vitesses de balayage pour les perturbations continues	142
6.6.1 Généralités	142
6.6.2 Temps de mesure minimaux	142

6.6.3	Vitesses de balayage des récepteurs à balayage et des analyseurs de spectre.....	143
6.6.4	Durées de balayage pour les récepteurs à accord par palier.....	144
6.6.5	Stratégies pour une vue d'ensemble du spectre en utilisant le détecteur de crête.....	145
6.6.6	Considérations temporelles concernant l'utilisation d'appareils de mesure à FFT	149
7	Mesure des perturbations conduites le long de câbles, de 9 kHz à 30 MHz	151
7.1	Généralités	151
7.2	Matériel de mesure (récepteurs, etc.).....	151
7.2.1	Généralités	151
7.2.2	Utilisation des détecteurs pour les mesures des perturbations conduites.....	151
7.3	Matériel de mesure d'appoint	152
7.3.1	Généralités	152
7.3.2	Réseaux fictifs (AN).....	152
7.3.3	Sondes de courant.....	153
7.4	Configuration ~~du matériel en essai~~ de l'EUT et méthode de mesure.....	154
7.4.1	Disposition du matériel en essai et sa connexion au réseau fictif	154
7.4.2	~~Mode opératoire~~ Procédure de mesure des tensions perturbatrices ~~non symétriques avec des réseaux en V (AMN)~~ au moyen d'AN	160
7.4.3	Mesure des tensions en mode commun aux bornes de signaux en mode différentiel	169
7.4.4	Mesures au moyen de sondes de tension	170
7.4.5	Mesures au moyen d'une sonde de tension capacitive (CVP).....	174
7.4.6	Mesures au moyen de sondes de courant.....	174
7.5	Configuration d'essai des systèmes pour les mesures d'émissions conduites	175
7.5.1	Approche générale des mesures des systèmes	175
7.5.2	Configuration du système	175
7.5.3	Mesures des lignes d'interconnexion	178
7.5.4	Découplage des composantes du système.....	179
7.6	Mesures in situ	179
7.6.1	Généralités	179
7.6.2	Masse de référence	180
7.6.3	Mesure au moyen de sondes de tension	180
7.6.4	Choix des points de mesure.....	180
8	Mesure automatisée des perturbations	181
8.1	Précautions pour les mesures automatisées	181
8.2	Mode opératoire général de mesure.....	181
8.3	Mesures par prébalayage.....	182
8.4	Réduction des données.....	183
8.5	Maximisation des perturbations et mesure finale.....	183
8.6	Post-traitement et compte-rendu	183
8.7	Stratégies de la mesure de perturbations avec des appareils de mesure à FFT.....	184
9	Montage d'essai et mode opératoire de mesure utilisant le CDNE dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 300 MHz	184
9.1	Généralités	184

9.2	Montage d'essai.....	184
9.3	Mode opératoire de mesure	187
Annexe A (informative) Guide pour la connexion d'un matériel électrique au réseau fictif d'alimentation		188
A.1	Généralités	188
A.2	Classification des différents cas possibles	188
A.2.1	Matériels en essai correctement blindés, mais mal filtrés (Figures A.1 et A.2)	188
A.2.2	Matériels en essai correctement filtrés mais dont le blindage présente des fuites (Figures A.3 et A.4).....	189
A.2.3	Cas général pratique	190
A.3	Méthode de mise à la masse.....	192
A.4	Conditions de mise à la masse.....	192
A.4.1	Généralités	192
A.4.2	Classement des conditions d'essai typiques	193
A.5	Connexion du réseau fictif d'alimentation comme sonde de tension	193
Annexe B (informative) Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à balayage.....		196
B.1	Généralités	196
B.2	Surcharge	196
B.3	Essai de linéarité	196
B.4	Sélectivité	196
B.5	Réponse normale aux impulsions.....	196
B.6	Détection de crête.....	196
B.7	Vitesse de balayage en fréquence	197
B.8	Interception du signal.....	197
B.9	Détection de la valeur moyenne	197
B.10	Sensibilité	198
B.11	Précision en amplitude.....	198
Annexe C (informative) Arbre de décision pour l'utilisation des détecteurs pour les mesures des perturbations conduites		199
Annexe D (informative) Vitesses de balayage et temps de mesure utilisables avec le détecteur de valeur moyenne		201
D.1	Généralités	201
D.2	Suppression des perturbations impulsives	201
D.2.1	Généralités	201
D.2.2	Suppression de la perturbation impulsive par moyennage numérique	202
D.3	Suppression de la modulation d'amplitude	202
D.4	Mesure des perturbations à bande étroite légèrement intermittentes, instables ou variables	202
D.5	Mode opératoire recommandé pour les mesures automatiques ou semi-automatiques	204
Annexe E (informative) Lignes directrices pour l'amélioration du montage d'essai avec des réseaux fictifs (AN)		205
E.1	Vérification in situ de l'impédance d'un AN et du facteur de division en tension.....	205
E.2	Bobines PE et absorbeurs de courant de gaine pour la suppression des boucles de masse	208
Annexe F (normative) Détermination de l'adéquation des analyseurs de spectre à des essais de conformité		210

Annexe G (informative) Recommandations de base concernant les mesures sur les accès de télécommunication	211
G.1 Limites	211
G.2 Combinaison d'une sonde de courant et d'une sonde de tension capacitive (CVP)	212
G.3 Principes de base concernant la sonde de tension capacitive	213
G.4 Combinaison de la limite de courant et de la limite de tension	213
G.5 Réglage de l'impédance TCM avec des ferrites	215
G.6 Spécifications concernant les ferrites utilisées avec les méthodes décrites à l'Annexe H	215
Annexe H (normative) Recommandations spécifiques concernant les mesures des perturbations conduites sur les accès de télécommunication	218
H.1 Généralités	218
H.2 Caractéristiques des réseaux fictifs asymétriques (AAN)	219
H.3 Caractéristiques de la sonde de courant	220
H.4 Caractéristiques de la sonde de tension capacitive	220
H.5 Modes opératoires pour les mesures de mode commun	220
H.5.1 Généralités	220
H.5.2 Mode opératoire de mesure utilisant les réseaux fictifs asymétriques (AAN)	220
H.5.3 Mode opératoire de mesure utilisant une charge de 150 Ω sur la surface extérieure du blindage du câble	221
H.5.4 Mode opératoire de mesure utilisant une combinaison d'une sonde de courant et d'une sonde de tension capacitive	222
H.5.5 Mesure de l'impédance de mode commun du câble, de la ferrite et du matériel associé (AE)	223
Annexe I (informative) Exemples de réseaux fictifs asymétriques (AAN) et de réseaux fictifs (AN) pour câbles blindés	225
Bibliographie	234
Figure 1 – Exemple d'un montage d'essai recommandé avec bobines PE, trois réseaux fictifs d'alimentation et un absorbeur de courant de gaine sur le câble RF	135
Figure 2 – Mesure d'une combinaison d'un signal à onde entretenue ("bande étroite") et d'un signal impulsif ("large bande") en utilisant des balayages multiples avec maintien du maximum	146
Figure 3 – Exemple d'analyse temporelle	147
Figure 4 – Spectre à large bande mesuré avec un récepteur à accord par palier	148
Figure 5 – Perturbations intermittentes à bande étroite mesurées en utilisant des balayages courts, rapides et répétitifs avec la fonction «maintien du maximum» pour obtenir une vue d'ensemble du spectre de perturbation	148
Figure 6 – Balayage FFT en segments	150
Figure 7 – Résolution en fréquence améliorée au moyen d'un appareil de mesure à FFT	150
Figure 8 – Illustration du courant I_{CCM}	154
Figure 9 – Configuration d'essai: matériel EUT sur table pour les mesures des perturbations conduites sur les conducteurs accès d'alimentation secteur en courant alternatif basse tension et sur les accès de données analogiques/numériques	156
Figure 10 – Montage de matériel en essai et de réseau AMN à 40 cm avec a) RGP vertical et b) RGP horizontal	157
Figure 11 – Exemple de configuration d'essai facultative pour un matériel en essai avec seulement un cordon d'alimentation fixé	157

Figure 12 – Configuration d'essai: matériel posé au sol (voir 7.4.1 et 7.5.2.3)	159
Figure 13 – Exemple de configuration d'essai: matériel posé au sol et sur stable (voir 7.4.1 et 7.5.2.3)	160
Figure 14 – Schéma de la configuration de mesure de la tension perturbatrice (voir également 7.5.2.3)	163
Figure 15 – Circuit équivalent de mesure de la tension perturbatrice non symétrique pour les matériels en essai de classe de sécurité I (mis à la terre)	164
Figure 16 – Circuit équivalent de mesure de la tension perturbatrice non symétrique pour les matériels en essai de classe de sécurité II (non mis à la terre)	166
Figure 17 – Élément RC pour main artificielle	167
Figure 18 – Perceuse électrique portative avec main artificielle	167
Figure 19 – Scie électrique portative avec main artificielle	168
~~Figure 20 – Exemple de mesure pour les sondes de tension~~	~~168~~
~~Figure 21 – Dispositif de mesure pour des commandes de régulation à deux bornes~~	~~169~~
Figure 22 – Procédure générique pour aider à une réduction du temps de mesure	182
Figure 23 – Montage d'essai pour la mesure d'un matériel en essai à un câble	185
Figure 24 – Montage d'essai pour la mesure d'un matériel en essai avec deux câbles connectés à deux surfaces adjacentes du matériel en essai	186
Figure 25 – Montage d'essai pour la mesure d'un matériel en essai avec deux câbles connectés à la même surface du matériel en essai	186
Figure 26 – Configuration d'essai: EUT sur table pour les mesures des perturbations conduites sur les accès d'alimentation en courant continu basse tension et en courant alternatif basse tension d'un GCPC	158
Figure 27 – Disposition de mesure type des perturbations conduites au niveau des accès d'alimentation secteur en courant alternatif basse tension et des accès d'alimentation en courant continu des matériels posés au sol avec un AMN et un AN en Δ utilisés comme sondes de tension, et avec une sonde de courant	174
Figure A.1 – Schéma de base de matériels en essai correctement blindés, mais mal filtrés	189
Figure A.2 – Schéma détaillé de matériels en essai correctement blindés, mais mal filtrés	189
Figure A.3 – Matériels en essai correctement filtrés, mais dont le blindage présente des fuites	190
Figure A.4 – Matériels en essai correctement filtrés, mais dont le blindage présente des fuites, avec U_2 réduite à zéro	190
Figure A.5 – Alimentation par perturbation par des conducteurs blindés	190
Figure A.6 – Alimentation par perturbation par des conducteurs non blindés, mais filtrés	191
Figure A.7 – Alimentation par perturbation par des conducteurs ordinaires	191
Figure A.8 – Configurations du réseau fictif d'alimentation	194
Figure C 1 – Arbre de décision pour l'optimisation de la durée des mesures des perturbations conduites avec les détecteurs de crête, de quasi-crête et de valeur moyenne	199
Figure D 1 – Fonction de pondération d'une impulsion de 10 ms pour des détections de valeurs de crête ("PK") et moyennes avec ("CISPR AV") ou sans ("AV") relevé de crête; avec un contrôleur de période de 160 ms	203
Figure D.2 – Fonctions de pondération d'une impulsion de 10 ms pour des détections de valeurs de crête ("PK") et moyennes avec ("CISPR AV") ou sans ("AV") relevé de crête; avec un contrôleur de période de 100 ms	203

Figure D.3 – Exemple de fonctions de pondération (d'une impulsion de 1 Hz) pour des détections de valeurs de crête («PK») et moyennes en fonction de la largeur d'impulsion; avec un contrôleur de période de 160 ms	204
Figure D.4 – Exemple de fonctions de pondération (d'une impulsion de 1 Hz) pour des détections de valeurs de crête («PK») et moyennes en fonction de la largeur d'impulsion; avec un contrôleur de période de 100 ms	204
Figure E.1 – Résonance parallèle de la capacité de l'enveloppe et de l'inductance de liaison de masse	205
Figure E.2 – Connexion d'un AMN au RGP au moyen d'une tôle large, pour réaliser une mise à la masse à faible inductance	206
Figure E.3 – Impédance mesurée avec la disposition de la Figure E.2, en référence à la fois à la masse en face avant et à la tôle de mise à la masse	206
Figure E.4 – Facteur VDF dans la configuration de la Figure E.2, mesuré en référence à la masse en face avant et à la tôle de mise à la masse	206
Figure E.5 – Disposition montrant la tôle de mise à la masse de mesure (représentée en pointillés) de l'impédance en référence au RGP	207
Figure E.6 – Impédance mesurée avec la disposition de la Figure E.5 en référence au RGP	207
Figure E.7 – Facteur VDF mesuré avec des résonances parallèles dans la mise à la masse de l'AMN	207
Figure E.8 – Atténuation d'un absorbeur de courant de gaine mesuré dans un dispositif d'essai de 150 Ω	208
Figure E.9 – Dispositif de mesure de l'atténuation due aux bobines PE et aux absorbeurs de courant de gaine	209
Figure G.1 – Circuit de base pour considérer les limites avec une impédance TCM définie de 150 Ω	214
Figure G.2 – Circuit de base pour la mesure avec une impédance TCM inconnue	214
Figure G.3 – Configuration des impédances des composants utilisés à la Figure H.2	216
Figure G.4 – Montage d'essai de base pour mesurer l'impédance combinée des 150 Ω et des ferrites	217
Figure H.1 – Dispositif de mesure utilisant un réseau fictif asymétrique (AAN)	221
Figure H.2 – Dispositif de mesure utilisant une charge de 150 Ω à la surface extérieure du blindage	222
Figure H.3 – Dispositif de mesure utilisant des sondes de courant et de tension capacitive	223
Figure H.4 – Montage d'étalonnage	224
Figure I.1 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) destiné à être utilisé avec des paires symétriques uniques non blindées	225
Figure I.2 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) avec affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) élevé destiné à être utilisé avec une ou deux paires symétriques non blindées	226
Figure I.3 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) avec affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) élevé destiné à être utilisé avec une, deux, trois ou quatre paires symétriques non blindées	227
Figure I.4 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN), incluant un réseau d'adaptation de source de 50 Ω sur l'accès de mesure de tension, destiné à être utilisé avec deux paires symétriques non blindées	228
Figure I.5 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) destiné à être utilisé avec deux paires symétriques non blindées	229

Figure I.6 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN), incluant un réseau d'adaptation de source de 50 Ω sur l'accès de mesure de tension, destiné à être utilisé avec quatre paires symétriques non blindées	230
Figure I.7 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) destiné à être utilisé avec quatre paires symétriques non blindées	231
Figure I.8 – Exemple de réseau fictif (AN) destiné à être utilisé avec des câbles coaxiaux, utilisant une bobine d'arrêt de mode commun interne créée par un enroulement bifilaire d'un conducteur central isolé et d'un conducteur de blindage isolé sur un noyau magnétique commun (par exemple, un tore en ferrite)	232
Figure I.9 – Exemple de réseau fictif (AN) destiné à être utilisé avec des câbles coaxiaux, utilisant une bobine d'arrêt de mode commun interne créée par un câble coaxial miniature (câble coaxial à blindage de cuivre plein semi-rigide ou à blindage miniature à double tresse) enroulé sur des tores en ferrite.....	232
Figure I.10 – Exemple de réseau fictif (AN) destiné à être utilisé avec des câbles blindés multiconducteur, utilisant une bobine d'arrêt de mode commun interne créée par un enroulement bifilaire de plusieurs conducteurs de signaux isolés et un conducteur de blindage isolé sur un noyau magnétique commun (par exemple, un tore en ferrite).....	233
Figure I.11 – Exemple de réseau fictif (AN) destiné à être utilisé avec des câbles blindés multiconducteur, utilisant une bobine d'arrêt de mode commun interne créée par un enroulement d'un câble blindé multiconducteur sur des tores en ferrite	233
Tableau 1 – Durées de balayage minimales pour les trois bandes CISPR avec détecteur de crête et détecteur de quasi-crête	143
Tableau 2 – Temps de mesure minimaux pour les quatre bandes de la CISPR	143
Tableau A.2 – Conditions d'essai pour les types de matériel en essai – câble blindé	195
Tableau B. 1– Durée/fréquence de balayage ou vitesse de balayage la plus élevée	197
Tableau D 1 – Facteurs de suppression d'impulsion et vitesses de balayage pour une largeur de bande vidéo de 100 Hz	202
Tableau D.2 – Contrôleurs de période et largeurs de bandes vidéo correspondantes et vitesses de balayages maximales correspondantes	203
Tableau F 1 – Différence d'amplitude maximale entre les signaux détectés de crête et de quasi-crête.....	210
Tableau G 1 – Résumé des avantages et des inconvénients des méthodes décrites dans les paragraphes spécifiques de l'Annexe H	212
Tableau H 1 – Choix du mode opératoire de mesure des perturbations sur les accès de télécommunication	218
Tableau H.2 – Valeurs de a_{ACL}	219

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

**SPÉCIFICATIONS DES MÉTHODES ET DES APPAREILS DE MESURE
DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES ET DE L'IMMUNITÉ AUX
PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES –**

**Partie 2-1: Méthodes de mesure des perturbations et
de l'immunité – Mesures des perturbations conduites**

AVANT-PROPOS

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

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(s) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.

Cette version consolidée de la CISPR 16-2-1 porte le numéro d'édition 3.1. Elle comprend la troisième édition (2014-02) [documents CISPR/A/1053/FDIS et CISPR/A/1062/RVD] et son amendement 1 (2017-06) [documents CISPR/A/1168/CDV et CISPR/A/1201/RVC]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

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 CISPR 16-2-1 a été établie par le sous-comité A du CISPR: Mesures des perturbations radioélectriques et méthodes statistiques.

Cette troisième édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente: Des méthodes de mesure utilisant un nouveau type d'équipement d'appoint – dont l'acronyme est CDNE – ont été ajoutées.

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

Une liste de toutes les parties de la série CISPR 16, publiées sous le titre général *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques*, 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 cette publication en utilisant une imprimante couleur.

Le contenu du corrigendum d'août 2020 a été pris en considération dans cet exemplaire.

SPÉCIFICATIONS DES MÉTHODES ET DES APPAREILS DE MESURE DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES ET DE L'IMMUNITÉ AUX PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES –

Partie 2-1: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesures des perturbations conduites

1 Domaine d'application

La présente partie de la CISPR 16 est une norme ~~fondamentale~~ de base qui spécifie les méthodes de mesure des phénomènes ~~perturbateurs en général~~ de perturbation dans la ~~gamme~~ plage de fréquences de 9 kHz à 18 GHz, ~~et spécialement les perturbations conduites dans la gamme~~ d'une manière générale, et plus spécifiquement des phénomènes de perturbation conduite dans la plage de fréquences de 9 kHz à 30 MHz. ~~Avec un~~ Le CDNE étend la ~~gamme~~ plage de fréquences ~~est comprise entre 9 kHz et~~ et des mesures des perturbations conduites jusqu'à 300 Hz.

NOTE Conformément au guide 107 de l'IEC, la CISPR 16 est une norme CEM fondamentale à l'intention des comités de produits de l'IEC. Comme l'indique le Guide 107, les comités de produits sont chargés de déterminer l'applicabilité de la norme CEM. Le CISPR et ses sous-comités sont disposés à collaborer avec les comités de produits pour l'appréciation de la valeur des essais CEM particuliers dédiés aux produits spécifiques.

2 Références normatives

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

CISPR 14-1, *Compatibilité électromagnétique – Exigences pour les appareils électro-domestiques, outillages électriques et appareils analogues – Partie 1: Émission*

CISPR 16-1-1:2010, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-1: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Appareils de mesure*

CISPR 16-1-2:2014, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-2: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Dispositifs de couplage pour la mesure des perturbations conduites*

CISPR 16-4-2, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 4-2: Incertitudes, statistiques et modélisation des limites – Incertitudes de mesure CEM*

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Électrotechnique International* (disponible sous <<http://www.electropedia.org>>)

3 Termes, définitions et abréviations

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60050-161, ainsi que les suivants, s'appliquent.

3.1.1

équipement d'appoint

transducteurs (par exemple, sondes de tension et de courant et réseaux fictifs) connectés à un récepteur de mesure ou à un générateur de signal (d'essai) et utilisés dans la transmission du signal perturbateur entre le matériel en essai et le matériel de mesure ou d'essai

3.1.2

réseau fictif

AN

~~impédance de charge de référence conventionnelle (simulation) présentée au matériel en essai par les réseaux réels (par exemple lignes longues d'alimentation électrique ou de communication), aux bornes de laquelle on mesure la tension perturbatrice RF~~ réseau permettant d'envoyer une impédance RF définie à l'EUT, de délivrer la tension perturbatrice au récepteur de mesure et de découpler le circuit d'essai du secteur ou de toute ligne électrique, ou bien des lignes de signaux équipées de matériel associé

Note 1 à l'article: ~~L'abréviation «AN» est dérivée du terme anglais développé correspondant «artificial network».~~ Il existe quatre principaux types de réseaux fictifs: le réseau en V (AN en V) qui délivre les tensions dissymétriques, le réseau en delta (AN en Δ) qui délivre les tensions symétriques (en mode différentiel) et asymétriques (en mode commun) séparément, le réseau en Y (AN en Y) et le réseau coaxial (câble blindé) qui couplent les tensions asymétriques (en mode commun).

3.1.3

réseau fictif d'alimentation

AMN

réseau qui fournit une impédance définie au matériel en essai aux fréquences radioélectriques, accouple la tension perturbatrice au récepteur de mesure et désaccouple le circuit d'essai du réseau d'alimentation

Note 1 à l'article: Il existe deux principaux types ~~fondamentaux de ce~~ réseaux fictifs: le réseau en V (AMN en V) qui ~~accouple~~ délivre les tensions ~~non symétriques~~ dissymétriques, et le réseau en ~~triangle~~ delta (AMN en Δ) qui ~~accouple séparément~~ délivre les tensions symétriques (en mode différentiel) et ~~non symétriques~~ asymétriques (en mode commun) séparément.

Note 2 à l'article: Les termes réseau de stabilisation d'impédance de ligne (RSIL) et réseau AMN en V sont utilisés indifféremment.

Note 3 à l'article: ~~L'abréviation «AMN» est dérivée du terme anglais développé correspondant «artificial mains network».~~

3.1.4

matériel associé

AE

matériel nécessaire pour aider au fonctionnement du matériel en essai qui ne fait pas partie du système soumis à essai

Note 1 à l'article: L'abréviation «AE» est dérivée du terme anglais développé correspondant «associated equipment».

3.1.5

réseau fictif asymétrique

AAN

réseau utilisé pour mesurer (ou injecter) des tensions asymétriques (en mode commun) sur des lignes symétriques de signaux non blindées (par exemple, de télécommunication) en rejetant le signal symétrique (en mode différentiel)

Note 1 à l'article: Un AAN est un AN (réseau fictif) permettant de simuler la charge asymétrique constituée par le réseau de télécommunications.

Note 2 à l'article: Le terme «réseau en Y» est synonyme d'AAN.

Note 3 à l'article: L'AAN peut également être utilisé pour les essais d'immunité lorsque le récepteur de mesure d'accès devient l'accès d'injection des perturbations.

Note 4 à l'article: L'abréviation «AAN» est dérivée du terme anglais développé correspondant «asymmetric artificial network».

3.1.6

tension asymétrique

tension ~~perturbatrice à fréquences radioélectriques~~ RF qui apparaît entre le point milieu électrique ~~des bornes du réseau et la masse~~ de chaque borne ou sortie et la terre dans un circuit à deux ou plusieurs fils, parfois appelée tension en mode commun

Note 1 à l'article: Dans le cas d'un accès d'alimentation secteur en courant alternatif basse tension, si V_a désigne la tension vectorielle entre l'une des bornes ~~du réseau d'alimentation et la masse~~ terre de référence, et si V_b désigne la tension vectorielle entre ~~les autres bornes du réseau et la masse~~ l'autre borne d'alimentation et la terre de référence, alors la tension asymétrique correspond à la moitié de la somme vectorielle de V_a et de V_b , soit $(V_a + V_b)/2$.

3.1.7

tension symétrique

~~tension perturbatrice à fréquences radioélectriques qui apparaît entre les deux fils d'un circuit à deux fils, tel qu'un réseau d'alimentation monophasé, appelée parfois tension en mode différentiel~~

tension RF qui apparaît entre toute paire de fils, hors fil au potentiel de la terre, dans un circuit à deux ou plusieurs fils, par exemple une alimentation secteur monophasée ou un faisceau de paires torsadées à l'intérieur d'un câble de communication, parfois appelée tension différentielle ou tension en mode différentiel

Note 1 à l'article: Dans le cas d'un accès d'alimentation secteur en courant alternatif basse tension, la tension symétrique correspond à la différence vectorielle $(V_a - V_b)$.

3.1.8

tension ~~en mode non symétrique~~ dissymétrique

~~amplitude de la tension vectorielle, V_a ou V_b (définie en 3.6 et 3.7)~~

tension RF qui apparaît entre une borne ou une sortie et la terre de référence dans un circuit à deux ou plusieurs fils

Note 1 à l'article: La tension ~~non symétrique~~ dissymétrique correspond à la tension mesurée ~~par l'utilisation d'un réseau fictif d'alimentation en utilisant un AMN en V~~. Elle indique l'amplitude de la tension vectorielle, V_a ou V_b (mentionnées dans les notes à l'article en 3.1.6 et en 3.1.7).

Note 2 à l'article: ~~Voir notes en 3.6 et 3.7 pour des détails concernant V_a et V_b~~

3.1.9

matériel auxiliaire

AuxEq

périphérique faisant partie du système soumis à essai

Note 1 à l'article: L'abréviation «AuxEq» est dérivée du terme anglais développé correspondant «auxiliary equipment».

3.1.10

CDNE-X

réseau d'accouplement et de désaccouplement dédié à la mesure des émissions dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 300 MHz; où le suffixe "X" peut être "M2" pour les réseaux à deux fils non blindés, le courant continu ou les accès de commande, "M3" pour les réseaux à trois fils non blindés, le courant continu ou les accès de commande, et "Sx" pour un câble blindé avec x fils internes

Note 1 à l'article: Voir l'Annexe J dans la CISPR 16-1-2: 2014, pour des exemples de schémas de montage du CDNE-X.

3.1.11

câble coaxial

câble comportant une ou plusieurs lignes coaxiales, généralement utilisé pour réaliser une connexion adaptée entre un équipement d'appoint et le matériel de mesure ou le générateur d'essai et fournissant une impédance caractéristique spécifiée et une impédance de transfert maximale admissible spécifiée

3.1.12

courant en mode commun

somme vectorielle des courants traversant deux ou plusieurs conducteurs à une intersection spécifiée entre ces conducteurs et un plan imaginaire

3.1.13

perturbation continue

perturbation RF de durée supérieure à 200 ms à la sortie en fréquence intermédiaire d'un récepteur de mesure, qui provoque une déviation sur l'indicateur du récepteur de mesure, en mode de détection de quasi-crête, qui ne décroît pas immédiatement

3.1.14

courant en mode différentiel

demi-différence vectorielle des courants circulant dans deux conducteurs quelconques d'un ensemble spécifié de conducteurs actifs à une intersection spécifiée entre ces conducteurs et un plan imaginaire

3.1.15

perturbation discontinue

pour les claquements comptés, perturbation de durée inférieure à 200 ms à la sortie en fréquence intermédiaire d'un récepteur de mesure, qui provoque une déviation transitoire sur l'indicateur du récepteur de mesure, en mode de détection de quasi-crête

Note 1 à l'article: Pour la perturbation impulsive, voir l'IEC 60050-161:1990, 161-02-08.

3.1.16

émission (électromagnétique)

processus par lequel une source fournit de l'énergie électromagnétique vers l'extérieur

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-08]

3.1.17

limite d'émission (d'une source perturbatrice)

valeur maximale spécifiée du niveau d'émission d'une source de perturbation électromagnétique

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-03-12]

3.1.18

matériel en essai

EUT

matériel (dispositifs, appareils et systèmes) soumis aux essais de conformité pour la CEM (émission)

Note 1 à l'article: L'abréviation «EUT» est dérivée du terme anglais développé correspondant «equipment under test».

3.1.19 Temps de mesure et durées de balayage

3.1.19.1

mesurage

processus consistant à obtenir expérimentalement une ou plusieurs valeurs que l'on peut raisonnablement attribuer à une grandeur

[SOURCE: JCGM 200:2012, 2.1 [12]¹]

3.1.19.2

temps de mesure

T_m

temps effectif et cohérent pour obtenir un résultat de mesure à une fréquence unique (dans certains domaines, appelé également temps de palier)

- pour le détecteur de crête, le temps effectif pour détecter le maximum de l'enveloppe du signal,
- pour le détecteur de quasi-crête, le temps effectif pour mesurer le maximum de l'enveloppe pondérée,
- pour le détecteur de valeur moyenne, le temps effectif pour effectuer la moyenne de l'enveloppe du signal,
- pour le détecteur de valeur efficace, le temps effectif pour déterminer la valeur efficace de l'enveloppe du signal

3.1.19.3

balayage (1)

variation continue ou par pas de la fréquence dans un intervalle de fréquences donné

3.1.19.4

intervalle

Δf

différence entre la fréquence de départ et la fréquence d'arrivée d'un balayage

3.1.19.5

balayage (2)

variation continue de la fréquence dans un intervalle de fréquences donné

3.1.19.6

durée de balayage

T_s

temps d'un balayage compris entre la fréquence de départ et la fréquence d'arrivée

3.1.19.7

vitesse de balayage

intervalle de fréquences divisé par la durée de balayage

3.1.19.8

temps d'observation

T_o

somme des temps de mesure T_m à une certaine fréquence dans le cas de balayages multiples

Note 1 à l'article: Si n est le nombre de balayages, alors $T_o = n \times T_m$.

3.1.19.9

temps d'observation total

T_{tot}

temps effectif pour une vue d'ensemble du spectre (soit en balayage simple soit en balayages multiples)

¹ Les nombres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

Note 1 à l'article: Si c est le nombre de canaux dans un balayage, alors $T_{\text{tot}} = c \times n \times T_m$.

3.1.20

récepteur de mesure

appareil de mesure tel qu'un voltmètre sélectif, un récepteur de perturbations électromagnétiques, un analyseur de spectre ou un appareil de mesure à FFT, avec ou sans présélection, satisfaisant aux articles appropriés de la CISPR 16-1-1

Note 1 à l'article: Voir l'Annexe I de la CISPR 16-1-1:2010 pour plus d'information.

3.1.21

nombre de balayages par unité de temps

n_s

1/(durée de balayage + durée du retour)

Note 1 à l'article: Par exemple, balayages par seconde.

3.1.22

norme de produits

publication spécifiant des exigences de CEM pour un produit ou une famille de produits et prenant en compte les aspects spécifiques de ce produit ou de cette famille de produits

3.1.23

mise à la terre pour des raisons de protection

mise à la terre d'un ou de plusieurs points d'un réseau, d'une installation ou d'un matériel pour des raisons de sécurité électrique

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-11]

3.1.24

masse de référence

point de connexion au potentiel de référence

Note 1 à l'article: Il ne peut seulement y avoir qu'une masse de référence dans un système de mesure des perturbations conduites.

3.1.25

plan de masse de référence

RGP

surface conductrice plate dont le potentiel électrique est identique à celui de la terre de référence, qui est utilisée comme référence commune et qui ~~permet de définir~~ contribue à une capacité parasite ~~autour d'un EUT~~ reproductible avec l'environnement de l'équipement en essai

Note 1 à l'article: Un plan de masse de référence est nécessaire pour les mesures des perturbations conduites, et sert ~~de masse~~ de référence pour la mesure des tensions perturbatrices ~~non symétriques~~ dissymétriques et asymétriques.

Note 2 à l'article: L'abréviation "RPG" est dérivée du terme anglais développé correspondant "reference ground plane".

Note 3 à l'article: Dans certaines régions, le terme anglais "earth" est utilisé à la place de "ground".

3.1.26

essai

opération technique qui consiste à déterminer une ou plusieurs caractéristiques d'un produit, processus ou service donné, selon un mode opératoire spécifié

Note 1 à l'article: Un essai est destiné à mesurer ou à classer une caractéristique ou une propriété d'une entité en appliquant à celle-ci un ensemble d'exigences et de conditions d'environnement et de fonctionnement.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-13]

3.1.27

configuration d'essai

combinaison qui indique le dispositif de mesure spécifié du matériel en essai et permettant la mesure d'un niveau de perturbation

3.1.28

impédance totale de mode commun

impédance TCM

impédance entre le câble relié à l'accès évalué du matériel en essai et le plan de masse de référence

Note 1 à l'article: Le câble est vu dans sa totalité comme un fil du circuit et le plan de masse comme l'autre fil du circuit. L'onde TCM est le mode de transmission de l'énergie électrique, qui peut conduire à un rayonnement d'énergie électrique si le câble est exposé dans l'application réelle. Réciproquement, il s'agit également du mode dominant, résultant d'une exposition du câble à des champs électromagnétiques extérieurs.

Note 2 à l'article: L'abréviation «TCM» est dérivée du terme anglais développé correspondant «total common mode».

3.1.29

pondération

conversion (principalement réduction) dépendant de la fréquence de répétition d'impulsions (PRF) d'un niveau de détection d'impulsions crête en une indication correspondant à l'effet de l'interférence sur la réception radio

Note 1 à l'article: Pour le récepteur analogique, la gêne psychophysique de l'interférence est une grandeur subjective (habituellement acoustique ou visuelle, et non un certain nombre d'incompréhensions d'un texte parlé).

Note 2 à l'article: Pour le récepteur numérique, l'effet de l'interférence est une grandeur objective qui peut être définie soit par le taux d'erreur critique sur les bits (BER) ou la probabilité d'erreur sur les bits (BEP), pour lequel une correction d'erreur parfaite peut toujours s'effectuer, soit au moyen d'un autre paramètre objectif et reproductible.

3.1.29.1

mesure pondérée d'une perturbation

mesure d'une perturbation à l'aide d'un détecteur à pondération

3.1.29.2

caractéristique de pondération

niveau de tension crête en fonction de la PRF donnant un effet constant sur un système de radiocommunication spécifique, c'est-à-dire, la perturbation étant pondérée par le système de radiocommunication lui-même

3.1.29.3

détecteur à pondération

détecteur fournissant une fonction de pondération admise

3.1.29.4

facteur de pondération

valeur de la fonction de pondération relative à une PRF de référence ou relative à la valeur crête

Note 1 à l'article: Le facteur de pondération est exprimé en dB.

3.1.29.5

fonction de pondération

courbe de pondération

relation entre le niveau de tension crête d'entrée et la PRF donnant une indication de niveau constant d'un récepteur de mesure avec un détecteur pondéré, c'est-à-dire, la courbe de réponse d'un récepteur de mesure pour des impulsions répétées

3.2 Abréviations

Les abréviations suivantes, qui ne figurent pas déjà en 3.1, sont utilisées dans la présente norme.

ACL	Affaiblissement de conversion longitudinale
AN en Δ	Réseau fictif en Δ (" Δ " se prononce "delta")
AN en V	Réseau fictif en V
AN en Y	Réseau fictif en Y
AMN en V	Réseau fictif d'alimentation en V
CCM	Mode commun converti (Converted common mode)
CEM	Compatibilité électromagnétique
CM	Mode commun (Common mode)
CMAD	Dispositif d'absorption en mode commun (Common mode absorption device)
CVP	Sonde de tension capacitive (Capacitive voltage probe)
CW	Onde entretenue (Continuous wave)
DM	Mode différentiel (Differential mode)
EMI	Perturbation électromagnétique (Electromagnetic interference)
FFT	Transformation de Fourier rapide (Fast Fourier transform)
FI	Fréquence intermédiaire
GCPC	Convertisseurs de puissance connectés au réseau (Grid connected power convertor)
ISM	Industriel, scientifique et médical (Industrial, scientific and medical)
LV	Basse tension (Low voltage)
OATS	Site d'essai en espace libre (Open area test site)
PE	Terre de protection (Protective earth)
PRF	Fréquence de répétition d'impulsions (Pulse-repetition frequency)
RC	Résistance-condensateur (Resistor-capacitor)
RF	Fréquence radioélectrique (Radio frequency)
RFI	Brouillage électromagnétique
SOLT	Méthode d'étalonnage Short-open-load-through (Short-open-load-through (calibration method))
UM	Mode dissymétrique (Unsymmetric mode)
VDF	Facteur de division en tension (Voltage division factor)
VDU	Unité de visualisation (Video display unit)

4 Types de perturbations à mesurer

4.1 Généralités

L'Article 4 décrit la classification des différents types de perturbations et les détecteurs adaptés à leur mesure.

4.2 Types de perturbations

Pour des raisons physiques et psychophysiques dépendantes de la distribution spectrale, de la largeur de bande du récepteur de mesure, de la durée, du rythme d'apparition et du degré de nuisance lors de l'estimation et de la mesure des perturbations radioélectriques, on effectue une distinction entre les types de perturbations suivants:

- a) *perturbations continues à bande étroite*, c'est-à-dire sur des fréquences discrètes, par exemple les composantes fondamentales et les harmoniques produits intentionnellement pour générer l'énergie RF dans les matériels ISM, constituant un spectre de fréquences composé uniquement de raies spectrales individuelles dont la séparation est supérieure à la largeur de bande du récepteur de mesure de manière qu'une seule raie s'inscrive dans la largeur de bande au cours de la mesure, par opposition à b);
- b) *perturbations continues à large bande*, normalement produites non intentionnellement par les impulsions répétées, par exemple de moteurs à collecteur, et présentant une fréquence de répétition inférieure à la largeur de bande du récepteur de mesure de manière qu'une seule raie spectrale s'inscrive dans la largeur de bande au cours de la mesure; et
- c) *perturbations discontinues à large bande* produites également non intentionnellement par des commutations mécaniques ou électroniques, par exemple les thermostats ou programmeurs avec un taux de répétition inférieur à 1 Hz (taux de claquement inférieur à 30/min).

Les spectres de fréquences décrits en b) et c) se caractérisent par un spectre continu, dans le cas d'impulsions individuelles (uniques), et par un spectre discontinu, dans le cas d'impulsions répétées, les deux spectres étant caractérisés par une gamme de fréquences plus large que celle du récepteur de mesure spécifié dans la CISPR 16-1-1.

4.3 Fonctions de détection

En fonction du type de perturbation, les mesures peuvent être effectuées au moyen d'un récepteur équipé des détecteurs suivants:

- a) détecteur de valeur moyenne utilisé généralement pour la mesure des perturbations à bande étroite et des signaux, en particulier pour différencier les perturbations à bande étroite des perturbations à large bande;
- b) détecteur de quasi-crête utilisé pour la mesure pondérée des perturbations à large bande permettant l'évaluation des nuisances audibles pour un auditeur radiophonique, mais également des perturbations à bande étroite;
- c) détecteur de valeur efficace-moyenne utilisé pour la mesure pondérée des perturbations à large bande permettant l'évaluation de l'effet des perturbations impulsives sur des services de radiocommunication numérique, mais également des perturbations à bande étroite;
- d) un détecteur de crête qui peut être utilisé soit pour des mesures de perturbations à large bande soit à bande étroite.

Les récepteurs de mesure comportant ces détecteurs sont spécifiés dans la CISPR 16-1-1.

5 Connexion du matériel de mesure

5.1 Généralités

L'Article 5 décrit la connexion du matériel de mesure, des récepteurs de mesure et de l'équipement d'appoint tel que les réseaux fictifs (AN) et les sondes de tension et de courant.

5.2 Connexion de l'équipement d'appoint

Le câble de connexion entre le récepteur de mesure et l'équipement d'appoint doit être blindé et son impédance caractéristique doit être adaptée à l'impédance d'entrée du récepteur de mesure. Le résultat de mesure doit tenir compte de l'atténuation due au câble de connexion.

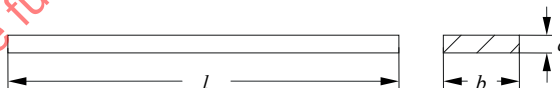
La sortie de l'équipement d'appoint doit être fermée par l'impédance prescrite. Une atténuation minimale de 10 dB entre la sortie de l'AN et l'entrée du récepteur de mesure est exigée pour satisfaire à la tolérance spécifiée de l'impédance de l'AN au niveau de son accès du côté matériel en essai. Cette atténuation peut être intégrée dans l'AN. Pour la protection des circuits d'entrée du récepteur, il est recommandé d'utiliser un limiteur de transitoires. Il doit être conçu pour fournir des signaux ayant un niveau maximal à l'entrée du récepteur sans créer d'effets non linéaires.

5.3 Connexions à la masse de référence ~~RF~~

Le réseau fictif (AN) doit être connecté à la masse de référence par une impédance RF faible, par exemple en reliant directement le boîtier du réseau AN à la masse de référence d'une cage de Faraday, ou avec un conducteur de faible impédance aussi court et large que possible en pratique (dont le rapport de la longueur maximale sur la largeur est 3:1 et dont l'inductance est inférieure à environ 50 nH, correspondant à une impédance inférieure à environ 10 Ω à 30 MHz). Il est recommandé d'effectuer un essai in-situ du facteur de division en tension comme expliqué dans l'Annexe E. Ceci permettra de déceler, par exemple, une résonance de liaison de masse dans la mise à la masse de l'AN.

NOTE 1 Un conducteur de section rectangulaire (voir dessin ci-après): d'une longueur $l = 30$ cm, d'une largeur $b = 3$ cm, d'une épaisseur $c = 0,02$ cm donnera une inductance L d'environ 210 nH ($X_L = 40$ Ω à 30 MHz), qui est excessive. La valeur de L a été calculée en utilisant l'équation suivante:

$$L = 2l \left(\ln \frac{2l}{b+c} + 0,5 + 0,22 \frac{b+c}{l} \right)$$



où

L est l'inductance du conducteur en nH

l, b, c sont les dimensions du conducteur en cm

Si une telle longueur ne peut être évitée, une largeur aussi grande que possible sera utilisée pour minimiser l'inductance.

La mesure des tensions dissymétriques (en mode dissymétrique) ou aux bornes et des tensions asymétriques (en mode commun) doit être ~~uniquement effectuée~~ référencée ~~seulement~~ par rapport à la masse de référence. Les boucles de masse (couplage d'impédance de raccordement) doivent être évitées. Les boucles de masse entraîneront une reproductibilité médiocre des mesures et peuvent par exemple être détectées si les composants misés à la masse d'un montage d'essai sont sensibles au toucher. Il convient également ~~d'observer ceci~~ d'en tenir compte pour les ~~matériels~~ appareils de mesure (par exemple les récepteurs de mesure et les équipements d'appoint connectés, tels que les oscilloscopes, les analyseurs, les enregistreurs, etc.) équipés d'un conducteur de terre de protection (PE) de classe de sécurité I.

NOTE 3 Une boucle de masse néfaste peut être détectée lorsque les composants d'un montage d'essai sont sensibles au toucher, c'est-à-dire que la lecture varie lorsque le composant est touché.

L'instrumentation de mesure doit être ~~équipé d'~~ fournie avec une isolation RF de sorte que l'AN dispose d'une seule connexion RF à la ~~masse terre de référence~~. Ceci peut être obtenu avec des bobines RF et des transformateurs d'isolement ou en alimentant les appareils de

mesure avec des batteries. La Figure 1 illustre un exemple de montage d'essai recommandé avec trois ~~réseaux fictifs d'alimentation~~ AMN et des bobines PE permettant d'éviter les boucles de masse. Sur cette figure, le câble de connexion RF entre le récepteur et ~~le réseau fictif d'alimentation~~ l'AMN peut agir comme connexion ~~de masse à la terre~~ si le récepteur est mis à la ~~masse terre~~. Par conséquent, il est nécessaire de disposer d'une bobine PE au niveau de l'entrée d'alimentation du récepteur ou bien, si le récepteur ne se trouve pas dans une cage de Faraday, d'un suppresseur de courant de gaine sur le câble de connexion. Ainsi, chaque ~~réseau fictif d'alimentation~~ AMN est mis à la masse RF une seule fois.

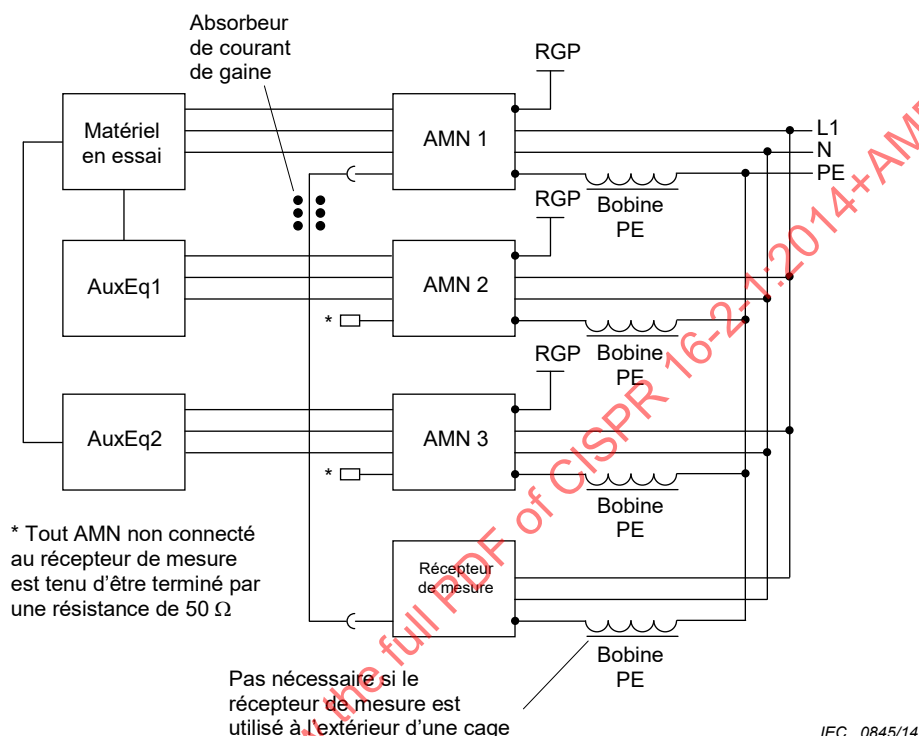


Figure 1 – Exemple d'un montage d'essai recommandé avec bobines PE, trois réseaux fictifs d'alimentation et un absorbeur de courant de gaine sur le câble RF

Pour des raisons de sécurité, en cas de défaut, les bobines PE doivent présenter une faible impédance pour la tension d'alimentation, à fréquence et tension industrielles. La tension de court-circuit aux bornes de la bobine PE doit être inférieure à 4 V. Les bobines PE peuvent être intégrées dans le réseau fictif d'alimentation.

Il convient que l'impédance RF des bobines PE et des absorbeurs de courant de gaine dans la gamme de fréquences des mesures soit élevée par rapport à l'impédance de la connexion du réseau fictif d'alimentation au plan de masse de référence. Les bobines PE disponibles sur le marché ont, par exemple, une inductance de 1,6 mH pour des intensités nominales allant jusqu'à 36 A, mais celles-ci ne sont pas normalisées dans la CISPR 16-1-2. L'atténuation peut être vérifiée conformément à l'Annexe E. Certains réseaux fictifs d'alimentation sont disponibles avec des bobines PE intégrées. La différence de potentiel entre PE et RGP doit être minimisée pour éviter toute saturation des bobines PE par le courant continu ou à basse fréquence qui en résulte et qui traverse les bobines. Si ce courant n'est pas connu, il se peut qu'il soit à mesurer.

NOTE 2 Les courants de gaine sont des courants RF circulant sur l'écran de câbles (par exemple coaxiaux) blindés et sont une source d'incertitude de mesure. Les absorbeurs de courant de gaine ont pour but de réduire ces courants.

Pour le traitement de la connexion PE du matériel en essai à la masse de référence, voir l'Article A.4.

Les configurations d'essai fixes de réseaux fictifs d'alimentation ne nécessitent pas de connexion au conducteur de terre de protection si la masse de référence est connectée directement et satisfait aux exigences de sécurité relatives aux conducteurs de terre de protection (connexions PE).

5.4 Connexion entre le matériel en essai et le réseau fictif ~~d'alimentation (AMN)~~

Les grandes lignes concernant le choix des connexions du matériel en essai au réseau AMN, avec ou sans mise à la masse, sont exposées à l'Annexe A. Les mêmes lignes directrices s'appliquent au choix de connexions de matériel en essai à d'autres types d'AN utilisés pour relier les accès autres que les accès d'alimentation secteur en courant alternatif basse tension.

6 Exigences et conditions générales de mesure

6.1 Généralités

Dans les limites d'incertitude admises par la CISPR 16-4-2, les mesures de perturbations radioélectriques doivent être:

- reproductibles, c'est-à-dire indépendantes de leur emplacement et des conditions environnementales, en particulier du bruit ambiant;
- dénuées d'interactions, c'est-à-dire que la connexion du matériel en essai au matériel de mesure ne doit influencer ni le fonctionnement du matériel en essai ni la précision du matériel de mesure.

Ces exigences peuvent être satisfaites si l'on observe les conditions suivantes:

- a) existence d'un rapport signal/bruit suffisant au niveau de mesure désiré, par exemple au niveau de la limite de perturbation appropriée;
- b) définition de l'installation de mesure, des conditions de raccordement et de fonctionnement du matériel en essai;
- c) dans le cas de mesure avec une sonde de tension sur le réseau d'alimentation, la sonde doit avoir une tension de 1,5 kΩ, comme spécifié dans la CISPR 16-1-2; pour des mesures sur d'autres circuits, il peut s'avérer nécessaire d'augmenter l'impédance (fournie par exemple par des sondes de tension actives) pour éviter une surcharge excessive des circuits à impédance élevée;
- d) dans le cas de mesures avec une sonde de tension, la sonde doit avoir une impédance dans le circuit de mesure de 1 Ω maximum, comme spécifié dans la CISPR 16-1-2.

6.2 Perturbation non produite par le matériel en essai

6.2.1 Généralités

Le rapport signal/bruit de mesure, par rapport au bruit ambiant, doit satisfaire aux exigences suivantes. Si le bruit ambiant dépasse le niveau exigé, il doit être enregistré dans le rapport d'essai.

6.2.2 Essais de conformité

Un site d'essai doit permettre de distinguer les émissions du matériel en essai du bruit ambiant. Il convient que le niveau de bruit ambiant soit d'au moins 20 dB inférieur à la limite spécifiée. Pour les essais in situ, il convient que le niveau de bruit ambiant soit d'au moins 6 dB inférieur à la limite spécifiée. Dans le cas des essais in situ, le niveau de perturbation plus le bruit ambiant ne doivent pas dépasser la limite. Si le niveau de perturbation plus le bruit ambiant dépassent la limite, il est alors nécessaire de prendre d'autres mesures, par exemple réduire la largeur de bande, appliquer des dispositions de suppression du bruit ambiant, modifier la fréquence, etc. L'adéquation de l'emplacement pour le niveau ambiant

autorisé peut être déterminée en effectuant une mesure du niveau de bruit ambiant avec le matériel en essai en place, mais hors fonctionnement.

NOTE L'Annexe A de la CISPR 16-2-3:2010 [3] fournit des recommandations pour la mesure des perturbations en présence d'émissions de bruit ambiant.

6.3 Mesure d'une perturbation continue

6.3.1 Perturbation continue à bande étroite

Le réglage du récepteur de mesure doit être maintenu sur la fréquence discrète examinée et modifié si la fréquence fluctue.

6.3.2 Perturbation continue à large bande

Pour estimer une perturbation continue à large bande dont le niveau est fluctuant, on doit trouver la valeur maximale reproductible de la mesure; voir 6.5.1 pour plus de détails.

6.3.3 Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à balayage

Les analyseurs de spectre et les récepteurs à balayage sont utiles pour mesurer les perturbations, particulièrement afin de réduire le temps de mesure. Cependant, une attention particulière doit être accordée à certaines caractéristiques de ces instruments, notamment: la surcharge, la linéarité, la sélectivité, la réponse normale aux impulsions, la vitesse de balayage en fréquence, l'interception du signal, la sensibilité, la précision en amplitude et la détection de crête, de valeur moyenne et de quasi-crête. Ces caractéristiques sont examinées à l'Annexe B.

6.4 Disposition et conditions de mesure du matériel en essai

6.4.1 Disposition du matériel en essai

6.4.1.1 Généralités

Lorsque cela n'est pas spécifié dans la norme de produits, le matériel en essai doit être configuré comme décrit dans les alinéas suivants.

Le matériel en essai doit être installé, disposé et doit fonctionner d'une façon compatible avec ses applications types. Lorsque le fabricant a spécifié ou recommandé une pratique d'installation, cette pratique doit être utilisée dans la disposition d'essai, lorsque la pratique le permet. Cette disposition doit être typique d'une pratique d'installation normale. Les câbles, charges et dispositifs d'interface doivent être connectés à au moins un des accès d'interface de chaque type du matériel en essai et, lorsque la pratique le permet, chaque câble doit être raccordé à un dispositif représentatif d'une utilisation réelle.

Lorsqu'il y a des accès multiples du même type, il peut être nécessaire d'ajouter au matériel en essai des câbles, charges ou dispositifs, selon les résultats des essais préliminaires. Il convient de limiter le nombre de câbles ou fils supplémentaires du même type à condition que l'ajout d'un autre câble ou fil ne change pas significativement le niveau de perturbation, c'est-à-dire ne le fasse pas varier de plus de 2 dB, sous réserve que le matériel en essai reste conforme. Les explications concernant le choix de la configuration et les dispositifs reliés aux accès doivent être données dans le rapport d'essai.

Il convient que les câbles d'interconnexion soient du type et de la longueur spécifiés dans le cahier des charges du matériel particulier. Si la longueur peut être modifiée, celle qui produit la perturbation maximale doit être retenue.

Si des câbles blindés ou spéciaux sont utilisés lors des essais pour obtenir la conformité, une note doit être incluse dans le manuel d'instructions indiquant la nécessité d'utiliser de tels câbles.

Les longueurs excessives de câbles doivent être regroupées en faisceaux approximativement au centre du câble, chaque faisceau mesurant 30 cm à 40 cm de longueur. S'il n'est pas possible de procéder ainsi en raison de l'encombrement ou de la rigidité des câbles, la disposition du câble en excès doit être notée précisément dans le rapport d'essai.

Lorsqu'il y a plusieurs accès d'interface du même type, la connexion d'un câble à un seul accès de ce type est suffisante, à condition que l'on puisse démontrer que les câbles additionnels n'ont pas d'influence significative sur les résultats.

Tout ensemble de résultats doit être accompagné d'une description complète de l'orientation des câbles et du matériel de façon à pouvoir reproduire les résultats. Si des conditions spécifiques d'utilisation sont nécessaires pour satisfaire aux limites, elles doivent être spécifiées et documentées, par exemple, la longueur de câble, le type de câble, le blindage et la mise à la masse. Ces conditions doivent être incluses dans les instructions fournies à l'utilisateur.

Un matériel qui comporte un grand nombre de modules (par exemple des tiroirs et des cartes enfichables) doit être soumis à essai avec un mélange et un nombre représentatifs de ce qui est utilisé dans une installation type. Il convient de limiter le nombre de modules ou de cartes enfichables du même type à condition que l'ajout d'un autre module ou carte enfichable ne change pas significativement le niveau de perturbation, c'est-à-dire ne le fasse pas varier de plus de 2 dB, sous réserve que le matériel en essai reste conforme. Il convient de mentionner dans le rapport d'essai les explications concernant le choix du nombre et du type de modules.

Un système constitué d'un certain nombre d'unités distinctes doit être configuré de manière à constituer une configuration représentative minimale. Le nombre et le mélange d'unités inclus dans la configuration d'essai doivent être normalement représentatifs de ce qui est utilisé dans une installation type. Il convient de mentionner dans le rapport d'essai les explications concernant le choix des unités.

Un module de chaque type doit être fonctionnel dans chaque matériel évalué dans un EUT. Pour un matériel en essai comprenant un système, un de chaque type de matériel qui peut être inclus dans une configuration possible du système doit être inclus dans le matériel en essai.

Les résultats d'évaluation des matériels en essai comportant un module de chaque type peuvent être appliqués à des configurations comportant au moins deux modules de chaque type.

NOTE Il a été constaté que les perturbations provenant de modules identiques ne s'additionnent généralement pas dans la pratique.

La position du matériel en essai par rapport au plan de masse de référence doit être équivalente à celle qui est utilisée. En conséquence, un matériel posé au sol est placé sur un plan de masse de référence, en étant toutefois isolé de celui-ci, et un matériel sur table est placé sur une table non conductrice.

Les matériels conçus pour être montés contre un mur doivent être soumis à l'essai comme un matériel en essai sur table. L'orientation du matériel doit être cohérente avec une pratique d'installation normale.

Des combinaisons de types de matériel identifiés ci-dessus doivent également être disposées d'une manière qui corresponde à une pratique d'installation normale. Un matériel conçu pour fonctionner à la fois sur une table et posé au sol doit être soumis à essai comme un matériel sur table, à moins que l'installation habituelle soit posée au sol, dans ce cas cette disposition doit être utilisée.

Les extrémités des câbles de signaux reliés au matériel en essai qui ne sont pas connectées à une autre unité ou à un autre matériel auxiliaire (AuxEq) doivent être raccordées en utilisant

l'impédance de terminaison correcte définie dans la norme de produits. Si aucune norme de produits ne peut être appliquée à la configuration particulière, la terminaison doit être définie par le fabricant du matériel en essai et indiquée dans le rapport d'essai.

Les câbles ou autres connexions à un matériel auxiliaire situé en dehors de la zone d'essai doivent descendre jusqu'au sol et être ensuite acheminés jusqu'à l'emplacement où ils quittent le site d'essai.

L'installation d'un matériel auxiliaire (AuxEq) doit être conforme à la pratique d'installation normale. Cela signifie que le matériel auxiliaire (AuxEq) se trouvant sur le site d'essai doit être disposé en utilisant les mêmes conditions que celles qui sont applicables au matériel en essai (par exemple, distance par rapport au plan de masse et isolation par rapport au plan de masse s'il repose sur le sol, disposition du câblage).

6.4.1.2 Disposition d'un matériel sur table

Un matériel prévu pour être utilisé sur une table doit être placé sur une table non conductrice. Les dimensions de la table seront nominale de 1,5 m sur 1,0 m, mais peuvent finalement dépendre des dimensions horizontales du matériel en essai.

Les câbles entre les unités doivent pendre à l'arrière de la table. Si un câble pend à moins de 0,4 m du plan de masse horizontal (ou du sol), l'excédent doit être plié au centre du câble en un faisceau de longueur inférieure à 0,4 m, de telle sorte que le faisceau soit à une distance d'au moins 0,4 m au-dessus du plan de masse de référence horizontal.

Les câbles doivent être positionnés comme pour une utilisation normale.

Si le câble d'entrée de l'accès «alimentation» a une longueur inférieure à 0,8 m (en incluant les alimentations incorporées dans la fiche d'alimentation électrique), un cordon prolongateur doit être utilisé de telle sorte que l'alimentation extérieure soit posée sur la table. Le cordon prolongateur doit avoir des caractéristiques similaires à celles du câble d'alimentation électrique (ce qui inclut le nombre de conducteurs et la présence d'une connexion de masse). Le cordon prolongateur doit être traité comme s'il faisait partie du câble d'alimentation électrique.

Dans les dispositions ci-dessus, le câble situé entre le matériel en essai et l'accessoire d'alimentation doit être disposé sur la table de la même manière que les autres câbles reliant les composants du matériel en essai.

6.4.1.3 Disposition d'un matériel posé au sol

Le matériel en essai doit être placé sur le plan de masse de référence (RGP) horizontal, orienté pour une utilisation normale, mais l'isolation entre les contacts métalliques et le RGP doit être de 15 cm maximum.

Les câbles doivent être isolés (jusqu'à 15 cm) du RGP horizontal. Si le matériel nécessite une connexion de masse dédiée, celle-ci doit alors être prévue et fixée au RGP horizontal.

Les câbles entre les unités (entre les unités constituant le matériel en essai ou entre le matériel en essai et tout matériel auxiliaire) doivent descendre jusqu'au RGP horizontal, mais demeurer isolés de ce dernier. Tout excédent doit être replié au centre du câble en un faisceau ne dépassant pas 0,4 m de longueur ou être agencé en forme de serpent. Si la longueur d'un câble entre les unités n'est pas suffisamment grande pour descendre jusqu'au RGP horizontal, mais descend jusqu'à moins de 0,4 m, la partie en excès doit être repliée au centre du câble en un faisceau ne dépassant pas 0,4 m de longueur. Le faisceau doit être disposé de telle sorte qu'il soit à 0,4 m au-dessus du RGP horizontal ou à la hauteur du point d'entrée ou du point de connexion du câble si celui-ci est à moins de 0,4 m du RGP horizontal.

Pour un matériel muni de support vertical de câbles, le nombre de supports doit être typique de la pratique d'une installation. Si le support est réalisé en matériau non conducteur, une distance minimale d'au moins 0,2 m doit être maintenue entre la partie la plus proche du matériel et le câble vertical le plus proche. Si la structure du support est conductrice, la distance minimale de 0,2 m doit se trouver entre les parties les plus proches du matériel et la structure du support.

6.4.1.4 Disposition de combinaisons de matériel sur table et posé au sol

Les câbles entre les unités situées entre un matériel sur table et un matériel posé au sol doivent voir leur excédent replié en un faisceau dont la longueur n'est pas supérieure à 0,4 m. Le faisceau doit être mis en place de sorte qu'il soit à 0,4 m au-dessus du RGP horizontal soit à la hauteur du point d'entrée ou de connexion du câble si celui-ci est à moins de 0,4 m du RGP horizontal.

6.4.2 Conditions de charge normales

Les conditions de charge normales doivent être celles définies dans la norme de produits correspondant au matériel en essai; pour les matériels en essai qui ne sont pas couverts par une norme de produits, elles doivent correspondre aux instructions du fabricant.

6.4.3 Durée de fonctionnement

La durée de fonctionnement (durée pendant laquelle les perturbations peuvent être mesurées), dans le cas des matériels en essai à durée de fonctionnement assignée donnée, doit être conforme au marquage; dans tous les autres cas, il n'y a pas de limite de durée.

6.4.4 Durée de fonctionnement préalable/de préchauffage

Aucune durée de fonctionnement préalable/de préchauffage particulière n'est spécifiée, mais, avant d'effectuer les mesures, le matériel en essai doit avoir fonctionné pendant un temps suffisant afin de s'assurer que les modes et conditions de fonctionnement (par exemple, température de fonctionnement atteinte, chargement du logiciel terminé et matériel en essai prêt à remplir sa fonction prévue) sont représentatifs de ceux qui se présentent au cours de la vie du matériel. L'expression «durée de fonctionnement préalable» s'applique aux matériels en essai qui comportent des moteurs électriques. Pour certains matériels en essai, des conditions d'essai spéciales peuvent être spécifiées dans les publications de produits appropriées.

6.4.5 Alimentation

Le matériel en essai doit être alimenté à sa tension assignée. Les matériels en essai prévus pour plusieurs tensions assignées doivent être soumis aux essais à la tension assignée qui provoque la perturbation maximale. Les normes de produits peuvent ~~exiger~~ demander des mesures supplémentaires aux tensions d'alimentation dans la plage assignée de tension d'alimentation si, par exemple, les niveaux des perturbations varient ~~de manière importante~~ avec considérablement en fonction de la tension d'alimentation réelle utilisée pendant les mesures.

6.4.6 Mode de fonctionnement

Le matériel en essai doit fonctionner dans les conditions d'utilisation prévues par le fabricant qui provoquent la perturbation maximale à la fréquence de mesure.

6.4.7 Fonctionnement d'un matériel à fonctions multiples

Un matériel à fonctions multiples, qui est couvert à la fois par différents articles d'une norme de produits et/ou de normes différentes, doit être soumis à essai avec chaque fonction opérant de manière isolée si cela peut être obtenu sans modification interne du matériel. Le matériel ainsi soumis à essai doit être considéré comme satisfaisant aux exigences de tous

les articles/normes lorsque chacune de ses fonctions aura satisfait aux exigences de l'article/norme applicables.

Lorsqu'il n'est en pratique pas possible d'effectuer les essais avec chaque fonction opérant séparément, ou si la séparation d'une fonction particulière pourrait empêcher le matériel de remplir sa fonction principale, ou encore si l'opération simultanée de plusieurs fonctions pourrait conduire à un gain de temps de mesure, on doit considérer que le matériel est conforme s'il remplit les dispositions des articles/des normes applicables lorsque les fonctions nécessaires sont activées.

6.4.8 Détermination de la ou des dispositions de matériel en essai qui maximise(nt) les émissions

Les essais initiaux doivent permettre d'identifier la fréquence pour laquelle les perturbations sont les plus élevées par rapport à la limite. Cette identification doit être réalisée alors que le matériel en essai présente un mode de fonctionnement typique et une position des câbles dans une disposition d'essai représentative d'une pratique d'installation typique.

La fréquence des perturbations les plus élevées par rapport à la limite doit être déterminée en caractérisant les perturbations pour un nombre de fréquences significatives. Ceci fournit la certitude que les fréquences probables pour lesquelles les perturbations sont maximales ont été déterminées et que les câbles associés, la disposition du matériel en essai et son mode de fonctionnement ont été identifiés.

Pour effectuer l'essai initial, il convient de disposer le matériel en essai conformément aux normes de produits, suivant le cas.

6.4.9 Enregistrement des résultats de mesure

Parmi les perturbations supérieures à $(L - 20 \text{ dB})$, où L représente la limite en $\text{dB}(\mu\text{V})$ ou $\text{dB}(\mu\text{A})$, les niveaux et les fréquences d'au moins les six perturbations les plus fortes et ayant la marge la plus petite à la limite L doivent être enregistrés.

De plus, le rapport d'essai doit inclure la valeur de l'incertitude de l'instrumentation de mesure correspondant au montage d'essai utilisé, calculée selon les exigences de la CISPR 16-4-2.

6.5 Interprétation des résultats de mesure

6.5.1 Perturbations continues

Les étapes suivantes doivent être appliquées lors de l'interprétation des résultats des mesures de perturbations continues:

- a) À chaque fréquence à laquelle le niveau de perturbation est proche de la limite et n'est pas stable, le relevé sur le récepteur de mesure est observé pendant au moins 15 s pour chaque mesure; les valeurs lues les plus élevées doivent être enregistrées. Certaines normes de produits permettent l'exclusion de claquements isolés, qui doivent être ignorés (par exemple la CISPR 14-1).
- b) Si le niveau général de perturbations n'est pas stable, mais présente une augmentation ou une diminution continue supérieure à 2 dB pendant une période de 15 s, alors les niveaux de tension perturbatrice doivent être observés pendant une période plus longue et doivent être interprétés en fonction des conditions normales d'utilisation du matériel en essai, comme suit:
 - 1) si le matériel en essai peut être allumé ou éteint fréquemment ou si le sens de la rotation peut être inversé, il convient alors, à chaque fréquence de mesure, d'allumer ou d'inverser le matériel en essai juste avant chaque mesure, puis de l'éteindre juste après. Le niveau maximal obtenu durant la première minute, à chaque fréquence de mesure, doit être enregistré;

- 2) si le matériel en essai est habituellement utilisé pendant des durées supérieures, il convient alors de le laisser allumé pendant toute la durée de l'essai; on doit enregistrer, à chaque fréquence, le niveau de perturbations, mais seulement après avoir obtenu un relevé stable (soumis aux dispositions du point a)).
- c) Si la nature des perturbations du matériel en essai passe d'un caractère stable à un caractère aléatoire au cours d'un essai, ce matériel en essai doit alors être soumis à des essais conformément au point b).
- d) Les mesures sont effectuées sur le spectre complet et enregistrées au moins à la fréquence qui offre le relevé le plus grand, comme exigé dans la publication CISPR appropriée.

6.5.2 Perturbations discontinues

La mesure des perturbations discontinues peut être effectuée à un nombre restreint de fréquences; pour plus de détails, voir la CISPR 14-1.

6.5.3 Mesure de la durée des perturbations

La durée d'une perturbation doit être connue pour la mesurer correctement et pour déterminer si elle est discontinue. La durée d'une perturbation peut être mesurée selon l'une des manières suivantes:

- en connectant un oscilloscope à la sortie FI (fréquence intermédiaire) d'un récepteur de mesure pour pouvoir surveiller la perturbation dans le domaine temporel;
- en syntonisant un récepteur de perturbations électromagnétiques ou un analyseur de spectre sur la fréquence de la perturbation sans balayage de fréquence (c'est-à-dire, en mode «intervalle nul») pour pouvoir surveiller la perturbation dans le domaine temporel; ou
- en utilisant la sortie dans le domaine temporel d'un récepteur de mesure à FFT.

On peut trouver en 8.3 des indications sur la détermination du temps de mesure approprié.

6.6 Temps de mesure et vitesses de balayage pour les perturbations continues

6.6.1 Généralités

Pour les mesures manuelles, automatiques ou semi-automatiques, les temps de mesure et les vitesses de balayage des récepteurs de mesure et des récepteurs à balayage doivent être réglés afin de mesurer les émissions maximales. Plus particulièrement, lorsqu'un détecteur de crête est utilisé pour un prébalayage, les temps de mesure et les vitesses de balayage sont tenus de prendre en compte le rythme de la perturbation à mesurer. On peut trouver à l'Article 8 des informations plus détaillées sur l'exécution des mesures automatiques.

6.6.2 Temps de mesure minimaux

Les temps (de maintien) de mesure minimaux sont donnés dans le Tableau 2. Les temps (de maintien) de mesure minimaux pour les récepteurs à balayage et les appareils de mesure à FFT du Tableau 2 et les durées de balayage pour les analyseurs de spectre du Tableau 1 s'appliquent à des signaux en ondes entretenues (CW). Les durées de balayage minimales du Tableau 1 ont été calculées par déduction afin d'effectuer des mesures sur l'intégralité de la bande de fréquence de la CISPR.

Tableau 1 – Durées de balayage minimales pour les trois bandes CISPR avec détecteur de crête et détecteur de quasi-crête

Bande de fréquences		Durée de balayage T_s pour une détection de crête	Durée de balayage T_s pour une détection de quasi-crête
A	9 kHz à 150 kHz	14,1 s	2 820 s = 47 min
B	0,15 MHz à 30 MHz	2,985 s	5 970 s = 99,5 min = 1 h 39 min
C et D	30 MHz à 1 000 MHz	0,97 s	19 400 s = 323,3 min = 5 h 23 min

Tableau 2 – Temps de mesure minimaux pour les quatre bandes de la CISPR

Bande de fréquences		Temps de mesure minimaux T_m
A	9 kHz à 150 kHz	10,00 ms
B	0,15 MHz à 30 MHz	0,50 ms
C et D	30 MHz à 1 000 MHz	0,06 ms
E	1 GHz à 18 GHz	0,01 ms

En fonction du type de perturbation, on peut avoir à augmenter la durée de balayage, notamment pour des mesures quasi-crête par balayage. Dans des cas extrêmes, il peut être nécessaire d'augmenter à 15 s le temps de mesure T_m à une certaine fréquence, si le niveau de la perturbation observée n'est pas stable (voir 6.5.1).

On peut trouver à l'Annexe D les temps de mesure et les vitesses de balayage utilisables avec un détecteur de valeur moyenne.

La plupart des normes de produits font appel à la détection de quasi-crête pour les mesures de conformité, ce qui prend beaucoup de temps si aucune procédure de réduction du temps de mesure n'est appliquée (voir l'Article 8). Avant qu'une procédure de réduction du temps de mesure ne puisse être appliquée, la perturbation est détectée par un prébalayage. Afin de s'assurer que, par exemple, des signaux intermittents ne sont pas oubliés pendant un balayage automatique, il est nécessaire de prendre en compte les considérations de 6.6.3 à 6.6.5.

6.6.3 Vitesses de balayage des récepteurs à balayage et des analyseurs de spectre

Il est nécessaire qu'une des deux conditions suivantes soit remplie pour s'assurer que des signaux ne sont pas oubliés pendant le balayage automatique sur les intervalles de fréquences:

- pour un balayage unique: le temps de mesure à chaque fréquence doit être supérieur aux intervalles entre les impulsions pour les signaux intermittents;
- pour des balayages multiples avec maintien du maximum: il convient que la durée d'observation à chaque fréquence soit suffisante pour intercepter des signaux intermittents.

La vitesse de balayage en fréquences est limitée par la largeur de bande de résolution de l'instrument et les réglages de la largeur de bande vidéo. Si la vitesse de balayage choisie est trop rapide pour un état donné de l'instrument, on obtiendra des résultats de mesurage erronés. En conséquence, il est nécessaire de choisir une durée de balayage suffisamment longue, comme définie ci-après, pour l'intervalle de fréquences considéré. Les signaux intermittents peuvent être interceptés soit par un simple balayage avec une durée d'observation suffisamment longue à chaque fréquence, soit par des balayages multiples avec maintien du maximum. Généralement pour une vue d'ensemble d'émissions inconnues, la seconde solution sera particulièrement efficace: tant que l'affichage du spectre se modifie, il peut exister encore des signaux intermittents à découvrir. La durée d'observation est choisie

en fonction de la périodicité à laquelle les signaux perturbateurs apparaissent. Dans certains cas, une modification de la durée de balayage peut s'avérer nécessaire pour éviter des effets de synchronisation.

Lorsque l'on détermine la durée de balayage minimale pour les mesures avec un analyseur de spectre ou un récepteur de perturbations électromagnétiques à balayage, sur la base d'un réglage donné de l'instrument et en utilisant une détection de crête, deux cas différents sont à considérer. Si la largeur de bande vidéo choisie est plus large que la largeur de bande de résolution, l'expression suivante peut être utilisée pour calculer la durée de balayage minimale:

$$T_{s \min} = (k \times \Delta f) / (B_{\text{res}})^2 \quad (1)$$

où

$T_{s \min}$ est la durée de balayage minimale

Δf est l'intervalle de fréquences

B_{res} est la largeur de bande de résolution

k est la constante de proportionnalité, relative à la forme du filtre de résolution; cette constante a une valeur estimée entre 2 et 3 pour des filtres pratiquement gaussiens, à accord synchrone. Pour des filtres pratiquement rectangulaires, à accord décalé, k a une valeur entre 10 et 15.

NOTE Des valeurs réelles de k sont disponibles auprès des fabricants des instruments. Les valeurs réelles sont normalement prises en compte en mode couplé du microprogramme du récepteur ou de l'analyseur de spectre.

Si la largeur de bande vidéo choisie est inférieure ou égale à la largeur de bande de résolution, l'expression suivante peut être utilisée pour calculer la durée de balayage minimale:

$$T_{s \min} = (k \times \Delta f) / (B_{\text{res}} \times B_{\text{vidéo}}) \quad (2)$$

où $B_{\text{vidéo}}$ est la largeur de bande vidéo.

La plupart des analyseurs de spectre et des récepteurs de perturbations électromagnétiques à balayage règlent automatiquement la durée de balayage en fonction de l'intervalle de fréquences choisi et des réglages de largeurs de bande. La durée de balayage est réglée pour maintenir un affichage étalonné. La sélection automatique de la durée de balayage peut être annulée si des temps d'observation plus longs sont nécessaires, par exemple pour intercepter des signaux à variation lente.

De plus, pour les balayages répétitifs, le nombre de balayages par seconde est déterminé par la durée de balayage $T_{s \min}$ et la durée de retour (temps nécessaire pour faire revenir l'oscillateur local et pour enregistrer les résultats de mesurage, etc.).

6.6.4 Durées de balayage pour les récepteurs à accord par palier

Les récepteurs de perturbations électromagnétiques à accord par palier sont accordés successivement sur des fréquences ponctuelles en utilisant des largeurs de pas prédéfinies. Tout en couvrant la gamme des fréquences concernées par légers incréments de fréquence, une durée minimale de maintien à chaque fréquence est nécessaire pour que l'instrument mesure de façon précise le signal d'entrée.

Pour la mesure réelle, il est nécessaire d'avoir un pas de fréquence d'environ 50 % ou moins de la largeur de bande de résolution utilisée (en fonction de la forme du filtre de résolution), pour réduire les incertitudes de mesure dues à la largeur du pas pour les signaux à bande étroite. Avec ces hypothèses, la durée de balayage $T_{s \min}$ pour un récepteur à accord par palier peut être calculée en utilisant l'équation ci-dessous:

$$T_{s\min} = T_{m\min} \times \Delta f / (B_{\text{res}} \times 0,5) \quad (3)$$

où $T_{m\min}$ est le temps (de maintien) de mesure minimal à chaque fréquence.

En plus du temps de mesure, une certaine durée est nécessaire au synthétiseur pour passer à la fréquence suivante et au logiciel pour enregistrer le résultat de mesurage, ce qui est réalisé automatiquement dans la plupart des récepteurs de telle sorte que le temps de mesure choisi soit la durée réelle pour obtenir le résultat de mesurage. De plus, le détecteur choisi, par exemple de crête ou de quasi-crête, détermine également cette durée.

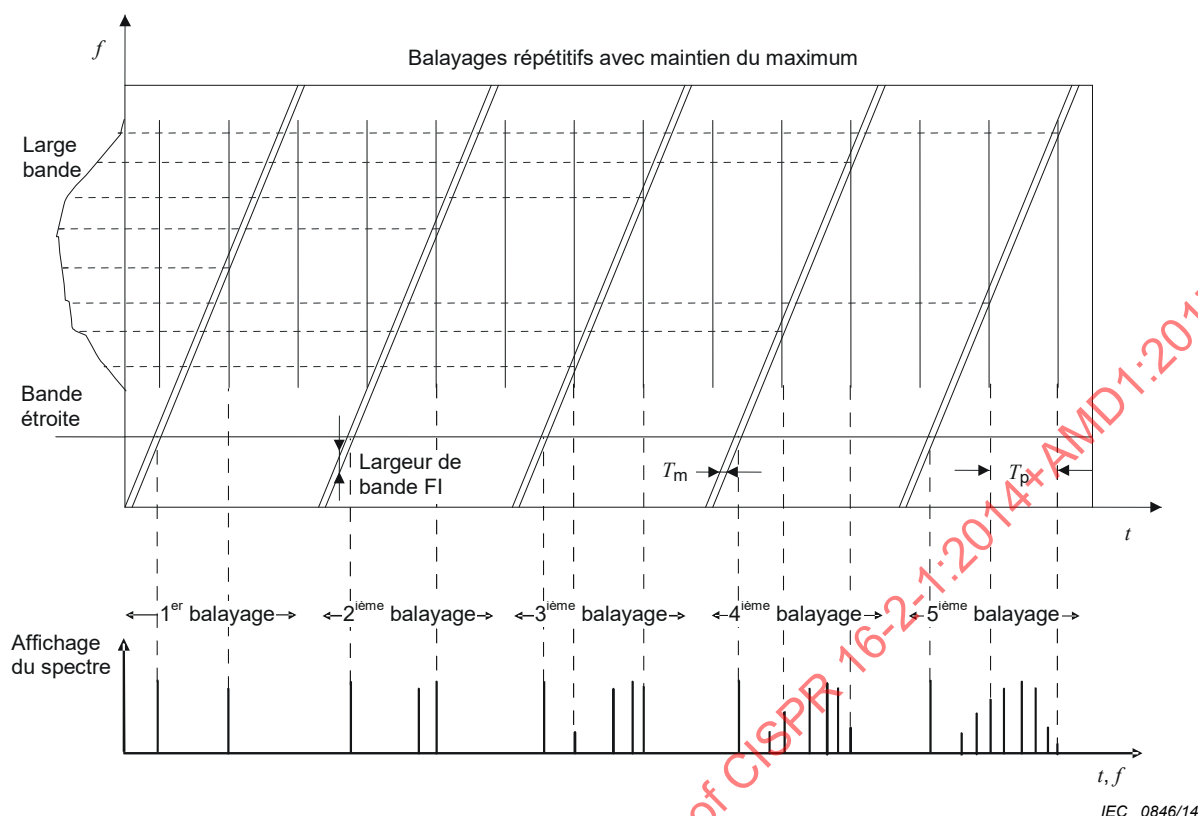
Pour des émissions purement à large bande, on peut augmenter le pas de fréquence. Dans ce cas, l'objectif est de déterminer uniquement les valeurs maximales du spectre de perturbation.

6.6.5 Stratégies pour une vue d'ensemble du spectre en utilisant le détecteur de crête

Pour chaque mesure par prébalayage, la probabilité d'intercepter toutes les composantes spectrales critiques du spectre du matériel en essai doit être aussi proche que possible de 100 %. En fonction du type de récepteur de mesure et des caractéristiques de la perturbation, qui peut contenir des éléments à bande étroite et à large bande, deux approches générales sont proposées:

- balayage par pas: le temps (de maintien) de mesure doit être assez long à chaque fréquence pour mesurer la crête du signal, par exemple pour un signal impulsif, il convient que le temps (de maintien) de mesure soit supérieur à l'inverse de la fréquence de répétition du signal.
- balayage continu: le temps de mesure doit être supérieur aux intervalles entre les signaux intermittents (balayage unique) et il convient que le nombre de balayages en fréquence pendant la durée d'observation soit rendu maximal pour augmenter la probabilité d'interception du signal.

Les Figures 2, 3, 4 et 5 montrent des exemples de la relation entre différents spectres de perturbation variant dans le temps et les affichages correspondants sur le récepteur de mesure. Dans les cas des Figures 2, 4 et 5, la partie supérieure de la figure montre la position de la largeur de bande du récepteur selon qu'il balaye le spectre en continu ou par pas.

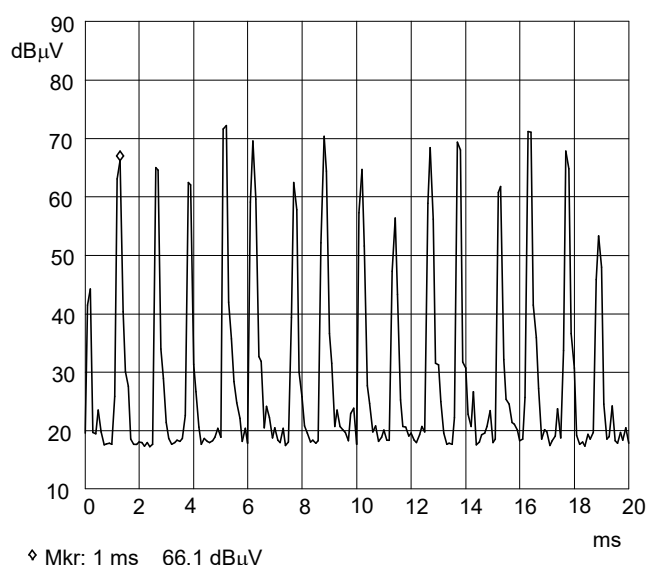


T_p est l'intervalle de répétition de l'impulsion d'un signal impulsif. Une impulsion se produit à chaque ligne verticale en fonction de l'échelle de temps de l'affichage (partie supérieure de la figure).

Figure 2 – Mesure d'une combinaison d'un signal à onde entretenue ("bande étroite") et d'un signal impulsif ("large bande") en utilisant des balayages multiples avec maintien du maximum

Si le type de perturbation est inconnu, des balayages multiples avec une durée de balayage aussi courte que possible et une détection de crête permettent de déterminer l'enveloppe du spectre. Un balayage unique court est suffisant pour mesurer le contenu d'un signal à bande étroite permanent dans le spectre d'un matériel en essai. Pour les signaux permanents à large bande et les signaux intermittents à bande étroite, des balayages multiples à différentes vitesses de balayage utilisant la fonction «maintien du maximum» peuvent être nécessaires pour déterminer l'enveloppe du spectre. Pour des signaux impulsifs à faible répétition, il est nécessaire d'effectuer de nombreux balayages pour remplir l'enveloppe du spectre de la composante à large bande.

La réduction du temps de mesure exige une analyse temporelle des signaux à mesurer. Ceci peut être effectué soit avec un récepteur de mesure qui fournit un affichage graphique du signal, utilisé en mode intervalle nul ou en utilisant un oscilloscope branché à la sortie FI ou vidéo du récepteur comme cela est illustré par exemple à la Figure 3.



Exemple de résultats pour une perturbation d'un moteur à collecteur à courant continu. Compte tenu du nombre de segments du collecteur, la fréquence de répétition d'impulsions est élevée (environ 800 Hz) et l'amplitude des impulsions varie fortement. En conséquence, pour cet exemple, le temps (de maintien) de mesure recommandé avec le détecteur de crête est > 10 ms.

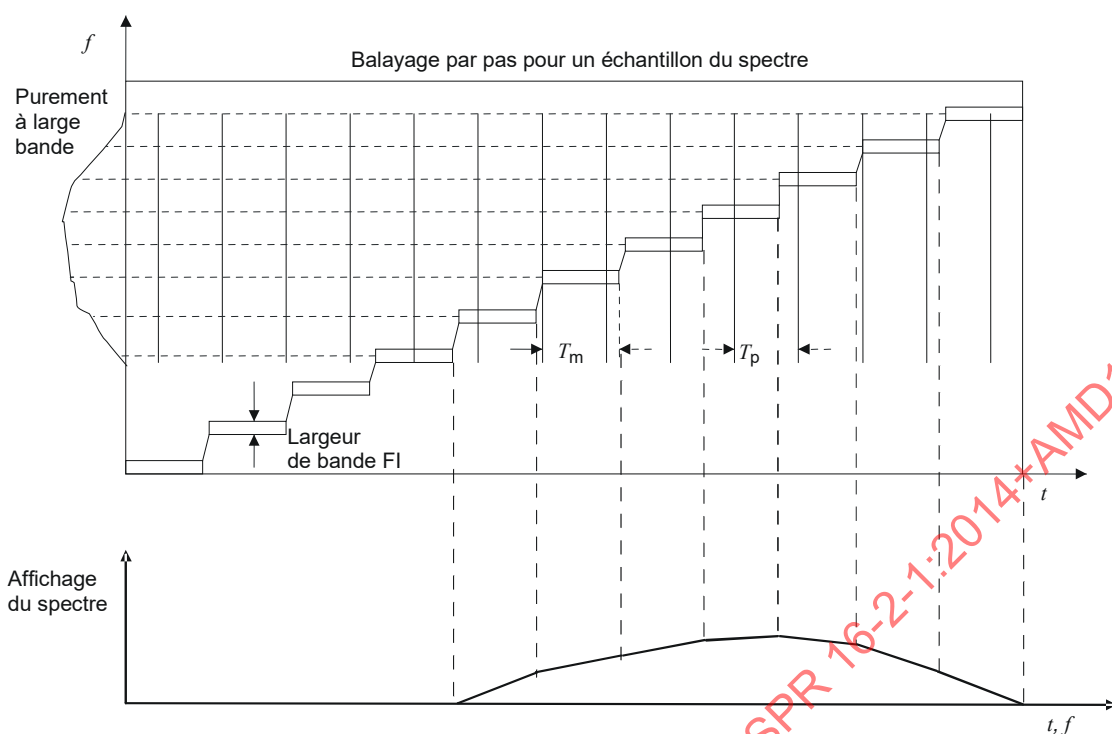
Figure 3 – Exemple d'analyse temporelle

L'analyse temporelle permet de déterminer les durées des impulsions et leurs fréquences de répétition, et de choisir en conséquence les vitesses de balayage ou les temps de maintien:

- pour les perturbations **continues non modulées à bande étroite**, la durée de balayage la plus courte possible pour les réglages choisis de l'instrument peut être utilisée;
- pour les perturbations **purement continues à large bande**, par exemple pour un moteur à allumage commandé, pour des appareils de soudage à l'arc et pour des moteurs à collecteur, un balayage par pas (avec une détection de crête ou même de quasi-crête) peut être utilisé pour un échantillonnage du spectre de perturbation. Dans ce cas, la connaissance du type de perturbation est utilisée pour dessiner une courbe polygone représentant l'enveloppe du spectre (voir la Figure 4). La largeur du pas est choisie de sorte qu'aucune variation significative de l'enveloppe du spectre ne soit oubliée. Une mesure par balayage unique, si elle est effectuée suffisamment lentement, donne également l'enveloppe du spectre;
- pour les perturbations **intermittentes à bande étroite** de fréquences inconnues, on peut utiliser soit des balayages courts et rapides avec la fonction «maintien du maximum» (voir la Figure 5), soit un seul balayage lent. Une analyse temporelle peut être nécessaire avant la mesure réelle pour s'assurer d'une interception correcte du signal.

Les perturbations **intermittentes à large bande** doivent être mesurées avec un analyseur de perturbations conforme à la CISPR 16-1-1. Pour les explications concernant les modes opératoires de mesures liés, voir la CISPR 14-1.

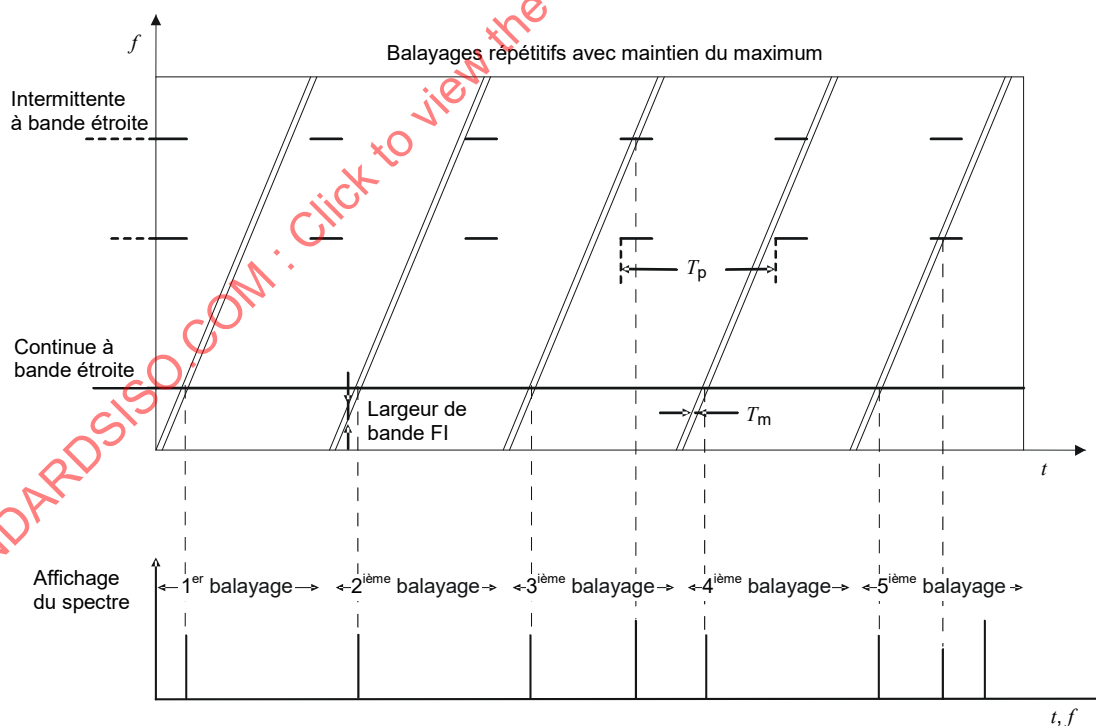
NOTE Dans l'exemple de la Figure 5, cinq balayages sont nécessaires pour faire apparaître toutes les composantes spectrales. Il peut être nécessaire d'augmenter le nombre de balayages nécessaires ou la durée de balayage, en fonction de la durée des impulsions ou de leur intervalle de répétition.



IEC 0848/14

Il convient que le temps (de maintien) de mesure T_m soit supérieur à l'intervalle de répétition d'impulsions T_p , qui est l'inverse de la fréquence de répétition d'impulsions.

Figure 4 – Spectre à large bande mesuré avec un récepteur à accord par palier



IEC 0849/14

Figure 5 – Perturbations intermittentes à bande étroite mesurées en utilisant des balayages courts, rapides et répétitifs avec la fonction «maintien du maximum» pour obtenir une vue d'ensemble du spectre de perturbation

6.6.6 Considérations temporelles concernant l'utilisation d'appareils de mesure à FFT

Les appareils de mesure à FFT peuvent associer le calcul parallèle à N fréquences et un balayage par pas. Dans ce but, la gamme de fréquences concernée est subdivisée en un certain nombre de segments égaux N_{seg} qui sont balayés en séquence. Le mode opératoire est représenté à la Figure 6 pour trois segments. La durée totale de balayage pour la gamme de fréquences concernée T_{balayage} est calculée de la manière suivante:

$$T_{\text{balayage}} = T_m N_{\text{seg}} \quad (4)$$

où

T_m est le temps de mesure pour chaque segment égal et

N_{seg} est le nombre de segments.

Les appareils de mesure à FFT peuvent également fournir des méthodes pour améliorer la résolution en fréquence sur une gamme de fréquences donnée. Un appareil de mesure à FFT a généralement un incrément de fréquence fixe $f_{\text{step FFT}}$ qui est déterminé par le nombre de fréquences de la FFT. On obtient une résolution de fréquence accrue en effectuant des calculs répétés sur une gamme de fréquences donnée. Pour chaque calcul répété, la fréquence la plus basse est incrémentée d'un rapport d'incrément de $f_{\text{step final}}$.

Ainsi, le premier calcul sur la gamme de fréquences donnée utilise les fréquences suivantes:

$$\begin{aligned} &f_{\text{min}}, \\ &f_{\text{min}} + f_{\text{step FFT}}, \\ &f_{\text{min}} + 2f_{\text{step FFT}}, \\ &f_{\text{min}} + 3f_{\text{step FFT}} \dots \end{aligned}$$

Le deuxième calcul sur la gamme de fréquences donnée utilise les fréquences suivantes:

$$\begin{aligned} &f_{\text{min}} + f_{\text{step final}}, \\ &f_{\text{min}} + f_{\text{step final}} + f_{\text{step FFT}}, \\ &f_{\text{min}} + f_{\text{step final}} + 2f_{\text{step FFT}}, \\ &f_{\text{min}} + f_{\text{step final}} + 3f_{\text{step FFT}} \dots \end{aligned}$$

Ce mode opératoire, appliqué à un rapport d'incrément de 3, est représenté à la Figure 7.

La durée de balayage T_{balayage} est calculée de la manière suivante:

$$T_{\text{balayage}} = T_m \frac{f_{\text{step FFT}}}{f_{\text{step final}}} \quad (5)$$

où

T_m est le temps de mesure et

$\frac{f_{\text{step FFT}}}{f_{\text{step final}}}$ est le rapport d'incrément.

Pour un système associant les deux méthodes, la durée de balayage T_{balayage} est calculée de la manière suivante:

$$T_{\text{balayage}} = T_m N_{\text{seg}} \frac{f_{\text{step FFT}}}{f_{\text{step final}}} \quad (6)$$

NOTE 1 Les appareils de mesure à FFT peuvent combiner les deux méthodes, c'est-à-dire le balayage par pas, ainsi qu'une méthode d'amélioration de la résolution en fréquence.

NOTE 2 Des informations de contexte supplémentaires sont fournies dans la CISPR/TR 16-3[4].

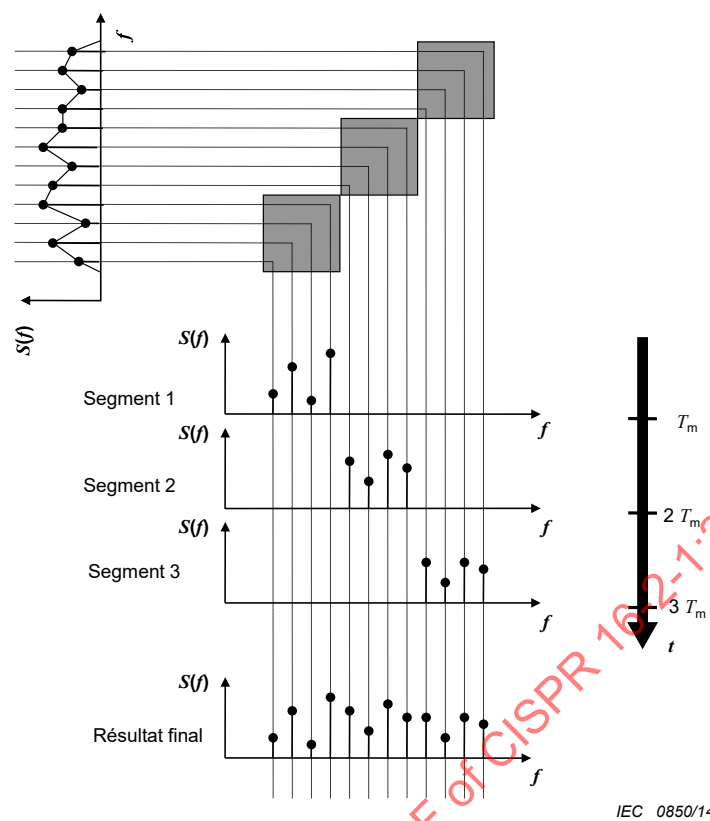


Figure 6 – Balayage FFT en segments

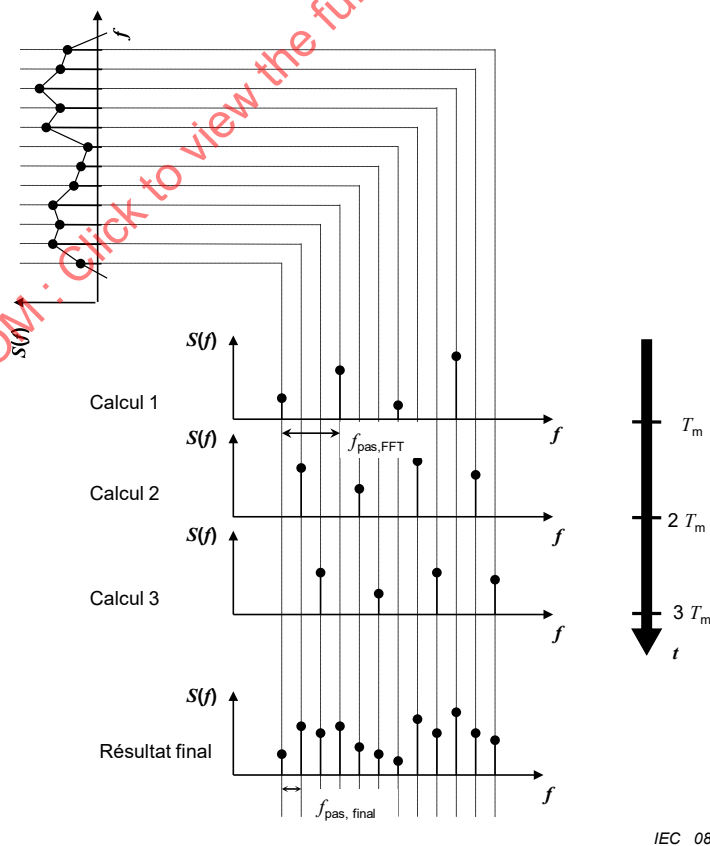


Figure 7 – Résolution en fréquence améliorée au moyen d'un appareil de mesure à FFT

7 Mesure des perturbations conduites le long de câbles, de 9 kHz à 30 MHz

7.1 Généralités

Lors des essais de conformité aux limites de perturbations électromagnétiques conduites le long de câbles, les points suivants doivent être considérés comme un minimum, à la fois en situation normalisée (essais de type) et sur le lieu de l'installation (essais in situ):

- a) *les types de perturbation*: il existe deux méthodes de mesure des perturbations conduites, soit en tant que tension (méthode la plus répandue pour les mesures CISPR) soit en tant que courant. Les deux méthodes peuvent être utilisées pour mesurer les trois types de perturbations conduites, c'est-à-dire:
- en mode commun (également appelé mode ~~non~~ asymétrique, c'est-à-dire la somme vectorielle des tensions/~~intensités~~ courants ~~dans~~ d'un faisceau ou ~~dans~~ d'un ensemble de fils par rapport à la terre de référence);
 - en mode différentiel (également appelé mode symétrique);
 - en mode ~~non symétrique~~ dissymétrique (tension entre une borne de l'accès en essai et la ~~masse terre~~ de référence).

NOTE La tension ~~en mode non symétrique~~ dissymétrique est principalement mesurée au niveau de l'accès d'alimentation secteur en courant alternatif basse tension. La tension (et le courant) en mode commun sont principalement mesurés aux accès de télécommunication, de transmission et de commande.

- b) *le matériel de mesure*: le type de matériel de mesure est choisi en fonction des propriétés de perturbation à déterminer (voir 7.2);
- c) *l'équipement d'appoint*: le type d'équipement d'appoint, c'est-à-dire réseaux fictifs, sondes de courant ou sondes de tension, est choisi en fonction du type de perturbation à mesurer conformément à 7.1 a). Chaque type d'équipement d'appoint présente une charge RF aux signaux et accès mesurés (voir 7.3);
- d) *conditions de charge RF de la source de perturbation*: le montage d'essai présente certaines impédances de charge RF à la/aux source(s) de perturbations dans le matériel en essai. Ces impédances sont normalisées pour les essais de type ou sont susceptibles de dépendre des conditions sur le lieu de l'installation dans le cas d'essais in situ (voir 7.3 et 7.4);
- e) *la configuration d'essai du matériel en essai*: une configuration d'essai normalisée doit spécifier, sans aucune ambiguïté, la masse de référence, la position du matériel en essai et le matériel de mesure d'appoint par rapport à cette masse de référence, les connexions à cette masse de référence et les interconnexions du matériel en essai avec les matériels associés (voir 7.4 et 7.5).

7.2 Matériel de mesure (récepteurs, etc.)

7.2.1 Généralités

En général, on distingue les perturbations continues des perturbations discontinues. Les perturbations radioélectriques continues se mesurent principalement dans le domaine des fréquences. Les perturbations discontinues sont également mesurées dans le domaine des fréquences, mais elles peuvent nécessiter des mesures supplémentaires dans le domaine temporel.

Les récepteurs de mesure et autres matériels de mesure spécifiés dans la CISPR 16-1-1 doivent être utilisés. Pour les mesures dans le domaine temporel, des oscilloscopes, etc. peuvent être utilisés.

7.2.2 Utilisation des détecteurs pour les mesures des perturbations conduites

La CISPR 16-1-1 spécifie les caractéristiques des détecteurs qui sont nécessaires pour effectuer les mesures conformément aux spécifications de produits. Plusieurs de ces spécifications de produits nécessitent d'utiliser deux détecteurs, de quasi-crête et de valeur moyenne, pour les mesures de perturbations conduites. Les constantes de temps de ces deux

détecteurs sont très longues et entraînent des durées importantes dans le cas de mesures automatiques.

On peut utiliser un détecteur de crête, avec des constantes de temps plus faibles, pour effectuer des mesures initiales et pour déterminer la conformité à une limite. Mais si les niveaux de perturbation mesurés sont supérieurs à une limite, on doit effectuer les mesures avec les détecteurs de quasi-crête et de valeur moyenne.

L'Annexe C fournit des indications concernant la méthode à appliquer pour que ces mesures puissent être effectuées de façon efficace.

7.3 Matériel de mesure d'appoint

7.3.1 Généralités

Les matériels de mesure d'appoint pour la mesure des perturbations conduites se divisent en deux catégories:

- a) capteurs de mesure de tension, tels que réseaux fictifs (AN) et sondes de tension;

NOTE Certaines normes utilisent le terme impédance de stabilisation de réseau (RSI) pour les AN pour des mesures de perturbation sur des accès de télécommunication (c'est-à-dire les AAN ou les réseaux en Y).

- b) capteurs de mesure de courant, tels que sondes de courant.

7.3.2 Réseaux fictifs (AN)

7.3.2.1 Généralités

Les impédances ~~de en~~ mode commun, différentiel et ~~non symétrique~~ dissymétrique des réseaux réels, tels que les réseaux d'alimentation et les réseaux de télécommunications, dépendent de la localisation et varient en général en fonction du temps. Par conséquent, les essais de type de perturbations nécessitent la présence de réseaux de simulation d'impédance normalisés, appelés réseaux fictifs (AN). L'AN fournit des impédances de charge RF normalisées ~~au matériel en essai~~ à l'EUT et, simultanément, découple la source d'alimentation secteur en courant alternatif basse tension et/ou en courant continu du laboratoire, ou tout autre type de matériel périphérique et d'appoint, comme un simulateur de signal, de l'EUT. À cette fin, l'AN est inséré ~~en série avec~~ entre les bornes du matériel en essai et le réseau réel ou le simulateur de signal. De cette manière, l'AN simule les réseaux étendus (lignes longues) avec les impédances définies.

7.3.2.2 Types de réseaux fictifs

Les ~~réseaux fictifs~~ AN spécifiés dans la CISPR 16-1-2 doivent être utilisés, à moins que des raisons spécifiques n'exigent une autre construction. En général, trois types ~~de réseaux fictifs~~ d'AN peuvent être distingués :

- a) ~~le réseau fictif de type~~ l'AN en V (en général utilisé comme un AMN en V ou RSIL): dans une ~~gamme~~ plage de fréquences définie, les impédances RF entre chacune des bornes du matériel en essai à mesurer et la masse de référence ont une valeur définie, alors qu'aucune impédance ~~distincte supplémentaire~~ n'est directement connectée entre ces bornes. La construction définit (indirectement) la mesure de la somme vectorielle ~~de la tension, à la fois en mode différentiel et en mode commun~~ des tensions symétrique (en mode différentiel) et asymétrique (en mode commun), c'est-à-dire de la tension perturbatrice dissymétrique composite (en dissymétrique ou aux bornes). En principe, le nombre de bornes du matériel en essai, c'est-à-dire le nombre de lignes à mesurer par les réseaux fictifs ~~de type~~ en V, n'est pas limité;
- b) ~~le réseau fictif de type triangle (non utilisé en réalité dans les publications de produits, mais pourrait être utilisé comme AMN en triangle pour les lignes électriques ou comme réseau en triangle pour des lignes de transmission)~~ l'AN en Δ : dans une ~~gamme~~ plage de fréquences définie, l'impédance RF entre deux bornes à mesurer du matériel en essai (hors borne de mise à la terre) et entre le point milieu électrique de ces bornes et la

masse de référence a des valeurs définies. Cette construction définit directement les impédances de charge RF, à la fois **symétriques** (en mode différentiel) et **asymétriques** (en mode commun). L'ajout d'un transformateur symétrique/non symétrique permet de mesurer les tensions perturbatrices symétriques (en mode différentiel) et ~~non~~ **asymétriques** (en mode commun) séparément. Les mises en œuvre pratiques d'AN en Δ sont actuellement (2016) équipées seulement de connecteurs pour trois bornes EUT individuelles au total, y compris la terre commune;

- c) ~~le réseau fictif l'AN en Y (également appelé réseau fictif non asymétrique, ou AAN, pour "asymmetric artificial network", ou RSI):~~ dans une ~~gamme~~ plage de fréquences définie, l'impédance de charge RF ~~de~~ en mode commun entre le point milieu électrique de deux bornes à mesurer du matériel en essai et ~~une~~ la masse de référence a une valeur définie. En général, aucune impédance de charge en mode différentiel ~~le~~ définie ~~en tant que telle~~ n'est incluse dans un ~~réseau fictif~~ AN en Y en tant que tel. L'impédance en mode différentiel définie doit alors être fournie par le circuit externe connecté aux bornes de la ligne d'alimentation ~~du réseau fictif de l'AN en Y~~. Ce type ~~de réseau fictif d'AN~~ est utilisé seulement pour mesurer les tensions perturbatrices en mode commun.

- d) Sondes de tension

Voir les spécifications des sondes de tension dans la CISPR 16-1-2.

Les tensions perturbatrices aux bornes, qui ne sont pas à mesurer par un réseau fictif, peuvent l'être par une sonde de tension. Les bornes de cette sorte sont par exemple les connecteurs d'antenne, les lignes de commande, les lignes de transmission et les lignes de charge. En général, la sonde de tension est utilisée pour la mesure de la tension perturbatrice non symétrique. La sonde présente une impédance RF élevée entre la borne à mesurer et la masse de référence.

La sonde de tension capacitive (CVP) est utilisée pour mesurer la tension non symétrique (en mode commun) d'un nombre donné de conducteurs sans contact conducteur direct. Elle est conçue de façon à pouvoir être fixée autour des conducteurs à mesurer. La fixation de la sonde CVP autour d'un conducteur particulier permet de mesurer la tension perturbatrice non symétrique.

7.3.3 Sondes de courant

Les sondes de courant ou transformateurs de courant permettent de mesurer les trois types de courant perturbateurs (voir 7.1 et CISPR 16-1-2) sur les ~~sorties~~ câbles d'alimentation et autres câbles électriques, les lignes de transmission, les lignes de charge, etc. Une sonde construite comme une pince facilite l'utilisation.

Le courant en mode commun circulant dans les conducteurs se mesure lorsque la sonde de courant entoure ces câbles, quel que soit le nombre de fils. Dans cette situation, les courants en mode différentiel circulant dans les conducteurs entraîneront des signaux d'intensité égale, mais de signe opposé qui s'annulent presque totalement. Cet effet permet de mesurer un courant en mode commun de faible amplitude en présence de courants (de fonctionnement) en mode différentiel de forte amplitude.

La sonde de courant ne peut pas être utilisée pour la mesure du courant en mode commun converti (CCM) entre un réseau fictif non symétrique (AAN) et le matériel en essai (EUT). Le CCM ne doit être mesuré que par la tension à la sortie de l'AAN (voir 7.3.2.2 c)).

Pour des sondes de courant déjà définies (et normalisées), voir la CISPR 16-1-2.

NOTE Le but de l'AAN est de simuler le potentiel de perturbation du câblage de réseau relié à l'accès de télécommunication de l'EUT. Ainsi, en réponse à la tension en mode différentiel envoyée sur le réseau par l'accès de télécommunication de l'EUT, l'AAN génère une tension en mode commun interne qui représente la tension en mode commun converti (CCM) qui serait générée par le câblage de réseau raccordé. Cette tension en mode commun générée de façon interne comporte un courant en mode commun associé (I_{CCM} à la Figure 8). Ce courant fait l'objet d'une division du courant dans l'AAN (en I_{CCM1} et I_{CCM2} à la Figure 8). La division de courant est déterminée par l'impédance de mode commun de la sortie de l'AAN (Z_T à la Figure 8) et l'impédance de mode

commun vue de la borne d'EUT de l'AAN (Z_E à la Figure 8). L'impédance de mode commun de la sortie de l'AAN est contrôlée et ainsi, la tension en mode commun à la sortie de l'AAN (V_{CCM} à la Figure 8) est la mesure du potentiel de perturbation du réseau connecté. L'impédance de mode commun vue de l'accès de l'EUT de l'AAN n'est pas contrôlée, elle varie plutôt avec la fréquence et elle dépend de la taille de l'EUT et de son agencement. Ce courant de CCM (I_{CCM2} à la Figure 8) ne peut donc pas être mesuré avec une sonde de courant parce que, pour le matériel informatique de taille typique, l'ordre de grandeur Z_E varie entre 2 k Ω et 200 Ω environ, dans la gamme de fréquences qui s'étend de 150 kHz à 30 MHz.

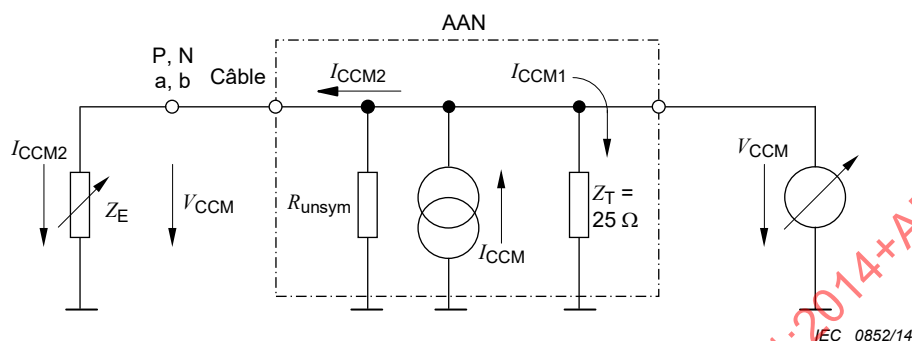


Figure 8 – Illustration du courant I_{CCM}

7.4 Configuration ~~du matériel en essai~~ de l'EUT et méthode de mesure

7.4.1 Disposition du matériel en essai et sa connexion au réseau fictif

Pour la mesure de la tension perturbatrice, ~~le matériel en essai est connecté au réseau d'alimentation électrique, et à tout autre réseau de grande dimension, via un ou de plusieurs AN (en général, le réseau en V est ici utilisé comme un AMN pour l'accès d'alimentation, voir la Figure 9)~~ l'EUT est connecté à l'alimentation en courant alternatif basse tension et/ou en courant continu du laboratoire et à tout autre réseau étendu via un ou plusieurs AN, conformément aux exigences suivantes. En général, l'AMN en V est utilisé pour l'accès d'alimentation secteur en courant alternatif basse tension (voir Figure 9) conformément aux exigences suivantes. Pour la terminaison des accès d'alimentation en courant continu basse tension en essai, des AN en Δ de 150 Ω conformes à la CISPR 16-1-2 peuvent être utilisés (voir Figure 26). D'autres publications de produits de la CISPR fournissent des ~~détails~~ informations d'essai supplémentaires pour des matériels en essai particuliers.

Un matériel en essai, qu'il soit ou non destiné à être relié à la terre, qui est amené à être utilisé sur une table, est configuré de la manière suivante:

- la base ou la partie arrière du matériel en essai doit être située à une distance contrôlée de 40 cm par rapport à un RGP. Ce plan de masse est normalement représenté par la cloison ou le sol d'une pièce blindée. Il peut s'agir également d'une plaque métallique reliée à la terre aux dimensions d'au moins 2 m sur 2 m. Concrètement, on le réalise comme suit:
 - placer le matériel en essai sur une table en matériau non conducteur, d'une hauteur minimale de 80 cm. Placer le matériel en essai de façon à ce qu'il soit situé à 40 cm de la cloison de la pièce blindée, ou
 - placer le matériel en essai sur une table en matériau non conducteur, d'une hauteur de 40 cm de façon à ce que la partie inférieure du matériel en essai soit située 40 cm au-dessus du plan de masse;
- toutes les autres surfaces conductrices du matériel en essai doivent être situées à plus de 40 cm du RGP;
- les ~~réseaux fictifs~~ AN sont placés sur le sol comme indiqué à la Figure 9, de sorte qu'un côté du boîtier AN soit situé à 40 cm du RGP vertical et d'autres pièces métalliques. Les ~~réseaux~~ AMN en V (~~AMN~~) et les ~~réseaux~~ AN en Y (AAN) sont représentés à la Figure 9 et à la Figure 10. Si des AN en Δ sont utilisés, alors ils doivent être placés sur le sol de la même manière que les AMN en V, ou de manière similaire (voir Figure 26);

- les câbles de connexions du matériel en essai doivent être conformes aux indications de la Figure 9;
- la configuration d'essai facultative pour le matériel en essai sur table avec un seul cordon d'alimentation raccordé est présentée à la Figure 11.

NOTE La configuration de la Figure 11 peut causer une ambiguïté due au fait qu'avec certains matériels en essai, la source de perturbation métallique n'est pas au centre du boîtier non métallique (voir CISPR 16-4-1 [5]).

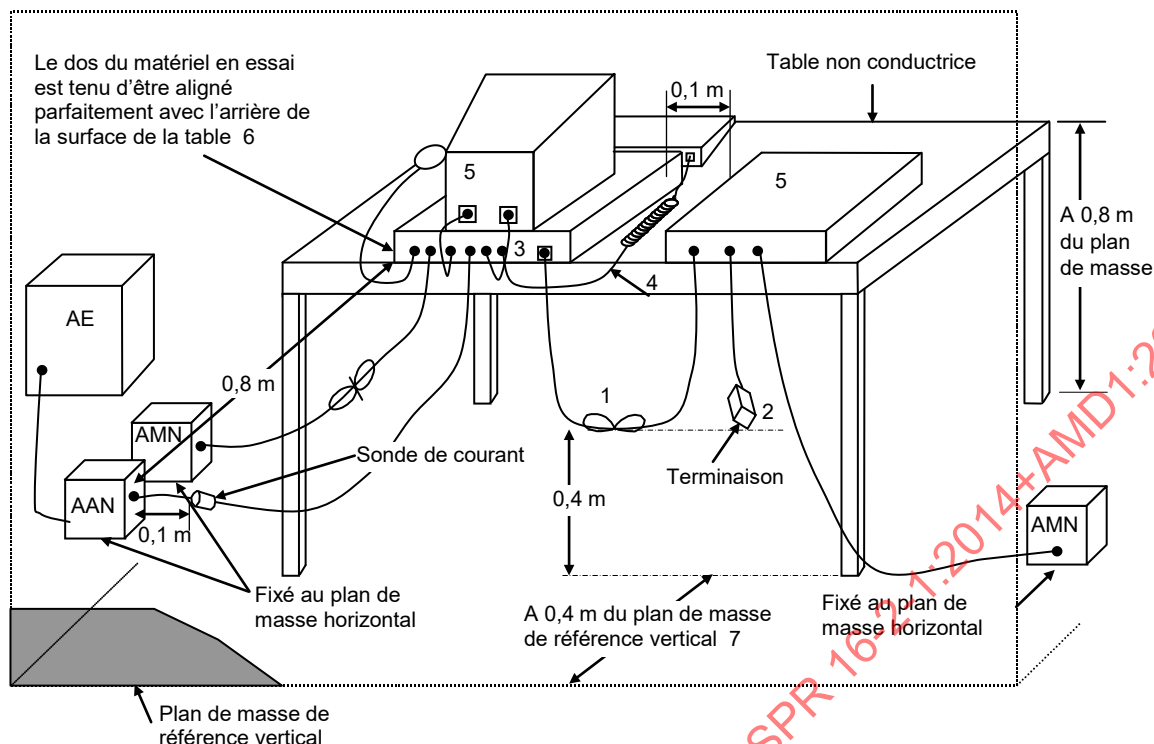
Les matériels en essai posés au sol sont soumis aux mêmes dispositions que ci-dessus, à une exception près: ces matériels doivent être placés sur le sol, les points de contact étant compatibles avec une utilisation normale. Un plancher métallique relié à la masse doit être utilisé, mais ne doit pas créer de contact métallique avec le(s) support(s) au sol du matériel en essai, mais qui doit faire contact avec les conducteurs de terre voulus du matériel en essai. Le plancher métallique peut être utilisé comme RGP. Il doit s'étendre au moins 50 cm au-delà des bords du matériel en essai, et présenter des dimensions minimales de 2 m sur 2 m. Pour consulter des exemples de configurations d'essai, se reporter aux Figures 12 et 13.

L'AN est relié en RF au RGP par une connexion de faible impédance RF (comme expliqué en 5.2). Il convient que la «faible» valeur d'impédance RF soit de préférence inférieure à $10\ \Omega$ à 30 MHz. Cette valeur peut par exemple être obtenue si le boîtier de l'AN est monté directement sur le RGP ou si sa connexion présente un rapport longueur sur largeur ne dépassant pas 3:1. Les résonances de la mise à la masse de l'AN peuvent être identifiées par un essai in situ du facteur de division en tension (voir l'Annexe E).

La disposition du matériel en essai est telle qu'illustrée dans les Figures 9 à 13. La distance de référence entre l'un des bords du matériel en essai et la surface la plus proche de l'AN est de 80 cm. Une bonne approche pour les matériels en essai sur table, comme illustré dans les Figures 9 et 13, consiste à monter l'AN dans le plan de masse – le panneau avant étant aligné au droit du plan de masse.

Il convient de disposer les conducteurs d'alimentation reliés à un AN et le câble de connexion du réseau vers le récepteur de mesure de telle manière que leurs emplacements n'influent pas sur les résultats de mesurage. Les matériels en essai, qui ne sont pas équipés de cordons de raccordement fixes, sont reliés à l'AN au moyen d'un câble d'un mètre de long ou comme spécifié dans la documentation relative au matériel concerné. La longueur de 1 m est la valeur préférentielle, car elle donne une incertitude de conformité à la norme réduite.

Sauf si des exigences particulières concernant une impédance de masse des câbles sont associées au matériel en essai, les instructions suivantes doivent s'appliquer. Si le matériel en essai est destiné à être relié à une masse de référence, cela doit être effectué au moyen d'un câble courant parallèlement à la sortie d'alimentation du matériel en essai, et de même longueur, et éloigné de lui d'une distance ne dépassant pas 10 cm, à moins que la sortie d'alimentation elle-même ne contienne un conducteur de terre. Si le matériel en essai comporte un câble fixe, ce câble doit avoir une longueur de 1 m. S'il dépasse 1 m, une partie de ce câble est repliée sur elle-même en décrivant des méandres ne dépassant pas 30 cm et 40 cm de longueur et disposée en forme de serpent non inductif de telle manière que la longueur totale du câble ne dépasse pas 1 m (voir également la Figure 14). Toutefois, lorsque le faisceau de câble peut influencer les résultats de mesurage, une réduction de la longueur à 1 m est recommandée.



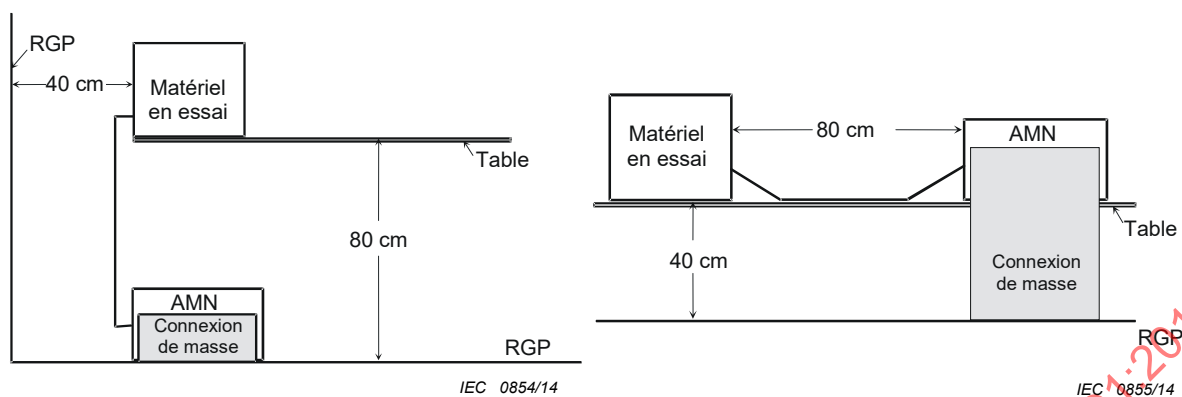
IEC 0853/14

Légende

- 1 Les câbles d'interconnexion qui pendent à moins de 40 cm du plan de masse doivent être repliés plusieurs fois sur eux-mêmes pour former un faisceau d'une longueur maximale de 40 cm suspendu approximativement au milieu de la distance qui sépare le plan de masse de la table. Le rayon de courbure minimal du câble ne doit pas être dépassé. Si le rayon de courbure donne une longueur du faisceau de plus de 40 cm, le rayon de courbure doit déterminer la longueur du faisceau.
- 2 Les câbles d'entrée et de sortie raccordés à un périphérique doivent être arrangés en faisceau en leur milieu. L'extrémité du câble peut être chargée par l'impédance appropriée. Dans la mesure du possible, la longueur totale ne doit pas dépasser 1 m.
- 3 Le matériel en essai est connecté à un AMN. Les bornes de mesure des AMN et des AAN doivent être terminées par des résistances de 50 Ω si elles ne sont pas reliées au récepteur de mesure. Les AMN sont placés directement sur le plan de masse horizontal à 0,8 m du matériel en essai et à 40 cm du plan de masse vertical si celui-ci est le RGP (voir aussi Figure 10 a)). Une solution alternative (représentée à la Figure 10 b)) consiste à placer les AMN sur le plan de masse vertical à 0,8 m du matériel en essai, si le plan de masse horizontal est le RGP qui est à 40 cm en dessous du matériel en essai. Les AMN peuvent devoir être déplacés sur le côté pour atteindre la distance de 0,8 m. Tous les matériels auxiliaires sont connectés à un deuxième AMN si celui-ci est capable de fournir la puissance nécessaire. Dans le cas où un seul AMN ne peut pas fournir la puissance nécessaire, plusieurs AMN peuvent être utilisés pour alimenter les matériels auxiliaires. Les réseaux AAN sont utilisés pour les câbles à paires torsadées non blindés contenant 1, 2, 3 ou 4 paires, et les sondes de courant peuvent être utilisées pour les autres câbles (non blindés ou blindés).
- 4 Les câbles des dispositifs utilisés à la main comme les claviers, souris, etc. doivent être placés aussi près que possible de leur matériel.
- 5 Éléments soumis à essai sans faire partie du matériel en essai.
- 6 L'arrière du matériel en essai, périphériques compris, doit être aligné avec l'arrière de la surface de la table.
- 7 L'arrière de la surface de la table doit être à 40 cm d'un plan conducteur vertical relié au plan de masse du sol.

Les tolérances applicables aux longueurs de câbles et aux distances sont aussi pratiques que possible.

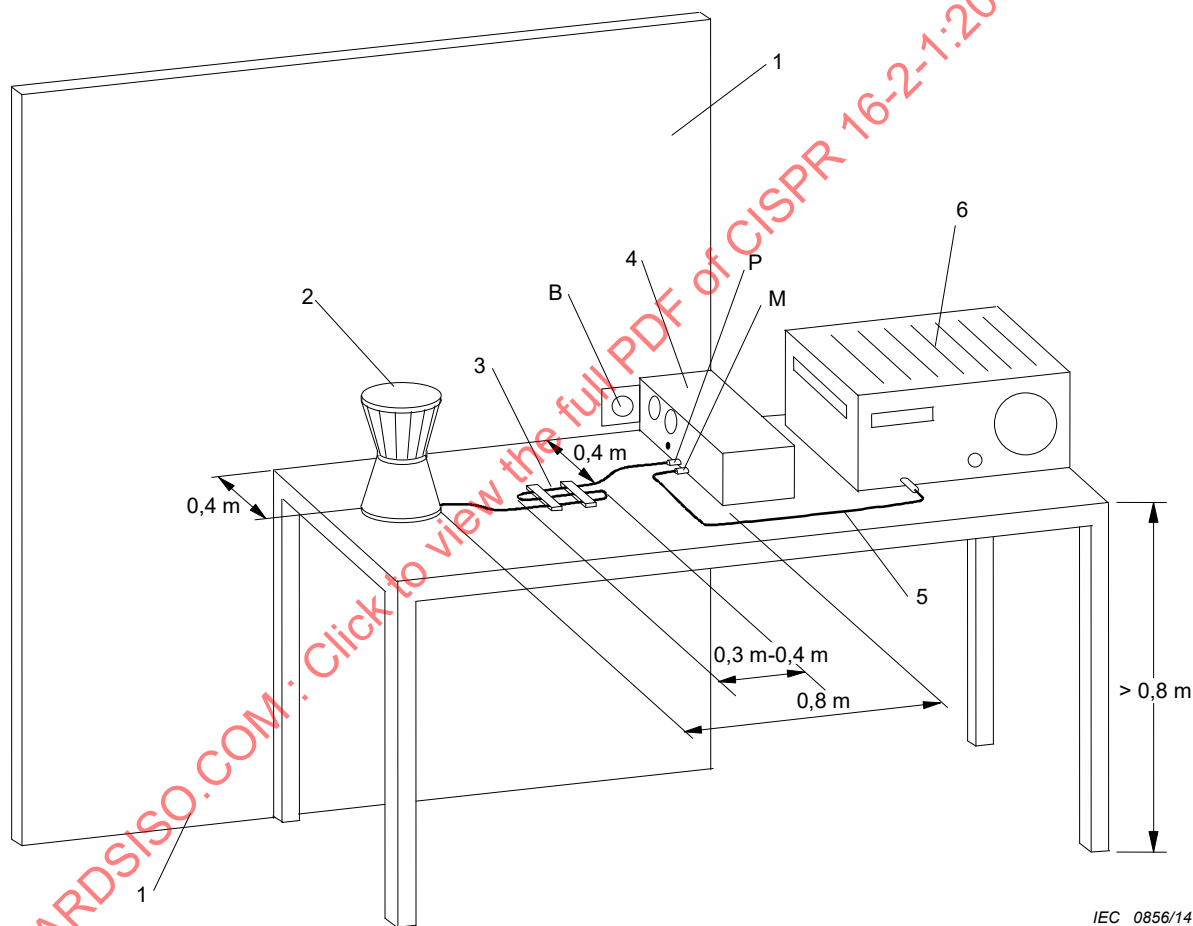
Figure 9 – Configuration d'essai: matériel EUT sur table pour les mesures des perturbations conduites sur les conducteurs accès d'alimentation secteur en courant alternatif basse tension et sur les accès de données analogiques/numériques



a)

b)

Figure 10 – Montage de matériel en essai et de réseau AMN à 40 cm avec a) RGP vertical et b) RGP horizontal

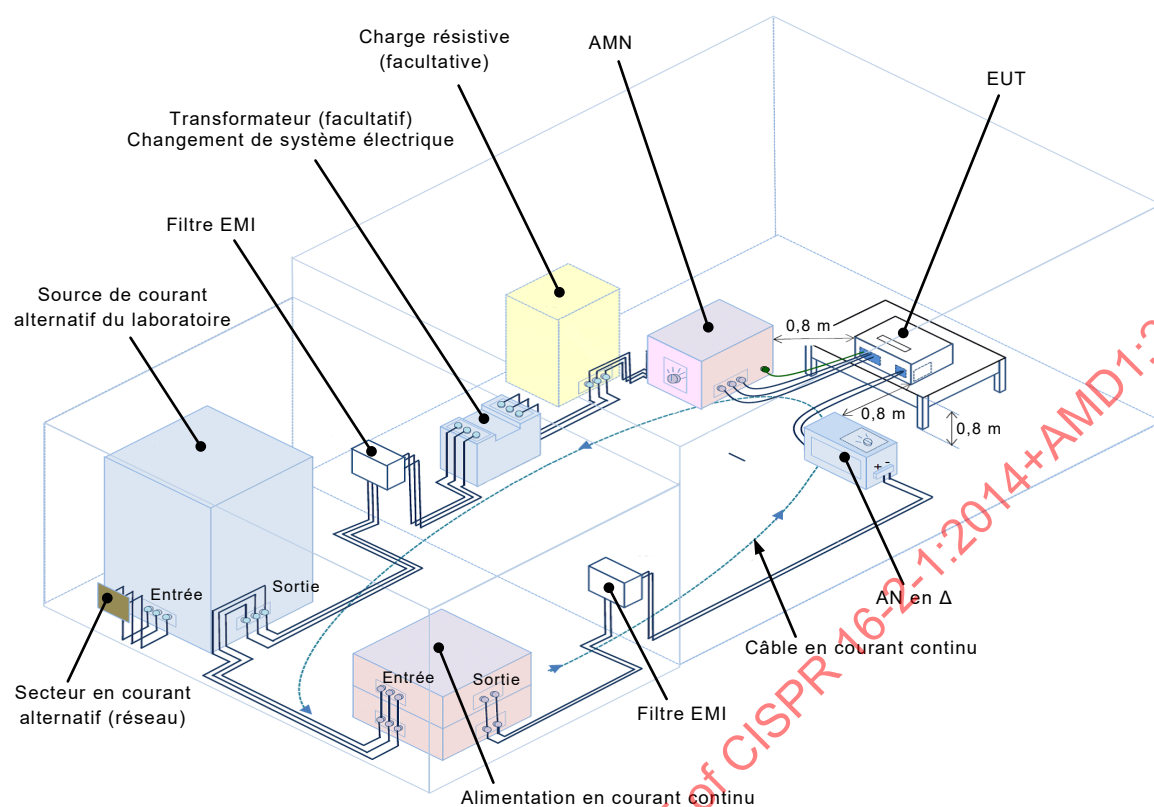


Légende

- 1 Paroi métallique de 2 m x 2 m
- 2 EUT
- 3 Longueur de cordon d'alimentation en excédent (par exemple, 0,02 m x 0,3 m, formant un méandre)
- 4 AMN
- 5 Câble coaxial
- 6 Récepteur de mesure
- B Connexion de masse de référence
- M Accès du récepteur de mesure
- P Alimentation du matériel en essai (EUT)

Les tolérances applicables aux longueurs de câbles et aux distances sont aussi pratiques que possible.

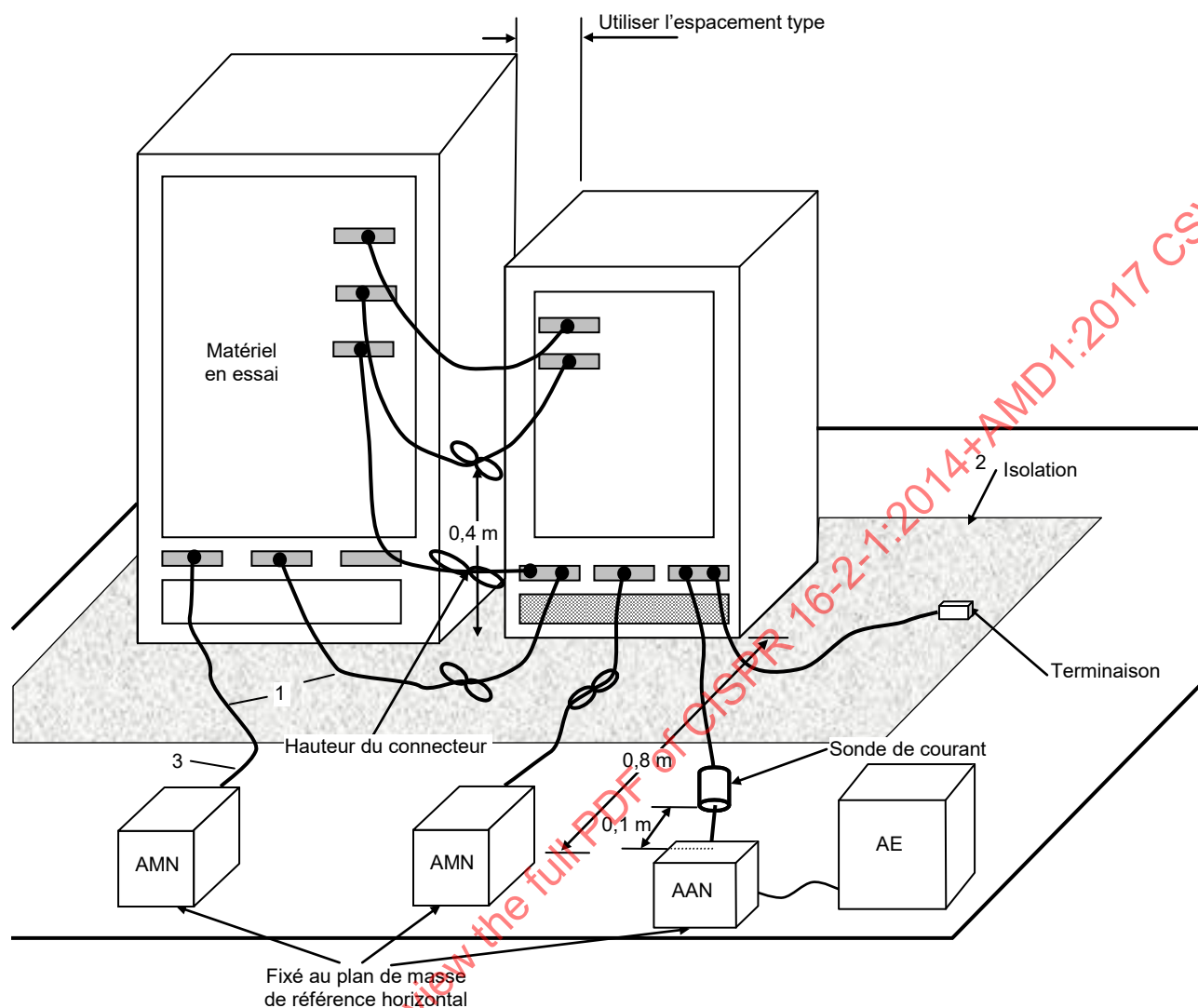
Figure 11 – Exemple de configuration d'essai facultative pour un matériel en essai avec seulement un cordon d'alimentation fixé



IEC

NOTE L'AN en Δ est un AN en Δ de 150 Ω défini dans la CISPR 16-1-2.

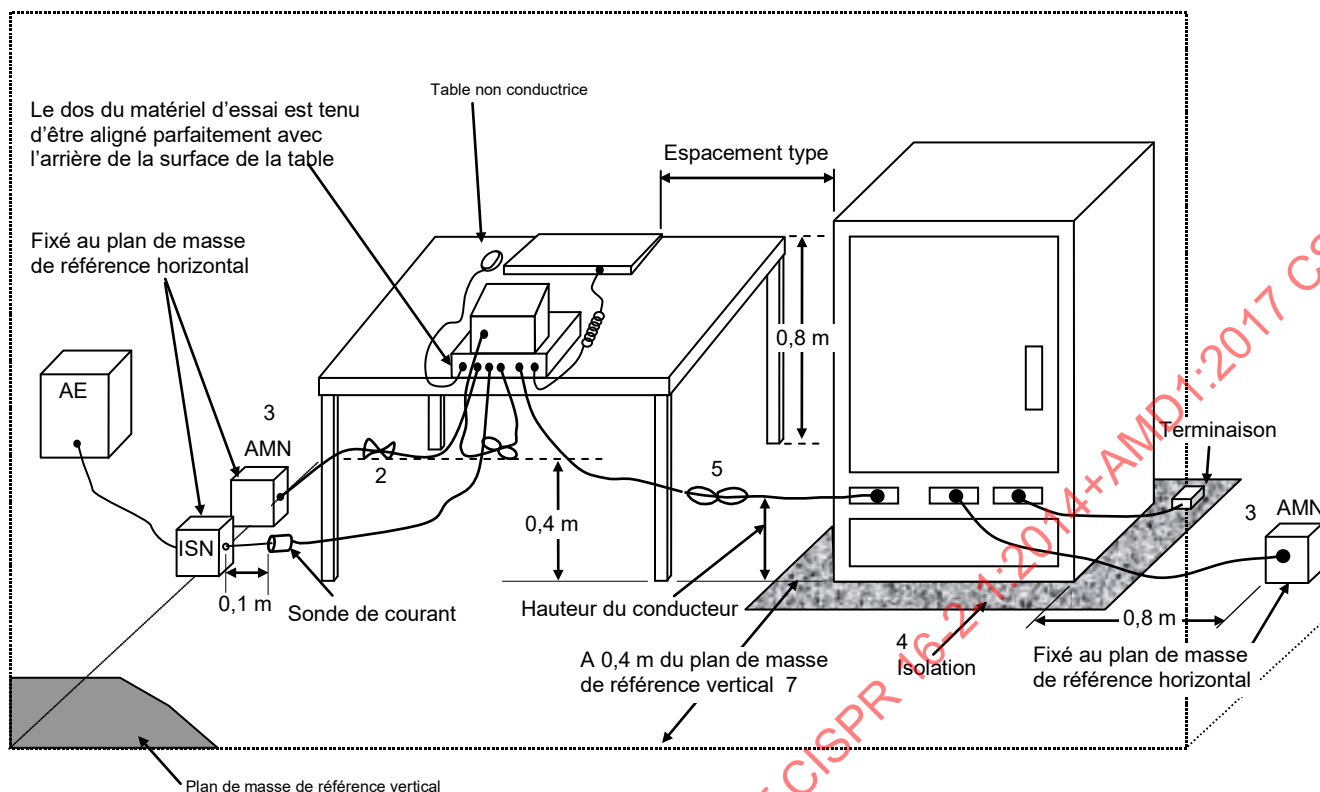
Figure 26 – Configuration d'essai: EUT sur table pour les mesures des perturbations conduites sur les accès d'alimentation en courant continu basse tension et en courant alternatif basse tension d'un GCPC



IEC 0857/14

- 1 Les parties de câbles en excédent doivent être repliées en faisceau en leur milieu ou raccourcies à la longueur appropriée.
 - 2 Le matériel en essai et les câbles doivent être isolés (jusqu'à 15 cm) du plan de masse.
 - 3 Le matériel en essai est connecté à un AMN. Celui-ci peut être placé sur le dessus ou immédiatement en dessous du plan de masse. Tous les autres matériels sont alimentés par le second AMN. Se reporter également au commentaire 3 de la Figure 9.
- Les tolérances applicables aux longueurs de câbles et aux distances sont aussi pratiques que possible.

Figure 12 – Configuration d'essai: matériel posé au sol (voir 7.4.1 et 7.5.2.3)



IEC 0858/14

- 1 Les câbles d'interconnexion qui pendent à moins de 40 cm du plan de masse doivent être repliés plusieurs fois sur eux-mêmes pour former un faisceau d'une longueur maximale d'environ 30 cm à 40 cm suspendu approximativement au milieu de la distance qui sépare le plan de masse de la table.
- 2 Les parties de cordons d'alimentation en excédent doivent être repliées en faisceau en leur milieu ou raccourcies à la longueur appropriée.
- 3 Le matériel en essai est connecté à un AMN. L'AMN peut être connecté en variante au plan de masse de référence vertical. Tous les autres matériels sont alimentés par le second AMN. Les AMN peuvent devoir être déplacés sur le côté pour atteindre la distance de 0,8 m. Se reporter également au commentaire 3 de la Figure 9.
- 4 Le matériel en essai et les câbles doivent être isolés (jusqu'à 15 cm) du plan de masse.
- 5 Les câbles d'entrée et de sortie raccordés à un matériel posé au sol descendent jusqu'au plan de masse; leur excédent est rassemblé en faisceau. Les câbles qui n'arrivent pas au plan de masse pendent de la hauteur de leur connecteur ou sur 40 cm, la valeur la plus faible étant retenue.

Les tolérances applicables aux longueurs de câbles et aux distances sont aussi pratiques que possible.

Figure 13 – Exemple de configuration d'essai: matériel posé au sol et sur stable (voir 7.4.1 et 7.5.2.3)

7.4.2 Mode opératoire Procédure de mesure des tensions perturbatrices non symétriques avec des réseaux en V (AMN) au moyen d'AN

7.4.2.1 Généralités

De manière générale, la mesure des tensions perturbatrices au moyen ~~de réseaux fictifs~~ d'AN constitue la méthode de mesure préférentielle de la CISPR. Si **et seulement si**, par exemple, un AMN **ou un autre AN** empêche le matériel en essai de fonctionner, **alors** il convient ~~dans ce cas~~ d'effectuer les mesures au moyen de sondes de courant ou de tension.

La tension perturbatrice au niveau de l'accès d'alimentation en courant continu ou alternatif basse tension, ou de tout autre accès d'un EUT, peut être mesurée à l'aide d'un AN adapté à l'accès en question. Les tensions perturbatrices au niveau d'un accès d'alimentation en courant alternatif ou continu basse tension peuvent être mesurées soit au moyen d'un AN en V, soit au moyen d'un AN en Δ , selon le cas, et comme décrit plus en détail dans la norme de

produit. Par défaut, tout type d'accès d'alimentation spécifié dans la CISPR 16-1-2 pour être utilisé avec des accès d'alimentation peut être spécifié dans les normes de produits.

Utiliser un type spécifique d'AN implique les points suivants:

- lorsque des tensions perturbatrices dissymétriques sont mesurées, la conformité aux limites des normes de produits appropriées est vérifiée si les deux niveaux de tension perturbatrice dissymétrique (ou davantage) mesurés entre chaque borne d'alimentation et la terre de référence respectent les limites spécifiées;
- lorsque des tensions perturbatrices asymétriques (en mode commun) et symétriques (en mode différentiel) sont mesurées, la conformité aux limites des normes de produits appropriées est vérifiée si les niveaux de tension perturbatrice mesurés des deux modes, c'est-à-dire le niveau de tension perturbatrice asymétrique et le niveau de tension perturbatrice symétrique, respectent les limites spécifiées.

Dans tous les cas, l'évaluation du potentiel de brouillage d'un accès d'alimentation en essai donné dans la plage de fréquences allant jusqu'à 30 MHz n'est réalisée que si des résultats de mesure sont obtenus et enregistrés soit pour les deux composantes de perturbation dissymétriques composites (ou davantage), soit pour la composante asymétrique et la ou les composantes de perturbation symétriques également.

NOTE Sur la base de l'expérience pratique, il peut être affirmé que les limites spécifiées dans les normes de produits CISPR pour les accès d'alimentation secteur en courant alternatif basse tension peuvent être appliqués à titre de référence pour l'évaluation des composants de perturbations dissymétriques, asymétriques et symétriques, sans ajustement supplémentaire au mesurande spécifique réel utilisé.

En principe, tout type d'AN spécifié dans la CISPR 16-1-2 peut être utilisé pour la terminaison d'un accès d'alimentation en courant continu ou alternatif basse tension en essai donné avec une impédance de charge RF définie. Cependant, il convient de garder à l'esprit que l'application d'un certain type d'AN pour des mesures au niveau d'un type spécifique d'accès d'alimentation (en courant alternatif ou en courant continu) peut exiger d'utiliser des valeurs limites modifiées afin d'obtenir des résultats d'essai valides et entièrement comparables. Cela est dû aux différentes impédances de charges RF fournies par les différents types d'AN disponibles.

En cas de doute à propos de l'utilisation des AN conformément au CISPR 16-1-2 dans le cadre d'essais de type avec des EUT de la famille de produits concernée, il convient donc de s'appuyer sur les résultats des comités de produits appropriés. Actuellement, cette norme de base ne couvre pas les différents facteurs de conversion. En principe, il convient d'ajuster les limites en prenant pour hypothèse le niveau de courant de perturbation admis qui peut être calculé à partir de l'impédance de charge en mode commun du type d'AN pour lequel les limites spécifiées dans la norme de produit concernée ont été déterminées à l'origine.

Les mesures des tensions perturbatrices au niveau d'un EUT possédant plus d'un type d'accès d'alimentation, par exemple un EUT possédant un accès d'alimentation en courant alternatif basse tension et un autre en courant continu basse tension, doivent être réalisées lorsque les accès en question sont connectés à leurs réseaux d'alimentation respectifs (ou toute autre charge appropriée) au moyen des AN appropriés.

7.4.2.2 Disposition des matériels avec connexion de masse Montage des matériels en essai connectés à la terre

Pour un ~~matériel en essai tenu~~ EUT qui exige d'être mis à la terre pendant son fonctionnement, ou dont le boîtier conducteur peut entrer en contact avec la terre, la tension perturbatrice ~~radioélectrique non symétrique~~ dissymétrique de la sortie d'alimentation en courant alternatif basse tension ou de tout autre type de sortie électrique se mesure ~~en se référant à la paroi métallique~~ par rapport au plan de masse de référence (masse générale du matériel de mesure) à laquelle le boîtier ~~du matériel~~ de l'EUT est connecté ~~en essai par~~ via son conducteur de protection à la terre et la connexion de masse ~~du réseau fictif d'alimentation~~ de l'AMN (voir le circuit équivalent à la Figure 15). Les tensions perturbatrices asymétriques à tous les conducteurs de courant des différents câbles reliés à l'accès

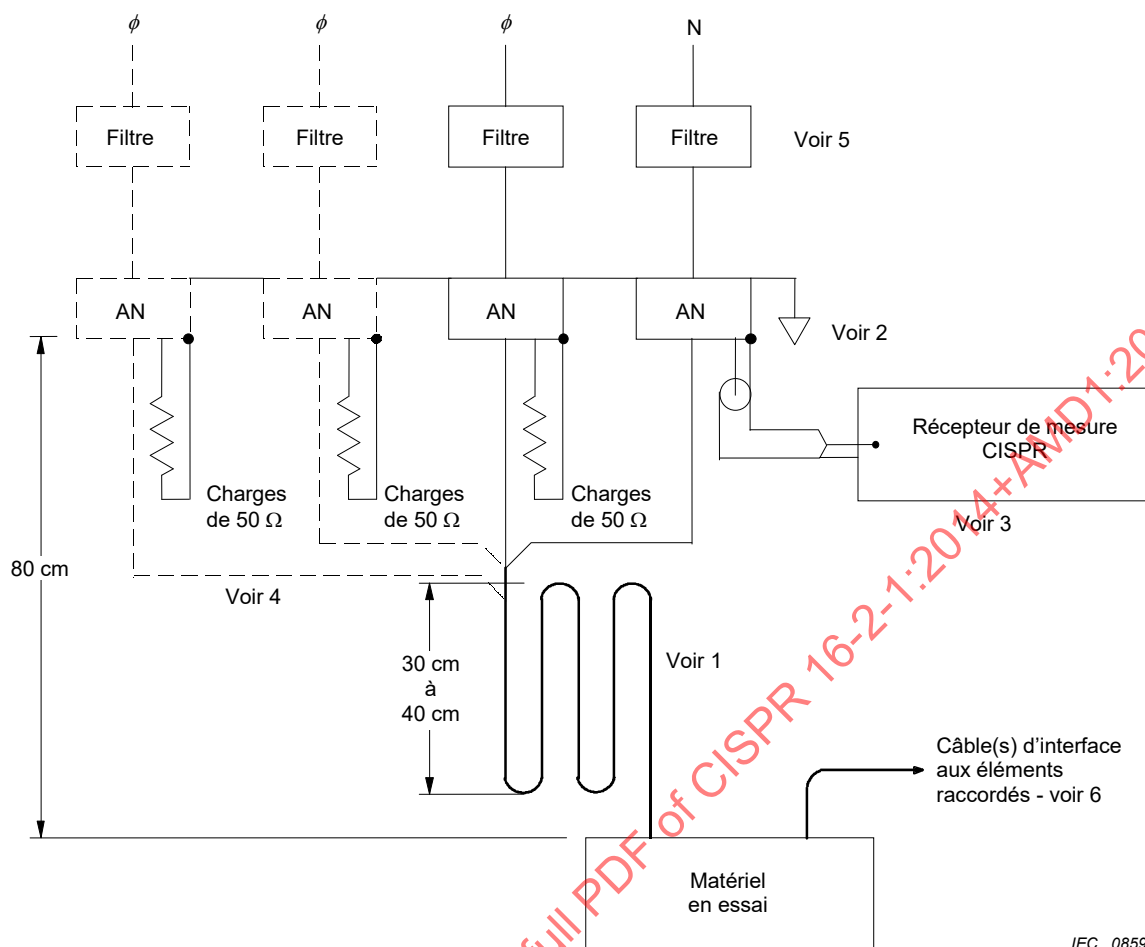
d'alimentation sont également mesurées par rapport à la masse de référence. La tension perturbatrice symétrique n'est pas reliée à la masse de référence, car il s'agit de la tension perturbatrice mesurée entre deux sorties ou bornes de l'accès d'alimentation en essai, hors borne de mise à la terre ou conducteur PE.

Les paramètres déterminant le potentiel perturbateur des ~~matériels en essai~~ EUT mis à la terre sont exposés à l'Article A.3.

Pour les matériels en essai comportant au moins deux conducteurs d'alimentation et de protection ou des connexions spéciales à la terre, le résultat de mesurage dépend beaucoup des conditions de connexion de sortie des bornes d'alimentation **secteur et des autres bornes électriques** et des conditions de mise à la terre (voir également 7.5 concernant les mesures dans les systèmes).

Les conducteurs de mise à la terre de protection dans les dispositifs réels d'alimentation peuvent avoir une longueur importante et ne garantissent donc pas une impédance par rapport à la terre aussi faible et efficace que dans le cas d'un montage d'essai normalisé, qui comporte une connexion à la masse de référence par fil d'une longueur de 1 m seulement; de plus, dans la mesure où il n'est pas nécessaire d'utiliser des conducteurs de sécurité pour chaque produit selon la IEC 60364-4 [8], les mesures de la tension perturbatrice des appareils à prise de classe de sécurité I, doivent être effectuées conformément au 7.4.2.3, sans que le câble de sécurité ou de terre soit connecté (mesure sans mise à la terre). Si cependant, pour des raisons de sécurité, il est nécessaire de conserver la fonction de sécurité des câbles de terre, on peut y parvenir en utilisant une bobine PE ou une impédance égale à celle d'un réseau en V pour le conducteur de sécurité.

Des exceptions peuvent être faites pour les matériels en essai non rayonnants ou correctement blindés qui sont destinés à être reliés à la terre selon des exigences ou instructions spéciales (voir A.2.1 et A 4.1).

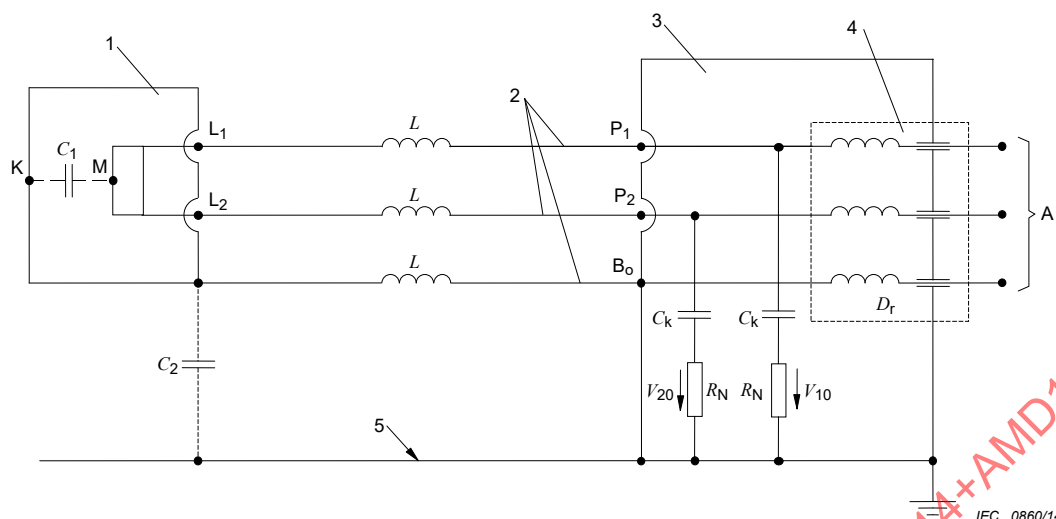


IEC 0859/14

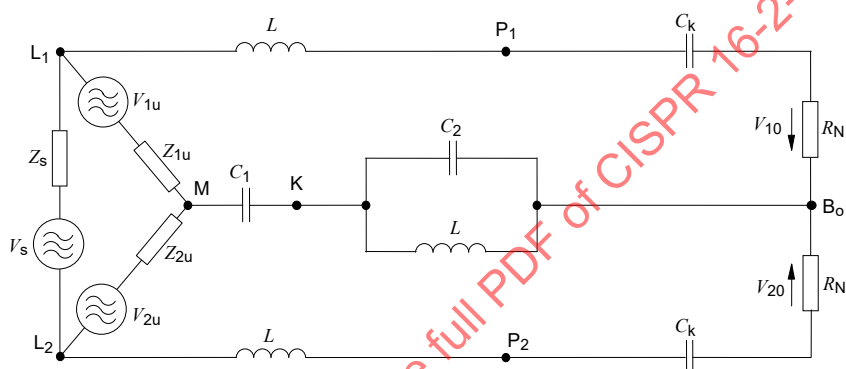
- 1 Tout excédent de plus de 80 cm du cordon d'alimentation du matériel en essai doit être replié en forme de serpentin sans être bobiné.
- 2 La connexion du réseau fictif (AN) au plan de masse doit présenter une impédance faible aux fréquences élevées. Elle doit être réalisée en feuille métallique pleine dont le rapport longueur/largeur ne dépasse pas 3 pour 1.
- 3 Le récepteur de mesure CISPR doit être isolé de l'AMN en utilisant un absorbeur de courant de gaine sur le câble coaxial (exemple en E.2).
- 4 Les lignes pointillées représentent le montage d'essai dans le cas d'une alimentation triphasée.
- 5 Connexion de filtre passe-bas facultatif; à remplacer par des courts-circuits si non utilisé.
- 6 Les éléments interconnectés peuvent être raccordés à un seul AN par une barrette ou une boîte de raccordement électrique.
- 7 Les matériels en essai posés sur table ou tenus à la main doivent se trouver à 40 cm de toute surface conductrice reliée à la masse d'au moins 2 m² et à au moins 80 cm de tout autre objet conducteur, ceci comprenant les dispositifs qui font partie du système ou de l'installation.

NOTE Une disposition similaire est utilisée pour la terminaison définie des accès d'alimentation en courant continu basse tension en essai.

Figure 14 – Schéma de la configuration de mesure de la tension perturbatrice (voir également 7.5.2.3)



a) Schéma du circuit de mesure et d'alimentation



b) Circuit équivalent de source de tension et de mesure

Légende

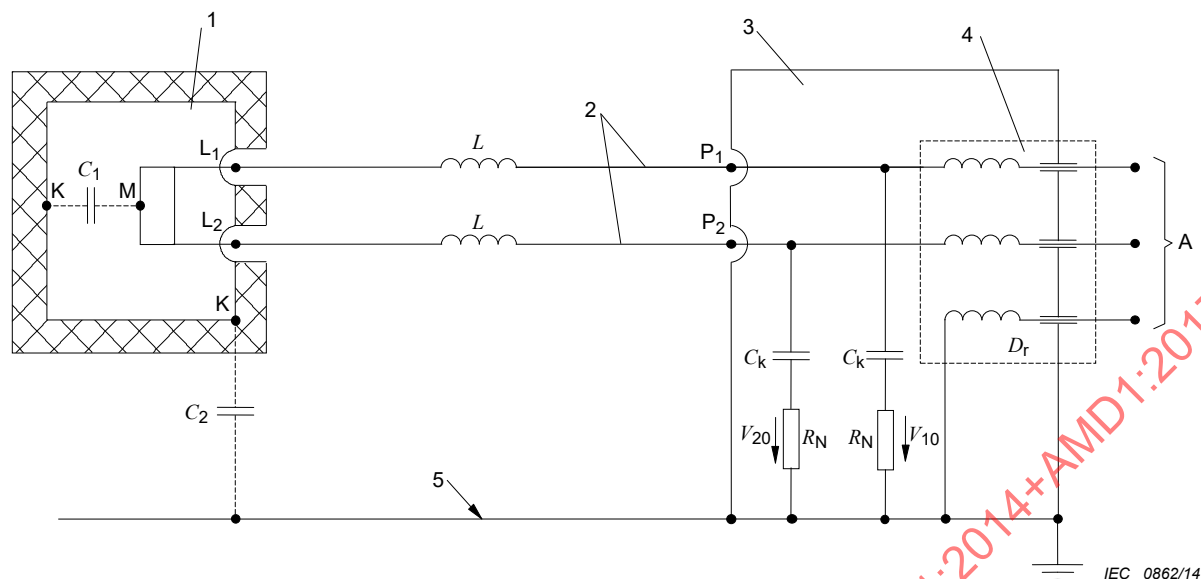
1	EUT
2	Cordon d'alimentation
3	AMN (ici, AMN en V)
4	Inductance et condensateur de découplage
5	Paroi métallique
A	Entrée alimentation
B ₀	Connexion de masse de référence
L ₁ , L ₂	Raccordement du cordon d'alimentation (100 cm)
P ₁ , P ₂	Fiche du matériel en essai (EUT) vers le réseau d'alimentation
C ₁	Capacité parasite entre l'intérieur du matériel en essai et les parties métalliques
C ₂	Capacité parasite entre le matériel en essai et la paroi métallique (masse)
C _K	Condensateurs de couplage du réseau d'alimentation
D _r	Bobine d'arrêt (bobine PE) du conducteur de masse de sécurité
K	Parties de la structure conductrice du matériel en essai
L	Inductance des câbles de connexion
M	Point milieu fictif pour les tensions internes
R _N	Résistances de simulation (50 Ω ou 150 Ω)
Z _s	Impédance interne symétrique du matériel en essai
Z _{1u} , Z _{2u}	Impédances internes du matériel en essai
V _s	Tension interne symétrique du matériel en essai
V _{1u} , V _{2u}	Tensions internes du matériel en essai
V ₁₀ , V ₂₀	Tension externe mesurable non symétrique

Figure 15 – Circuit équivalent de mesure de la tension perturbatrice non symétrique pour les matériels en essai de classe de sécurité I (mis à la terre)

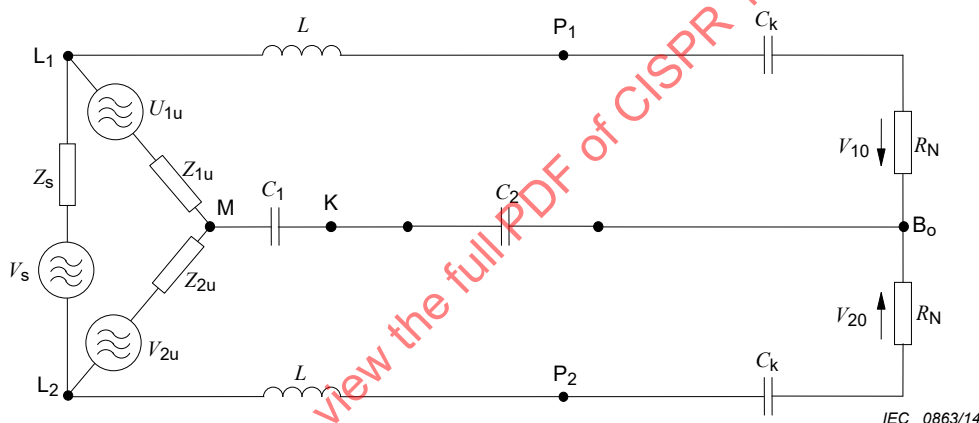
7.4.2.3 ~~Disposition des matériels sans connexion de masse~~ **Montage des EUT sans connexion à la terre**

Les matériels sans connexion de masse comprennent les matériels électriques avec une isolation de protection (classe de sécurité II), les matériels qui peuvent fonctionner sans conducteur de terre ou de sécurité (classe de sécurité III) et les matériels avec prise de classe de sécurité I, connectés par un transformateur d'isolement. Pour ces matériels, la tension perturbatrice non symétrique de chaque conducteur doit être mesurée par rapport à la masse métallique de référence du dispositif de mesure comme indiqué dans le circuit équivalent de la Figure 16. Les matériels sans connexion à la terre comprennent les matériels électriques avec une isolation de protection (classe de sécurité II), les matériels qui peuvent fonctionner sans conducteur de terre ou de sécurité (classe de sécurité III) et les matériels avec prise de classe de sécurité I connectés par un transformateur d'isolement. Pour ces matériels, la tension perturbatrice dissymétrique de chaque conducteur doit être mesurée par rapport à la terre métallique de référence du dispositif de mesure comme indiqué dans le circuit équivalent de la Figure 16. Les tensions perturbatrices asymétriques et symétriques doivent être mesurées en remplaçant l'AN en V représenté à droite de la Figure 16 par un AN en Δ .

Étant donné que, dans les gammes de grandes ondes et ondes moyennes (entre 0,15 MHz et 2 MHz), les résultats des mesures peuvent être considérablement influencés par les faibles capacités série C_2 entre le matériel en essai et la masse de référence, et que la capacité est déterminée par la distance spécifiée, cette disposition doit être scrupuleusement suivie; il convient également d'éviter d'autres influences externes, telles que la capacité du corps ou de la main, par exemple.



a) Schéma du circuit d'alimentation et de mesure



b) Circuit équivalent de source de perturbations radioélectriques et de mesure

NOTE Se reporter à la Figure 15 pour l'explication des symboles.

Figure 16 – Circuit équivalent de mesure de la tension perturbatrice non symétrique pour les matériels en essai de classe de sécurité II (non mis à la terre)

7.4.2.4 Disposition des matériels tenus à la main sans connexion de masse

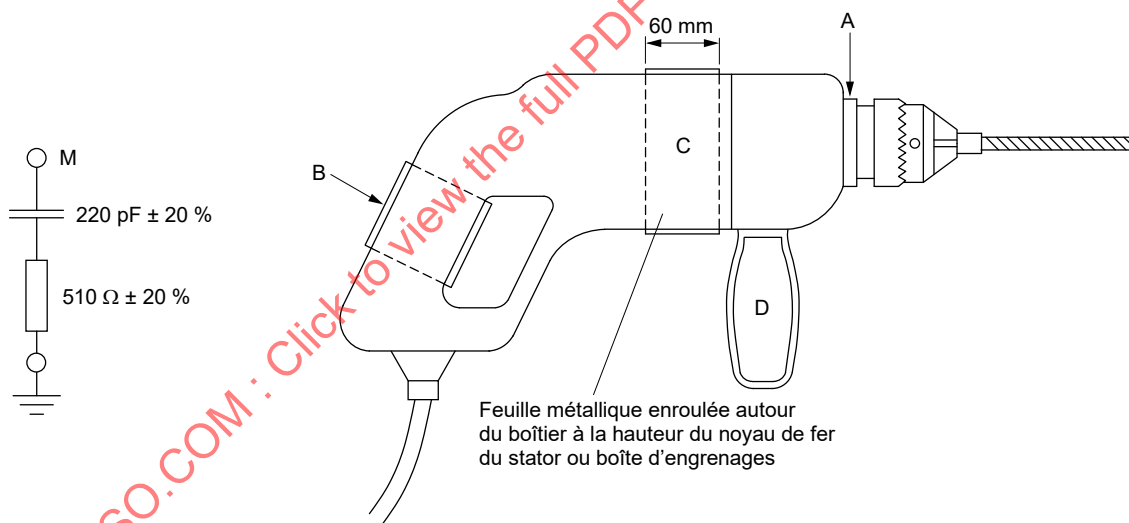
Les mesures doivent tout d'abord être effectuées conformément au 7.4.2.3. Des mesures supplémentaires doivent ensuite être effectuées au moyen de la main artificielle (d'autres détails sont décrits dans la CISPR 16-1-2).

Le principe général à suivre dans l'utilisation de la main artificielle est indiqué à la Figure 18. La borne M de l'élément RC doit être reliée à toute pièce de métal exposée non rotative et feuille métallique enroulée autour de toutes les poignées, fixes et détachables, fournies avec le matériel en essai. Une pièce de métal recouverte de peinture ou de laque est considérée comme une pièce de métal exposée et doit être directement reliée à l'élément RC.

La main artificielle doit comporter une feuille métallique enroulée autour du revêtement, ou d'une partie de ce revêtement, comme spécifié ci-dessous. La feuille doit être reliée à une borne (borne M) d'un élément RC (voir la Figure 17) comprenant un condensateur de $220 \text{ pF} \pm 20 \%$ en série avec une résistance de $510 \Omega \pm 10 \%$; l'autre borne de l'élément RC doit être reliée à la masse de référence du système de mesure.

La main artificielle est à utiliser de la façon suivante:

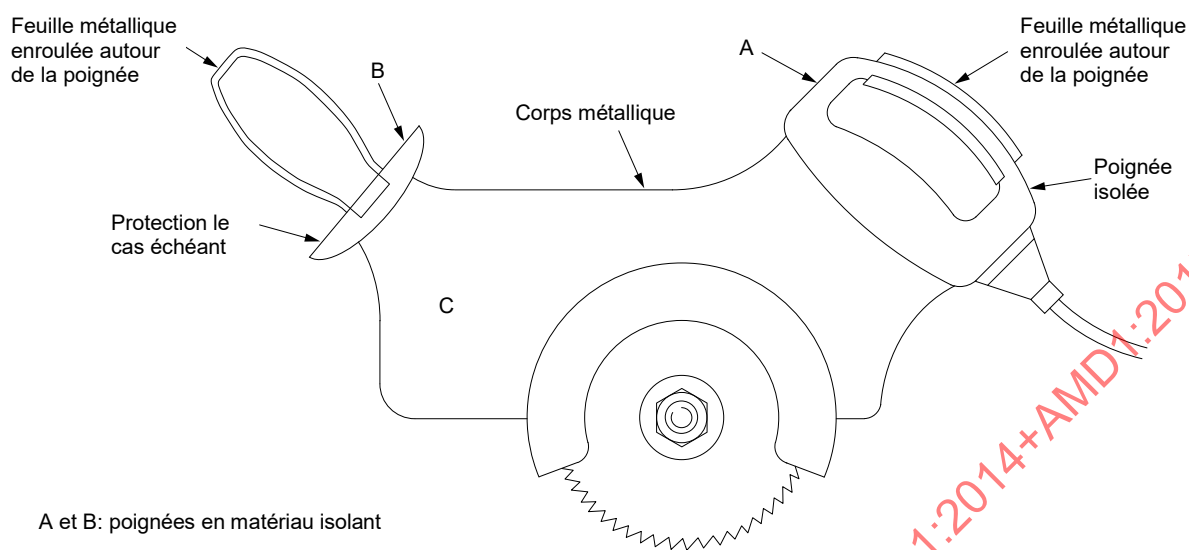
- lorsque le revêtement du matériel en essai est entièrement métallique, une feuille métallique n'est pas nécessaire, mais la borne M de l'élément RC doit être directement reliée au corps du matériel en essai;
- lorsque le revêtement du matériel en essai est constitué de matériau isolant, la feuille métallique doit être enroulée autour de la poignée B (Figure 18) et de la seconde poignée D, le cas échéant. La feuille métallique, d'une largeur de 60 mm, doit également être enroulée autour du corps C à l'endroit où se trouve le noyau de fer du stator du moteur, ou bien autour du train d'engrenage, si cela crée un niveau de perturbation plus élevé. Toutes ces feuilles métalliques, et l'anneau ou la traversée A, le cas échéant, doivent être reliés entre eux et connectés à la borne M de l'élément RC;
- lorsque le revêtement du matériel en essai est constitué en partie de métal et en partie de matériau isolant et comporte des poignées isolantes, la feuille métallique doit être enroulée autour des poignées B et D (Figure 18). Si le revêtement est non métallique au niveau du moteur, une feuille métallique de 60 mm de largeur doit être enroulée autour du corps C à l'endroit où se trouve le noyau de fer du stator du moteur, ou bien autour du train d'engrenage, s'il est constitué de matériau isolant et qu'on obtient un niveau de perturbation plus élevé. La partie métallique du corps, le point A, la feuille métallique autour des poignées B et D et la feuille métallique sur le corps C doivent être reliées ensemble ainsi qu'à la borne M de l'élément RC;
- lorsque le matériel en essai comporte deux poignées A et B en matériau isolant et un revêtement métallique C, une scie électrique par exemple (Figure 19), la feuille métallique doit être enroulée autour des poignées A et B. La feuille métallique en A et B, et le corps métallique C doivent être reliés ensemble ainsi qu'à la borne M de l'élément RC.



IEC 0864/14

Figure 17 – Élément RC pour main artificielle

Figure 18 – Perceuse électrique portable avec main artificielle



IEC 0865/14

Figure 19 – Scie électrique portable avec main artificielle

7.4.2.5 Disposition des claviers, électrodes et autres matériels sensibles au toucher

Pour les claviers, électrodes et autres matériels sensibles au toucher, la main artificielle doit être utilisée conformément aux normes de produits et, de manière générale, selon 7.4.2.4.

7.4.2.6 Disposition des matériels avec composants de suppression externe

Si des dispositifs d'antiparasitage sont raccordés à l'extérieur du matériel en essai (par exemple un dispositif enfichable destiné à être connecté au réseau d'alimentation) ou en tant qu'élément inséré dans le câble de raccordement (cordon d'alimentation à dispositif de suppression de perturbation), ou si des cordons de raccordement blindés sont utilisés, un câble supplémentaire non blindé d'une longueur de 1 m doit être relié entre le dispositif de suppression de perturbation et l'AN pour mesurer la tension perturbatrice. La ligne située entre l'AN et le dispositif de suppression de perturbation doit être placée à proximité directe du matériel en essai.

7.4.2.7 Disposition des matériels comportant un matériel auxiliaire (AuxEq) connecté à l'extrémité d'un câble autre que le câble d'alimentation

Les commandes de régulation comportant des dispositifs à semi-conducteurs sont exclues 7.4.2.7; les dispositions de 7.4.4.1 doivent s'appliquer.

Lorsque le matériel auxiliaire, AuxEq, n'est pas essentiel au fonctionnement du matériel en essai et que sa procédure d'essai est spécifiée ailleurs, le 7.4.2.7 ne s'applique pas. Le matériel principal est soumis aux essais comme un matériel individuel.

La décision ultime, visant à déterminer s'il faut effectuer des mesures et appliquer des limites, est prise dans la publication de produits appropriée de la CISPR.

Les cordons de raccordement dépassant 1 m de longueur doivent être disposés en faisceau/ en méandre conformément à 7.4.1.

Les mesures ne sont pas exigées lorsque le cordon de raccordement entre le matériel en essai et le matériel auxiliaire est fixé de manière permanente aux deux extrémités et qu'il est soit de longueur inférieure à 2 m, soit blindé, à condition que, dans ce dernier cas, le câble

blindé soit connecté à ses deux extrémités au boîtier métallique du matériel en essai et à celui du matériel auxiliaire. Les câbles comportant des fiches et embases amovibles sont considérés comme extensibles jusqu'à une longueur supérieure à 2 m, et des mesures sont exigées.

Le matériel en essai doit être disposé conformément aux 7.4.2.1 à 7.4.2.6, avec les exigences supplémentaires suivantes:

- a) le matériel auxiliaire doit être placé à la même hauteur et à la même distance de la surface conductrice reliée à la masse, et si le câble est suffisamment long, il est à traiter conformément à 7.4.1. Si le câble auxiliaire est inférieur à 0,8 m, sa longueur doit être conservée et le matériel auxiliaire doit être placé aussi loin que possible du matériel principal. Lorsque le matériel auxiliaire est un organe de commande, les dispositions concernant son fonctionnement ne doivent pas affecter le niveau de perturbation;
- b) si un matériel en essai disposant d'un matériel auxiliaire est mis à la masse, aucune main artificielle ne doit être connectée. Si le matériel en essai lui-même est conçu pour être tenu à la main, la main artificielle doit être connectée au matériel en essai et non au matériel auxiliaire quel qu'il soit;
- c) si le matériel en essai n'est pas conçu pour être tenu à la main, le matériel auxiliaire qui n'est pas mis à la masse et qui est, lui, conçu pour être tenu à la main, doit être connecté à la main artificielle. Si le matériel auxiliaire n'est pas non plus conçu pour être tenu à la main, il doit être placé par rapport à une surface conductrice reliée à la masse, comme décrit en 7.4.1.

Outre la mesure effectuée aux bornes de la connexion de l'alimentation électrique, les mesures sont effectuées à toutes les autres bornes des câbles d'entrée et de sortie (par exemple les lignes de commande et de charge) au moyen d'une sonde de tension reliée à l'entrée du récepteur de mesure.

Le matériel auxiliaire de commande ou de charge est connecté pour permettre d'effectuer des mesures dans toutes les conditions de fonctionnement fournies et pendant les interactions entre le matériel en essai et le matériel auxiliaire.

Les mesures sont effectuées à la fois sur les bornes d'entrée du matériel en essai et sur les bornes d'entrée du matériel auxiliaire.

7.4.3 Mesure des tensions en mode commun aux bornes de signaux en mode différentiel

7.4.3.1 Généralités

De manière générale, la mesure des tensions perturbatrices au moyen de réseaux fictifs constitue la méthode de mesure préférentielle de la CISPR. Si, par exemple, un AN empêche le matériel en essai de fonctionner, il convient dans ce cas d'effectuer les mesures au moyen de sondes de courant ou de tension capacitive.

7.4.3.2 Mesure au moyen ~~du réseau de type triangle~~ d'un AN en Δ

La tension perturbatrice **asymétrique** (en mode commun) aux bornes des lignes de signaux de télécommunication **symétriques** (en mode différentiel), de traitement de données et autres appareils se mesure ~~avec les réseaux en triangle~~ **au moyen d'AN en Δ** conformément à la CISPR 16-1-2, dans la ~~gamme~~ **plage** de fréquences de 150 kHz à 30 MHz. Les ~~réseaux en triangle~~ **AN en Δ** spécifiés dans la CISPR 16-1-2 peuvent être construits de manière à permettre le passage des signaux et du courant continu nécessaires au bon fonctionnement ~~du matériel en essai~~ **de l'EUT**, à condition de respecter les exigences ~~sur~~ **pour** les impédances ~~de charge~~ **en mode différentiel et en mode commun** ~~données~~ **prescrites** dans la CISPR 16-1-2.

Lorsque ~~le réseau en triangle~~ **l'AN en Δ** est utilisé pour les mesures aux bornes de signal, la réjection en mode différentiel (**DMR, differential mode rejection**) ou l'affaiblissement de

conversion longitudinale (LCL, *longitudinal conversion loss*) de l'AN en Δ doivent être aussi élevées que nécessaire pour ne pas donner de résultats erronés lors de la mesure d'une tension perturbatrice ~~en mode commun~~ asymétrique à la même fréquence que le signal de fonctionnement en mode différentiel.

Lorsque ~~le matériel en essai est à mesurer~~ l'EUT doit être mesuré à ses bornes d'alimentation électrique au moyen d'un AMN en V, toutes les mesures de tension doivent être effectuées en connectant simultanément les deux réseaux. Les dispositions spécifiées en 7.4.1 et 7.4.2 doivent être observées.

NOTE La ~~gamme~~ plage de fréquences ~~du réseau en triangle~~ de mesure de l'AN en Δ peut être étendue à 9 kHz en utilisant la même impédance de réseau si le découplage de la ligne de signal connectée et le couplage au récepteur de mesure sont conçus en conséquence.

7.4.3.3 Mesure au moyen du réseau de type en Y

A la place, un réseau fictif non symétrique (en mode commun) (AAN), c'est-à-dire un réseau en Y conforme à la CISPR 16-1-2, peut être utilisé pour mesurer les tensions perturbatrices en mode commun dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz.

NOTE Les réseaux en Y sont fréquemment appelés (par exemple dans la CISPR 22) réseaux de stabilisation d'impédance (RSI).

Contrairement au réseau en triangle qui comporte un accès en mode différentiel et en mode commun avec des impédances de simulation égales de 150 Ω , le réseau en Y ne comporte qu'une sortie en mode commun de 150 Ω , la ligne de communication se terminant par son impédance caractéristique et un rapport caractéristique de réjection mode différentiel/mode commun du réseau de télécommunications auquel il est prévu de connecter le matériel en essai.

Dans la partie du réseau en Y réservée à l'alimentation, un simulateur de signal, des circuits de charge pour courant continu ou pour la fréquence du signal utile du matériel en essai, ou d'autres circuits nécessaires au fonctionnement du matériel en essai peuvent être connectés. Ces circuits doivent soit fournir eux-mêmes une résistance RF en mode différentiel de 100 Ω à 150 Ω , selon la valeur prescrite pour ce matériel en essai particulier, soit fournir cette résistance au moyen d'une terminaison. Lorsqu'aucun circuit extérieur n'est spécifié pour le fonctionnement du matériel en essai, une résistance de 150 Ω doit être connectée au réseau en Y comme terminaison RF en mode différentiel. Si aucun réseau en Y approprié n'est disponible, l'accès de télécommunication est fermé par un AuxEq.

Lorsqu'un matériel en essai disposant d'un accès de télécommunication est à mesurer à ses bornes d'alimentation électrique au moyen d'un AMN, les mesures de tension perturbatrice doivent être effectuées en connectant l'AMN à l'accès d'alimentation et le réseau en Y à l'accès de télécommunication simultanément ou en connectant directement le matériel associé au matériel en essai. La Figure 9 illustre le dispositif de mesure au moyen d'AMN et de réseaux en Y (RSI). Les dispositions spécifiées en 7.4.1 et 7.4.2 doivent être observées.

7.4.4 Mesures au moyen de sondes de tension

7.4.4.1 Généralités

Pour les mesures des tensions perturbatrices conduites, des sondes de tension peuvent être utilisées si l'AN habituel ne peut être utilisé pour différentes raisons, notamment, entre autres, des contraintes en courant de débit assigné.

En cas de mesure des tensions perturbatrices dissymétriques, la sonde doit être connectée successivement entre chaque ligne (ou borne) individuelle de l'accès en essai et la terre de référence choisie. Chaque tension perturbatrice dissymétrique doit être mesurée.

La conformité aux limites d'une norme de produit donnée peut être démontrée en vérifiant que les limites de tension perturbatrice aux accès d'alimentation spécifiées dans cette norme de produit sont respectées. En cas de mesure des tensions perturbatrices dissymétriques, la conformité aux limites doit être démontrée pour chaque tension perturbatrice mesurée.

Avec un AN en Δ utilisé comme sonde de tension et une sonde de tension capacitive (CVP, *capacitive voltage probe*, voir également 7.4.5), les tensions perturbatrices asymétriques peuvent également être mesurées pour une paire ou plus de sorties d'alimentation électrique ou de signal équipées de leurs câbles respectifs. Dans ce cas, la conformité aux limites spécifiées par une norme de produit donnée peut être démontrée en vérifiant que le niveau de tension perturbatrice asymétrique mesuré respecte les limites spécifiées.

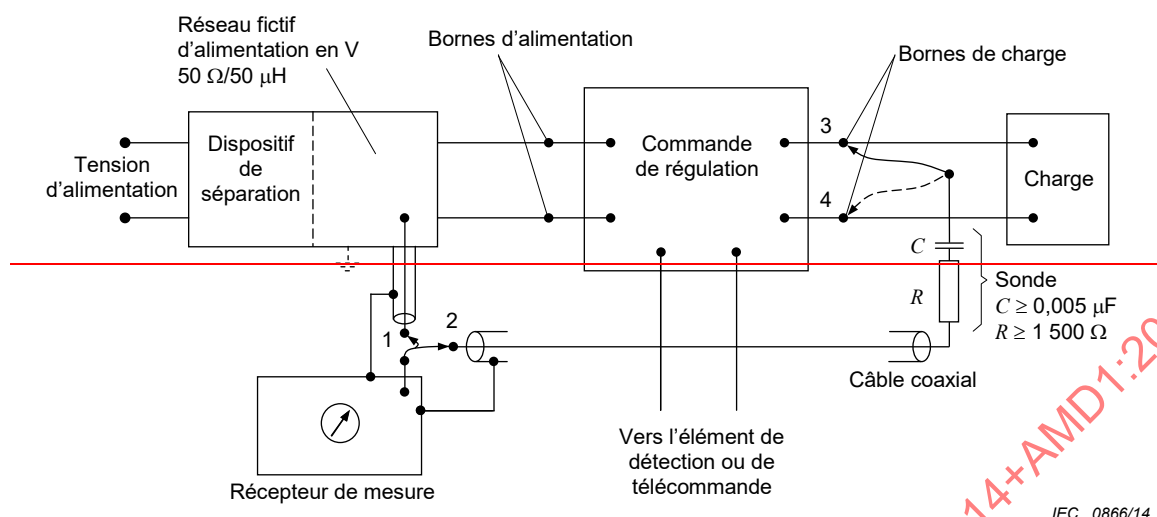
7.4.4.2 Mesure au moyen d'une sonde de tension avec un AMN

Afin d'effectuer des essais sur des matériels et des systèmes comportant plusieurs lignes connectées ou connectables, la tension perturbatrice aux connexions de ligne, qui ne peut pas être mesurée avec ~~des AMN~~ un AN approprié tel qu'un AMN en V (par exemple pour les lignes de connexion entre les parties des ~~constituants~~ composants séparées de l'alimentation), ainsi qu'aux ~~connexions des jacks~~ fiches de raccordement pour des antennes, des lignes de commande et de charge, doit être mesurée avec une sonde de tension (voir 7.3.3) ayant une impédance d'entrée élevée (1 500 Ω ou plus) afin de garantir que les lignes ne sont pas chargées par la sonde.

Dans ces cas, cependant, ~~il faut isoler les conducteurs~~ fils d'entrée ~~primaire du secteur en courant alternatif basse tension~~ doivent être isolés et raccordés du point de vue RF ~~au réseau~~ à l'AMN. Pour les lignes restantes, y compris celles à ne pas mesurer avec la sonde, les conditions correspondantes de 7.4.1 ainsi que les conditions de fonctionnement indiquées pour chaque ~~matériel~~ EUT dans les normes de produits correspondantes (par exemple la CISPR 11 [1] et la CISPR 14-1) doivent être ~~observées~~ respectées en tenant compte du montage et de la longueur. La sonde de tension est connectée au récepteur de mesure par un câble coaxial dont le blindage est connecté à la masse de référence et au boîtier de la sonde de tension. Aucune connexion ne doit être faite directement entre ce boîtier et les parties sous tension ~~du matériel en essai de l'EUT~~.

~~Si le récepteur de mesure est connecté à la sonde de tension, l'AMN doit être bouclé par une résistance de 50 Ω .~~

~~Les Figures 20 et 21 (extraites de la CISPR 14-1) donnent un exemple de montage d'essai pour la mesure de la tension perturbatrice d'une commande de régulation à semi-conducteur.~~



IEC 0866/14

Positions des commutateurs:

- 1 — Pour les mesures aux bornes d'alimentation
- 2 — Pour les mesures aux bornes de la charge
- 3 et 4 — Connexions successives au cours des mesures côté charge

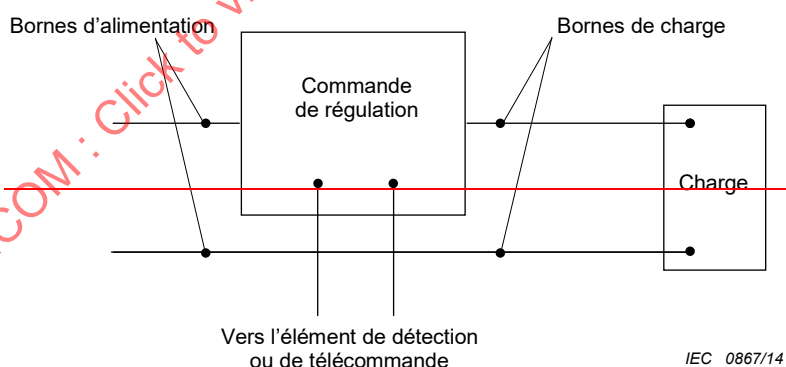
NOTE 1 — La masse du récepteur de mesure est connectée à l'AMN.

NOTE 2 — La longueur du câble coaxial à partir de la sonde ne dépasse pas 2 m.

NOTE 3 — Lorsque le commutateur est en position 2, la sortie de l'AMN à la borne 1 est chargée par une impédance équivalente à celle du récepteur de mesure CISPR.

NOTE 4 — Lorsqu'une commande de régulation à deux bornes est insérée dans l'un des câbles d'alimentation seulement, les mesures sont effectuées en raccordant le second câble d'alimentation comme indiqué dans la Figure 21.

Figure 20 — Exemple de mesure pour les sondes de tension



IEC 0867/14

Figure 21 — Dispositif de mesure pour des commandes de régulation à deux bornes

7.4.4.27.4.4.3 Mesures au moyen d'une sonde de tension sans AMN

Lors des essais ~~des matériels en essai qui ne sont pas à mesurer~~ des EUT qui ne peuvent pas être mesurés avec des AMN ou d'autres AN appropriés, la tension perturbatrice est mesurée aux bornes d'une résistance de simulation définie (par exemple dans le cadre de la simulation d'une clôture électrique fictive ~~de définie~~ dans la CISPR 14-1 ou bien dans des conditions de circuit ouvert avec un montage exactement défini et une implantation des lignes prenant en compte considération les spécifications de 7.4.1). La tension perturbatrice est mesurée avec une sonde de tension d'impédance élevée.

~~Cela s'applique également par exemple aux dispositifs électroniques de puissance alimentés à partir de leur propre alimentation séparée ou aux dispositifs à batterie auxquels sont connectées des lignes installées séparément qui ne sont pas à charger.~~

~~Dans le cas de mesures de la tension perturbatrice sur des sources de puissance séparées pour des courants supérieurs à 25 A (par exemple batterie, générateur, convertisseur), une mesure de l'impédance doit être effectuée pour s'assurer que la tolérance sur la résistance simulée, conformément à la CISPR 16-1-2, n'est pas dépassée.~~

~~Pour les sondes, il convient que la connexion flexible de masse, avec une impédance d'entrée R_x supérieure à 1 500 Ω ne dépasse pas de plus de 1/10 la longueur d'onde à la fréquence de mesure maximale et cette connexion doit être reliée aussi près que possible à la surface métallique servant de masse de référence. Afin d'éviter une charge capacitive supplémentaire du point d'essai par le blindage de la sonde, il convient que la pointe de la sonde ne dépasse pas une longueur approximative de 3 cm. Les connexions blindées du récepteur de mesure doivent être disposées d'une manière telle que la capacité de l'objet en essai ne soit pas modifiée par rapport à la masse de référence.~~

7.4.4.37.4.4.4 AMN ou autre AN approprié utilisé comme sonde de tension

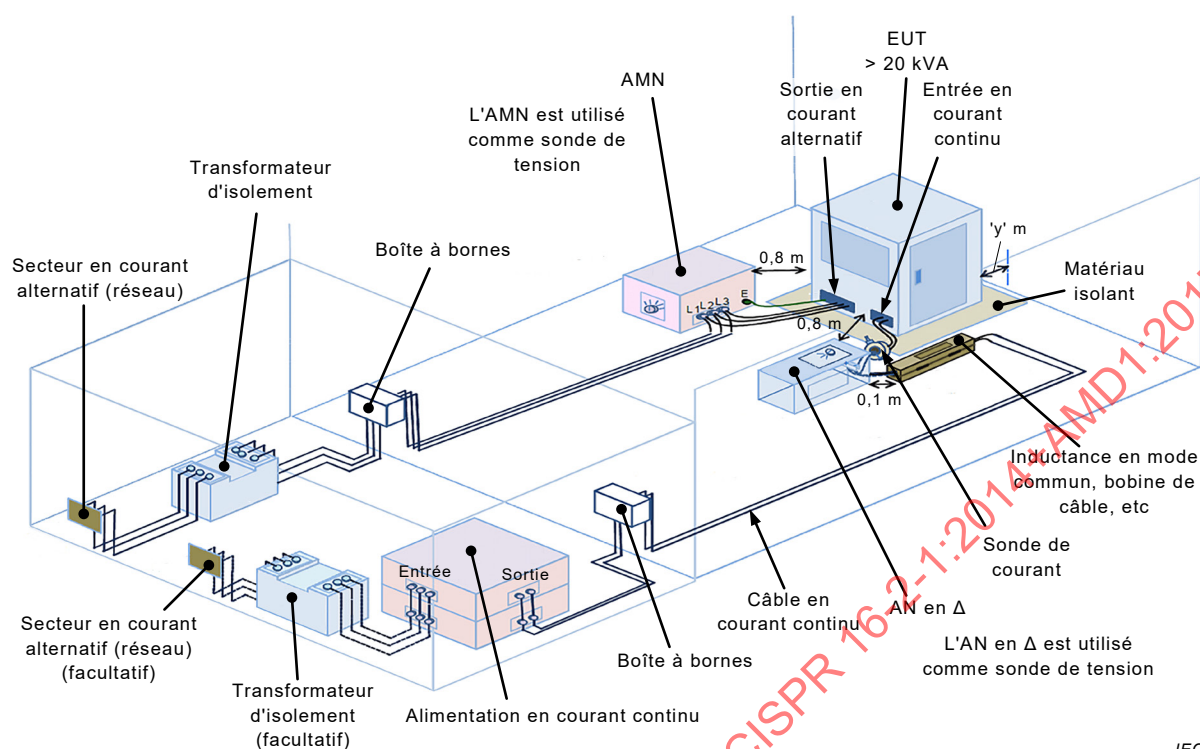
Lorsque le courant nominal d'un matériel en essai dépasse celui des AMN disponibles ou autres AN appropriés, l'AMN ou l'AN peut être utilisé comme une sonde de tension. L'accès EUT de l'AMN ~~côté matériel en essai~~ ou de l'AN utilisé pendant les mesures est connecté à chacune des lignes ~~d'alimentation du matériel en essai~~ électriques de l'EUT (c'est-à-dire aux conducteurs monophasés ou triphasés) en courant alternatif, ou aux conducteurs plus et moins en courant continu). Voir également Figure 27.

Avant de connecter un AMN au réseau d'alimentation en courant alternatif ou continu ou à la source électrique du laboratoire, il ~~faut le~~ doit être connecté ~~or~~ de façon sûre à la terre physique de protection locale (conducteur PE).

AVERTISSEMENT: Avant de déconnecter le conducteur PE, ~~il convient de déconnecter~~ l'AMN doit être déconnecté du réseau d'alimentation. L'accès d'alimentation de l'AMN est laissé ouvert. Lorsque l'AMN est connecté comme une sonde de tension, les broches du connecteur d'entrée d'alimentation de l'AMN sont alimentées par la tension d'alimentation. Les broches du connecteur doivent être protégées par un capot isolant ou par d'autres moyens.

Dans la ~~gamme~~ plage de fréquences de 150 kHz à 30 MHz, les lignes d'alimentation ~~du matériel en essai~~ en courant alternatif basse tension et/ou en courant continu doivent être connectées respectivement au ~~réseau~~ secteur en courant alternatif basse tension et/ou à l'alimentation électrique en courant continu du laboratoire par une inductance de 30 μ H à 50 μ H (voir Figure 27 et Figure A.8, configuration 2). L'inductance peut être réalisée ~~par~~ en utilisant une bobine, une ligne de 50 m ou un transformateur. D'autres moyens pour découpler les perturbations conduites en mode commun issues de l'alimentation en courant alternatif basse tension et/ou en courant continu du laboratoire et les dispositifs de mesure tels que les noyaux de ferrite, les CMAD et les CDN peuvent également être utilisés. Cependant, la perte d'insertion de ces composants dans la plage de fréquences en dessous de 30 MHz n'a pas encore été examinée par le CISPR/A. Dans la ~~gamme~~ plage de fréquences de 9 kHz à 150 kHz, une inductance plus grande sera en principe nécessaire pour le découplage avec le réseau d'alimentation. Ceci assure également une réduction du bruit provenant du réseau d'alimentation (voir A.5).

~~Puisque les mesures~~ Puisqu'il est préférable de réaliser les mesures avec des AMN ou d'autres types d'AN dans leur configuration conventionnelle sont préférables, il convient d'utiliser l'AMN ou l'AN ~~en mode~~ comme sonde de tension uniquement pour des essais in situ et lorsque les limitations pratiques en courant sont dépassées. L'AMN ~~en tant que source~~ employé comme sonde de tension ne doit pas être utilisé pour ~~la mesure conformément à les~~ essais pour une norme de produits, à moins que cette méthode de mesure ne soit expressément décrite comme autre méthode possible dans la norme de produits.



IEC

Figure 27 – Disposition de mesure type des perturbations conduites au niveau des accès d'alimentation secteur en courant alternatif basse tension et des accès d'alimentation en courant continu des matériels posés au sol avec un AMN et un AN en Δ utilisés comme sondes de tension, et avec une sonde de courant

7.4.5 Mesures au moyen d'une sonde de tension capacitive (CVP)

Une sonde CVP peut permettre de mesurer les tensions perturbatrices sur des câbles de transmission et de télécommunication non blindés, ayant plus de quatre paires symétriques. La mesure peut être combinée à celle d'une sonde de courant afin de mesurer simultanément la tension perturbatrice et le courant perturbateur. L'inconvénient de cette méthode est l'absence d'isolation entre le matériel en essai et le réseau réel ou le simulateur.

Le corps de la sonde CVP doit être relié au RGP par une connexion de masse aussi courte que possible.

7.4.6 Mesures au moyen de sondes de courant

Les mesures du courant perturbateur peuvent être utiles pour plusieurs raisons. Tout d'abord, il peut ne pas être possible, dans certains dispositifs, d'insérer un AN. Cela est tout particulièrement vrai lorsque les essais sont effectués sur des systèmes installés, ou lorsque le matériel en essai fonctionne avec des courants très élevés. D'autre part, dans la partie basse de la gamme de fréquences, l'impédance d'alimentation devient très faible; par conséquent, la source de perturbation est un générateur de courant.

La mesure de ce courant peut être effectuée au moyen d'un transformateur de courant sans interrompre ou déconnecter la connexion d'alimentation.

Les sondes de courant doivent être conformes aux exigences de la CISPR 16-1-2.

Les sondes de courant permettent de mesurer directement les composantes de mode commun du courant perturbateur en entourant le câble contenant tous les conducteurs. De cette manière, les courants perturbateurs en mode commun peuvent être facilement séparés des courants utiles en mode différentiel.

Si les mesures sont effectuées avec des impédances de charge et de source connues, la tension perturbatrice peut être calculée.

Si un seul des conducteurs est entouré, on mesure la superposition des composantes de courant perturbateur en mode commun et en mode différentiel. Si, dans ce cas, il existe un courant utile de valeur très élevée (supérieure à 200 A), on risque d'obtenir des données erronées dans la mesure où le noyau magnétique de la sonde de courant peut saturer.

7.5 Configuration d'essai des systèmes pour les mesures d'émissions conduites

7.5.1 Approche générale des mesures des systèmes

L'objectif général de la définition d'une configuration d'essai d'un système pour des mesures de perturbations conduites comporte les points clés suivants:

- éviter les perturbations ~~de~~ en mode commun produites par les boucles de masse;
- définir une configuration qui soit facilement reproductible;
- découpler la ligne mesurée des lignes qui ne sont pas mesurées;
- placer les lignes pour obtenir un découplage;
- disposer les lignes de manière à réduire le plus possible l'influence des champs magnétiques sur les mesures de perturbation;
- appliquer dans toute la mesure du possible les exigences de 7.1 à 7.4 pour l'essai du système.

Lorsque cela est possible, la tension perturbatrice sur une ligne ~~d'un~~ système doit être mesurée ~~au moyen d'un réseau fictif (avec un AN)~~. Pour les courants jusqu'à ~~50~~ 200 A, les AMN peuvent être utilisés ~~relativement~~ assez facilement. L'AN doit, dans toute la mesure du possible, être installé dans un rayon de 80 cm par rapport au matériel du système ~~en essai~~. Chaque fil d'un circuit d'alimentation ~~électrique~~ secteur en courant alternatif basse tension multiconducteur ou d'un autre circuit d'alimentation électrique doit être acheminé à travers un AMN ou un autre AN approprié. ~~La borne de mesure de chaque AN doit être rebouclée~~. L'accès récepteur de chaque AN doit se terminer par une résistance de 50 Ω .

Plus d'informations sur la connexion de matériel électrique à l'AMN sont disponibles dans l'Annexe A. Ces lignes directrices s'appliquent également à la connexion de matériel à d'autres types d'AN utilisés pour raccorder des lignes électriques.

Le matériel en essai doit être disposé et connecté avec des terminaisons de câbles ~~conformément~~ conformes aux instructions du fabricant.

Pour certaines mesures, ~~on peut spécifier, dans~~ les publications de produits applicables, ~~l'usage de sondes de tension auxiliaires à une charge spécifique~~ peuvent spécifier une charge spécifique à utiliser avec des sondes de tension de charge, au lieu d'un AMN ou d'un autre type d'AN. Une sonde de tension peut également être utilisée pour des mesures en conduction lorsque le courant d'alimentation secteur alternatif ou tout autre courant d'alimentation électrique est supérieur à ~~50~~ 200 A et si aucun AMN (ou aucun autre type d'AN) approprié n'est disponible. Dans ce dernier cas cependant, les résultats des essais effectués avec un AMN ou un AN doivent être ~~préférentiels~~ privilégiés.

Pour certaines mesures, l'utilisation des sondes de courant peut être spécifiée dans la publication de produits applicable.

7.5.2 Configuration du système

7.5.2.1 Généralités

Le système doit être configuré, installé, disposé et mis en fonctionnement avec soin, d'une manière qui soit la plus représentative de l'utilisation normale (c'est-à-dire comme spécifié

dans le manuel d'instruction) ou comme spécifié dans le présent document. Il convient qu'un matériel fonctionnant normalement dans un système constitué de multiples unités interconnectées soit soumis aux essais comme élément d'un système opérationnel type.

En général, le système soumis à des essais doit être du même type que celui mis sur le marché pour l'utilisateur final. Si les informations de commercialisation ne sont pas disponibles, ou s'il est difficile de réunir une quantité importante de matériels pour reproduire dans sa totalité l'installation du produit commercialisé, l'essai doit être réalisé en faisant appel aux compétences de l'ingénieur d'essai en concertation avec l'équipe d'ingénierie de conception. Les résultats de toute discussion de ce type et du processus de décision doivent être documentés dans le rapport d'essai.

Le choix et l'emplacement des câbles, des cordons d'alimentation en courant alternatif de l'unité principale et des périphériques, dépendent du type de matériel en essai et doivent être représentatifs de l'installation prévue pour le matériel. La séparation entre les différentes unités doit être de 10 cm, à moins que, du fait de leur construction, une telle distance ne soit pas réalisable. Il convient dans ce cas de placer les unités aussi proches que possible les unes des autres (à une distance supérieure à 10 cm) et de documenter le montage d'essai dans le rapport d'essai. On distingue trois types de montages d'essai. En premier lieu, les systèmes normalement utilisés dans leur totalité sur une seule table, voir par exemple la Figure 9. Le second type de système comprend des matériels normalement posés au sol. Il comprend les systèmes montés sur un plancher surélevé, spécialement conçu, ce qui facilite la connexion entre les parties du système sous le plancher surélevé. Les matériels constituant le système posé au sol peuvent être interconnectés au moyen de câbles posés sur le plancher, sous le plancher dans une installation à plancher surélevé, ou bien encore en hauteur conformément à l'installation normale. Le troisième type comprend les systèmes qui sont la combinaison des systèmes posés au sol et de ceux posés sur table. La suite de 7.5.2 fournit des instructions d'essai pour chacun de ces systèmes. De plus, les exigences spécifiques de 7.1 à 7.4 doivent être observées.

Les matériels d'un système, normalement posé au sol, doivent être placés sur un plancher conformément au 7.4.1. Les matériels conçus pour fonctionner à la fois sur une table et au sol doivent être soumis aux essais uniquement dans la configuration sur table.

7.5.2.2 Conditions de fonctionnement

Le système doit être mis en œuvre à la tension de fonctionnement assignée (nominale) et dans des conditions de charge type – mécaniques ou électriques ou les deux à la fois – pour lesquelles il est conçu. Les charges peuvent être réelles ou simulées comme décrit dans les exigences particulières du matériel. Pour certains systèmes, il peut être nécessaire de développer un ensemble d'exigences explicites spécifiant les conditions d'essai, les types de fonctionnement, etc., à employer pour effectuer des essais sur un système spécifique.

Si le système comprend une console de visualisation ou un moniteur, les conditions de fonctionnement suivantes s'appliquent, sauf spécification contraire de la norme de produits:

- a) mettre le contraste au maximum;
- b) mettre la luminosité au maximum, ou au niveau d'extinction de la trame, si celle-ci apparaît avant d'atteindre le maximum de luminosité;
- c) pour les moniteurs couleur, utiliser des lettres blanches sur fond noir pour représenter toutes les couleurs;
- d) choisir le cas le plus défavorable entre la vidéo négative ou la vidéo positive, si les deux possibilités sont disponibles;
- e) choisir la taille des caractères et leur nombre par ligne de manière à afficher sur l'écran le nombre maximal de caractères;
- f) pour un moniteur non graphique, sans tenir compte de la carte vidéo utilisée, un modèle de texte aléatoire doit être affiché;

- g) pour un moniteur graphique, même si une autre carte vidéo peut être nécessaire pour obtenir un affichage graphique, il convient d'afficher un modèle en ligne de H déroulants;
- h) si un moniteur ne dispose pas de capacités de texte, utiliser un affichage type.

7.5.2.3 Matériels d'interfaçage, simulateurs et câbles

Les essais de conformité sont effectués en plaçant des périphériques et des câbles d'une manière qui soit jugée réaliste et susceptible d'être retrouvée dans l'installation définitive. Les Figures 9, 12 et 13 décrivent les montages d'essai normalisés qui fournissent une base pour la reproductibilité des essais dans les différents laboratoires d'essai; cette base est cohérente avec les exigences d'un système et d'une disposition des câbles réalistes. En conséquence, les mesures avec une unité d'interfaçage réelle doivent être préférentielles.

Étant donné qu'un système est nécessairement en interaction fonctionnelle avec d'autres unités, il convient d'utiliser les unités d'interfaçage réelles. Des simulateurs peuvent être utilisés pour obtenir des conditions de fonctionnement représentatives, à condition que les effets du simulateur utilisé en lieu et place d'une unité d'interfaçage réelle représentent correctement les caractéristiques électriques, et mécaniques dans certains cas, des unités d'interfaçage, particulièrement en ce qui concerne les signaux RF, les impédances et les terminaisons blindées. En raison du degré supplémentaire d'incertitude lors de l'utilisation d'un simulateur, il convient d'éviter si possible cette utilisation. En conséquence, les mesures réalisées avec une unité d'interfaçage réelle doivent être préférentielles. Si un dispositif est conçu pour être utilisé uniquement avec un ordinateur central ou un périphérique spécifique, il convient d'effectuer les essais avec cet ordinateur ou ce périphérique.

Il convient d'employer des câbles d'interfaçage typiques d'utilisation normale, tels qu'ils sont fournis avec le système normal et d'au moins 2 m de longueur, sauf si le manuel de l'utilisateur, fourni par le fabricant, spécifie l'utilisation de câbles plus courts. Il convient d'utiliser tout au long des essais le même type de câble (c'est-à-dire non blindé, blindage tressé, blindage à feuilles, etc.) spécifié dans le manuel de l'utilisateur. Les longueurs de câble supplémentaires doivent être repliées en un faisceau en forme de serpent, approximativement situé au centre du câble, en constituant des faisceaux d'une longueur de 40 cm au maximum de façon à ce que, dans toute la mesure du possible, leur longueur effective entre le matériel en essai et le matériel associé ne dépasse pas 1 m.

Si des câbles blindés ou spéciaux sont utilisés lors des essais pour obtenir la conformité, une déclaration doit être incluse dans le rapport d'essai et dans le manuel d'instructions indiquant la nécessité d'utiliser ces types de câbles.

Si des champs magnétiques sont générés par des éléments du système (par exemple par des unités de visualisation), les boucles entre les connexions de masse et les lignes de mesure peuvent capter ces champs magnétiques et les résultats de mesurage peuvent être erronés du fait de l'accouplement de tensions dans ces boucles. Pour éviter le captage de ces champs magnétiques, il convient que les lignes de connexion (lignes de mise à la masse et lignes de mesure) soient aussi courtes que possible et torsadées.

Les accès d'interface (connecteurs) doivent avoir un câble connecté à l'un de chacun des types d'accès d'interface fonctionnels du système et chaque câble doit être raccordé à un dispositif typique de l'utilisation réelle. Dans le cas où il existe de multiples accès d'interface tous du même type, des câbles supplémentaires de connexion doivent être ajoutés au système pour déterminer leur effet sur les émissions provenant du système. Les mesures d'accès d'alimentation au moyen de réseaux en V doivent être effectuées en connectant simultanément des réseaux en Y (voir 7.4.3.3) aux accès de télécommunication.

Normalement, la charge d'accès similaires se limite à ce qui suit:

- a) disponibilité de charges multiples (pour de grands systèmes);
- b) caractère raisonnable de charges multiples représentant une installation type.

Les raisons du choix de la configuration et du mode de charge des accès doivent figurer dans le rapport d'essai; c'est-à-dire 25 % des câbles possibles ont été connectés et les émissions n'ont pas augmenté de plus de 2 dB lorsqu'un ou plusieurs câbles ont été ajoutés. Il est inutile de connecter ou d'utiliser lors des essais des accès supplémentaires sur des unités de support, d'interfaçage, ou bien encore des simulateurs, autres que ceux associés au système ou au système minimal exigé.

7.5.2.4 Connexion ~~de l'alimentation électrique~~ au réseau d'alimentation en courant alternatif basse tension

Si le système est constitué d'un ensemble de matériels ayant chacun leur propre cordon d'alimentation, le point de connexion des AMN est déterminé à partir des règles suivantes:

- a) chaque cordon d'alimentation terminé par une fiche d'alimentation électrique de conception normalisée (IEC/TR 60083 par exemple [7]) doit être soumis aux essais séparément;
- b) les cordons d'alimentation ou les bornes dont le fabricant n'a pas spécifié qu'ils devaient être connectés par l'intermédiaire d'une unité principale doivent être soumis aux essais séparément;
- c) les cordons d'alimentation ou les bornes pour le câblage dont le fabricant a spécifié qu'ils devaient être connectés à une unité principale ou tout autre matériel d'alimentation électrique doivent être connectés à cette unité principale ou à cet autre matériel d'alimentation électrique. Les bornes ou les cordons de cette unité principale ou autre matériel d'alimentation électrique sont connectés aux AMN et soumis aux essais;
- d) lorsqu'une connexion spéciale de l'alimentation électrique est spécifiée, le matériel nécessaire à la connexion à l'AMN doit être fourni par le fabricant pour les besoins de l'essai.

Le conducteur de mise à la terre de protection des unités alimentées séparément doit être isolé du matériel en essai par un AN de 50 μ H dans la gamme de fréquences de 0,15 MHz à 30 MHz. L'entrée d'alimentation normale de l'AMN est reliée à la masse de référence lorsqu'on utilise, comme dans ce cas, l'AMN en tant que filtre.

7.5.2.5 Connexion supplémentaire à une alimentation électrique en courant continu basse tension

Si le système en essai doit également être alimenté en courant continu basse tension au cours des mesures, alors la connexion à l'alimentation électrique en courant continu basse tension du laboratoire doit être faite de manière à ne pas interférer avec les conditions de connexion assurées conformément au 7.5.2.4. En particulier, les boucles de courant en mode commun par rapport au RPG utilisé pendant les mesures doivent être évitées.

Pour les mesures sur des dispositifs électroniques de puissance sans transformateurs connectés au réseau, il convient d'utiliser seulement des sources électriques en courant continu dotées d'une isolation de protection (classe de sécurité II). Si aucune alimentation électrique en courant continu (par exemple un ensemble de batteries) de laboratoire n'est disponible, alors la connexion au réseau d'alimentation en courant alternatif basse tension selon 7.5.2.4 peut être assurée via un transformateur d'isolement supplémentaire (voir également Figure 27).

7.5.3 Mesures des lignes d'interconnexion

Outre les mesures sur les bornes d'alimentation, il peut être nécessaire d'effectuer les mesures avec une sonde de tension sur les autres bornes pour les câbles d'entrée et de sortie (par exemple lignes de commande et de charge). Si le fonctionnement du matériel en essai est affecté par l'impédance de 1 500 Ω de la sonde, il peut être nécessaire d'augmenter l'impédance aux fréquences de 50 Hz/60 Hz et aux fréquences radioélectriques (par exemple 15 k Ω en série avec 500 pF). On peut remplacer une mesure de tension par une mesure de

courant effectuée avec une sonde de courant, si la spécification de produit l'exige (ou le propose en option).

Pendant les mesures, les ~~réseaux fictifs~~ AN installés sur ~~la~~ les sorties d'alimentation et/ou les autres sorties électriques restent en place afin de fournir une isolation définie à la source d'alimentation en courant alternatif et autres sources électriques et une terminaison RF définies. Le matériel auxiliaire (commande, charge réelle ou fictive, etc.) est connecté pour ~~pouvoir~~ permettre d'effectuer des mesures dans toutes les conditions de fonctionnement données et pendant les interactions entre ~~constituants~~ les composants du matériel. Les mesures sont effectuées sur les bornes spécifiées de chaque matériel.

Si les lignes de connexion entre les constituants du matériel sont fixées de manière permanente aux deux extrémités et si elles ont une longueur inférieure à 2 m ou sont blindées, aucune mesure n'est nécessaire, à condition que, dans ce dernier cas, le câble blindé soit connecté à ses deux extrémités à la masse de référence, c'est-à-dire au boîtier métallique du matériel. Les lignes de connexion non blindées, comportant des fiches ou embases, sont considérées comme étant extensibles jusqu'à une longueur supérieure à 2 m; et doivent donc être étendues sur une longueur minimale de 2 m et doivent être soumises aux essais. Les câbles blindés doivent avoir une longueur minimale de 2 m sauf si le manuel de l'utilisateur spécifie l'utilisation de câbles plus courts.

7.5.4 Découplage des composantes du système

L'une des sources d'erreur lors des mesures en conduction dans un système est la présence d'un courant de masse. Ce courant de masse peut être interrompu en installant un AN de 50 μ H (bobine PE), dans la gamme de fréquences de 0,15 MHz à 30 MHz, dans le conducteur de mise à la terre de protection du matériel en essai.

Une autre source de circulation de courant peut provenir des blindages des câbles d'interconnexion entre les unités. Par conséquent, le conducteur de mise à la terre de protection de ces unités doit également être isolé par un AN de 50 μ H.

Il convient de référencer à la masse le récepteur de mesure, uniquement au point de mesure afin d'éviter les boucles de masse. (Attention: un danger de choc peut exister si le récepteur de mesure n'est pas fourni avec un transformateur d'isolement.)

7.6 Mesures in situ

7.6.1 Généralités

Lorsque cela est autorisé par la norme de produits appropriée, des mesures in situ peuvent être effectuées pour évaluer la conformité si des raisons techniques empêchent d'effectuer des mesures de perturbation sur un site d'essai normalisé. Comme raisons techniques, on peut citer une dimension et/ou un poids excessifs du matériel en essai ou des situations dans lesquelles l'interconnexion de l'infrastructure au matériel en essai est trop onéreuse pour que les mesures soient effectuées sur des sites d'essai normalisés. Les résultats de mesurage in situ d'un type de matériel en essai donné seront différents d'un site à l'autre ou encore lorsque les résultats sont obtenus sur un site d'essai normalisé, et par conséquent il convient de ne pas les utiliser pour les essais de type. La norme de produits applicable a priorité.

La tension perturbatrice doit être mesurée dans les conditions de conduction existantes au moyen d'appareils de lecture non réactifs (sondes de tension à résistance élevée). Les conditions de conduction et les résultats de mesurage sont affectés par:

- la masse de référence existante utilisée lors des mesures. Ni un plan de masse conducteur ni un réseau fictif ne doivent être utilisés pour les essais dans l'installation de l'utilisateur, à moins que l'un – ou les deux – ne soient inclus de manière permanente dans l'installation;
- les caractéristiques RF et les conditions de charge pour la conduction de l'alimentation électrique;

- l'environnement RF ambiant;
- l'impédance d'entrée de la sonde; et
- les champs magnétiques induits par le matériel en essai ou à proximité.

7.6.2 Masse de référence

Il convient d'utiliser la masse existant à l'emplacement de l'installation comme masse de référence. Il convient de la choisir en prenant en compte des critères de hautes fréquences (RF). Généralement, on obtient ce résultat en connectant le matériel en essai, par l'intermédiaire de connexions larges présentant un rapport longueur-largeur ne dépassant pas un facteur de 3, aux parties conductrices de la structure des bâtiments, connectées à la terre. Cela comprend les tuyaux d'eau métalliques, les tuyauteries de chauffage central, les conducteurs de protection contre la foudre, les armatures de béton armé et les poutres en acier.

En général, les conducteurs de protection et les conducteurs de neutre de l'installation électrique ne conviennent pas comme masse de référence, car ils peuvent porter des tensions perturbatrices extérieures et peuvent présenter des impédances RF non définies.

Si aucune masse de référence n'est disponible aux environs de l'objet en essai ou à l'emplacement de mesurage, des structures conductrices de dimensions suffisantes telles que des feuilles, des tôles ou des treillis en fil métallique, installés à proximité, peuvent être utilisés comme masse de référence pour les mesures.

Il convient d'observer les exigences générales de 7.4.2.2 et de l'Annexe A.

7.6.3 Mesure au moyen de sondes de tension

Les mesures de la tension perturbatrice conduite sont effectuées avec la sonde de tension. Des précautions spéciales doivent être prises pour établir une masse de référence pour les mesures.

Toute baisse de tension provoquée par la charge du circuit à mesurer peut être déterminée qualitativement en faisant varier l'impédance d'entrée de la sonde de tension. Si l'impédance d'entrée de la sonde de tension est élevée par rapport à l'impédance interne du point d'essai ou du réseau en essai, seules de légères différences apparaissent dans les mesures de la tension perturbatrice lorsque l'on augmente l'impédance d'entrée de la sonde. L'impédance d'entrée de la sonde peut être doublée en connectant une résistance de 1 500 Ω en série. Si la tension perturbatrice est ensuite réduite d'une quantité comprise entre 5 dB et 6 dB, la sonde de 1 500 Ω peut alors être utilisée pour mesurer la tension perturbatrice.

7.6.4 Choix des points de mesure

7.6.4.1 Généralités

Les mesures de tension perturbatrice radioélectrique à l'emplacement de l'installation sont effectuées aux limites des locaux de l'utilisateur, des zones industrielles, ou encore en des points à spécifier à l'intérieur de la zone d'influence du système de réception.

7.6.4.2 Mesures sur le réseau et sur d'autres câbles d'alimentation

Dans les réseaux d'alimentation électrique, il suffit de mesurer la tension perturbatrice non symétrique avec la sonde de tension au niveau des prises de courant accessibles, à proximité de l'entrée d'alimentation du bâtiment.

7.6.4.3 Mesures sur des câbles non blindés et blindés

Dans le cas des câbles de signaux non blindés et blindés, de commande et de charge avec blindage non relié à la masse quittant les limites de l'emplacement, la tension perturbatrice

non symétrique doit être mesurée au moyen d'une sonde de tension d'impédance élevée sur les conducteurs individuels ou les écrans, par rapport à la masse de référence. La tension perturbatrice en mode commun peut être mesurée avec une sonde de tension capacitive.

Dans le cas de câbles blindés avec blindage relié à la masse, le courant perturbateur en mode commun se mesure à une distance supérieure à un dixième de la longueur d'onde à partir des points de connexion et de masse en utilisant une sonde de courant.

8 Mesure automatisée des perturbations

8.1 Précautions pour les mesures automatisées

L'automatisation peut supprimer une grande partie du côté fastidieux de l'exécution des mesures répétées de perturbations électromagnétiques. Les erreurs de l'opérateur dans la lecture et l'enregistrement des valeurs mesurées sont réduites. Toutefois, l'utilisation d'un ordinateur pour recueillir les données peut introduire de nouvelles formes d'erreurs qui peuvent avoir été détectées par un opérateur. Les essais automatisés peuvent conduire, dans certaines situations, à une plus grande incertitude de mesure dans les données recueillies que celle des mesures manuelles effectuées par un opérateur qualifié. Fondamentalement, il n'y a pas de différence dans la précision avec laquelle une valeur de perturbation est mesurée, que ce soit manuellement ou sous contrôle d'un logiciel. Dans les deux cas, l'incertitude de mesure est fondée sur les spécifications de précision de l'instrumentation utilisée dans le montage d'essai. Des difficultés peuvent toutefois apparaître lorsque la situation réelle de mesure est différente de celle des scénarios pour lesquels le logiciel a été configuré.

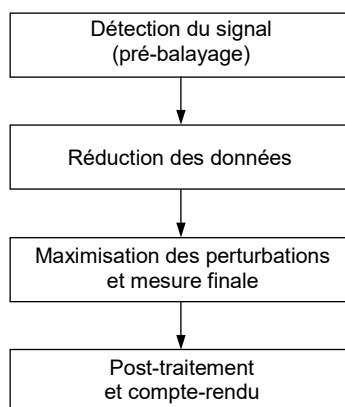
Par exemple, la perturbation d'un matériel en essai à une fréquence proche d'un signal ambiant de niveau élevé peut ne pas être mesurée avec précision si le signal ambiant est présent pendant l'essai automatique. Il est plus probable qu'un opérateur entraîné distingue la perturbation réelle et le signal ambiant et qu'il puisse alors adapter la méthode de mesure de la perturbation du matériel en essai comme exigé. Toutefois, un temps précieux peut être gagné sur les essais en effectuant des balayages ambiants, le matériel en essai étant coupé, avant les mesures de perturbations réelles, afin d'enregistrer les signaux ambiants présents sur le site d'essai en espace libre. Dans ce cas, le logiciel peut être capable d'avertir l'opérateur de la présence possible de signaux ambiants à certaines fréquences en utilisant des algorithmes appropriés d'identification du signal.

L'interaction de l'opérateur est recommandée si la perturbation du matériel en essai varie lentement, si son cycle d'apparition/disparition est faible ou si des signaux ambiants transitoires peuvent se produire (par exemple transitoires de soudure à l'arc).

8.2 Mode opératoire général de mesure

Il est nécessaire que les signaux soient interceptés par le récepteur de perturbations électromagnétiques avant qu'ils puissent être maximisés et mesurés. L'utilisation du détecteur de quasi-crête pendant le processus de maximisation des perturbations pour toutes les fréquences du spectre considéré conduit à des durées d'essai excessives (voir 6.6.2). Les processus chronophages, comme les balayages en hauteur de l'antenne, ne sont pas nécessaires à chaque fréquence de perturbation. Il convient que ces processus soient limités aux fréquences auxquelles l'amplitude de crête de la perturbation mesurée est supérieure ou proche de la limite. En conséquence, seules les perturbations aux fréquences critiques dont les amplitudes sont proches ou dépassent la limite seront maximisées et mesurées.

La procédure générique suivante conduit à une réduction du temps de mesure (voir la Figure 22):



IEC 0868/14

Figure 22 – Procédure générique pour aider à une réduction du temps de mesure

8.3 Mesures par prébalayage

Cette étape initiale du mode opératoire complet de mesure a de multiples buts. Le prébalayage impose le plus faible nombre de restrictions et d'exigences au système d'essai du fait que son but principal est de réunir une quantité minimale d'informations sur lesquelles les paramètres des essais ou des balayages complémentaires seront basés. Ce mode de mesure peut être utilisé pour les essais d'un nouveau produit, lorsque l'on est très peu familiarisé avec son spectre de perturbation. En général, le prébalayage est une procédure d'acquisition de données utilisée pour déterminer où, dans la gamme de fréquences considérée, sont situés les signaux significatifs. Une amélioration de la précision en fréquence et une réduction des données par comparaison des amplitudes peuvent s'avérer nécessaires. Ces facteurs définissent la séquence de mesure pendant l'exécution du prébalayage. Dans tous les cas, les résultats seront enregistrés dans une liste de signaux pour traitement ultérieur.

Lorsqu'une mesure par prébalayage est effectuée pour obtenir rapidement des informations sur un matériel en essai dont le spectre de perturbation est inconnu, un balayage en fréquence peut être effectué en appliquant les considérations du 6.6.

Détermination du temps de mesure nécessaire:

Si le spectre de perturbation et spécialement l'intervalle maximal de répétition d'impulsions T_p du matériel en essai est inconnu, le temps de mesure T_m est analysé pour s'assurer qu'il n'est pas plus court que T_p . Le caractère intermittent des perturbations du matériel en essai est spécialement important pour les crêtes critiques du spectre de perturbation. Il convient de déterminer tout d'abord à quelles fréquences l'amplitude de la perturbation n'est pas stable. Ceci peut être effectué en comparant le maintien du maximum avec le maintien du minimum ou la fonction «effacer/écrire» du matériel de mesure ou du logiciel, et en observant la perturbation pendant 15 s. Pendant cette période, il convient qu'aucune modification du câblage ne soit effectuée. Les signaux ayant par exemple plus de 2 dB de différence entre le résultat du maintien du maximum et le résultat du maintien du minimum sont notés comme des signaux intermittents. (Il convient de veiller à ne pas noter le bruit comme des signaux intermittents.) On répète la mesure pour réduire le risque d'omission de certaines crêtes intermittentes pouvant rester en dessous du niveau de bruit. Pour chaque signal intermittent, l'intervalle de répétition d'impulsions T_p peut être mesuré en utilisant le mode intervalle nul ou en utilisant un oscilloscope branché à la sortie f.i. vidéo du récepteur de mesure. Le temps de mesure correct peut aussi être déterminé en l'augmentant jusqu'à ce que la différence entre l'affichage du maintien du maximum et celui de la fonction «effacer/écrire» soit inférieure par exemple à 2 dB. Pendant les mesures suivantes (maximisation et mesure finale), on est tenu de s'assurer pour chaque partie de la gamme de fréquences que le temps de mesure T_m n'est pas inférieure à l'intervalle de répétition d'impulsions applicable T_p .

Pour les **mesures des perturbations conduites**, le prébalayage est défini ainsi: il peut être effectué soit sur un câble représentatif, par exemple le câble «L» d'alimentation, soit sur chaque câble en utilisant une détection de crête et la durée de balayage la plus courte possible. Si la mesure est effectuée sur de multiples câbles, il convient d'utiliser une fonction «maintien du maximum» pour retenir les émissions les plus élevées déterminées pendant la mesure.

8.4 Réduction des données

La seconde étape du mode opératoire complet de mesure est utilisée pour réduire le nombre des signaux recueillis pendant le prébalayage et a donc pour but de réduire davantage le temps de mesure total. Ces procédés peuvent effectuer différentes tâches, par exemple la détermination des signaux significatifs dans le spectre, la discrimination entre les signaux ambiants ou provenant de matériels auxiliaires et les émissions du matériel en essai, la comparaison des signaux avec les limites, ou la réduction des données basées sur des règles définissables par l'utilisateur. Un autre exemple des méthodes de réduction des données par utilisation en séquence de différents détecteurs et des comparaisons de l'amplitude par rapport à la limite, est donné par l'arbre de décision de l'Annexe C de la présente norme. La réduction des données peut être effectuée de façon entièrement automatique ou interactive en utilisant des outils logiciels ou une interaction manuelle de l'opérateur. Il n'est pas nécessaire qu'elle soit une partie séparée des essais automatisés, c'est-à-dire qu'elle peut faire partie d'un prébalayage.

Dans certaines gammes de fréquences, une discrimination acoustique des signaux ambiants est très efficace. Ceci demande une démodulation des signaux pour pouvoir entendre le contenu de leur modulation. Si une liste en sortie d'un prébalayage contient un grand nombre de signaux et qu'une discrimination acoustique est nécessaire, le processus peut être plutôt long. Toutefois, si les gammes de fréquences, dans lesquelles un accord et une écoute sont nécessaires, peuvent être spécifiées, alors uniquement les signaux dans ces gammes seront démodulés. Les résultats du processus de réduction des données sont enregistrés dans une liste de signaux séparée pour traitement ultérieur.

8.5 Maximisation des perturbations et mesure finale

Pendant l'essai final, les émissions sont maximisées pour déterminer leur niveau le plus élevé. Après la maximisation des signaux, l'amplitude des perturbations est mesurée avec une détection de quasi-crête et/ou de valeur moyenne, en tenant compte du temps de mesure appropriée (au moins 15 s si le relevé montre des fluctuations proches de la limite).

Pour les mesures des **perturbations conduites**, le processus de maximisation est défini par comparaison des amplitudes des perturbations sur les différents câbles du cordon d'alimentation du matériel en essai et mémorisation des niveaux maximum.

NOTE La mesure finale sera effectuée en parallèle à plusieurs fréquences en utilisant un appareil de mesure à FFT.

8.6 Post-traitement et compte-rendu

La dernière partie de la procédure d'essai concerne les exigences de documentation. Les fonctionnalités pour définir le tri et les programmes de comparaison qui pourront ensuite être appliqués automatiquement ou de façon interactive aux listes de signaux, aident l'utilisateur à compiler les rapports et documents nécessaires. Il convient que les amplitudes corrigées des signaux en valeur de crête, de quasi-crête ou moyenne, soient disponibles, comme des critères de tri ou de sélection. Les résultats de ces processus sont enregistrés dans des listes de sortie séparées ou peuvent être rassemblés dans une seule liste et sont disponibles pour la documentation ou traitement ultérieur.

Les résultats doivent être disponibles sous forme de tableaux ou de graphiques ou d'une combinaison des deux pour pouvoir être utilisés dans un rapport d'essai. De plus, il convient que les informations sur le système d'essai lui-même, par exemple les transducteurs utilisés,

l'instrumentation de mesure, et la documentation relative au montage du matériel en essai comme cela est exigé par la norme de produits, fassent également partie du rapport d'essai.

8.7 Stratégies de la mesure de perturbations avec des appareils de mesure à FFT

En fonction de leur mise en œuvre, les appareils de mesure à FFT peuvent effectuer des mesures pondérées d'une façon significativement plus rapide que les voltmètres sélectifs accordables. Une mesure pondérée sur la gamme de fréquences concernée peut alors être plus rapide qu'une mesure constituée d'un prébalayage et d'un balayage final effectués avec un récepteur superhétérodyne (comme décrit en 8.2).

9 Montage d'essai et mode opératoire de mesure utilisant le CDNE dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 300 MHz

9.1 Généralités

L'Article 9 présente les exigences pour les montages d'essai et le mode opératoire de mesure de la tension perturbatrice asymétrique V_{dis} dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 300 MHz en utilisant le CDNE décrit dans la CISPR 16-1-2.

La méthode par CDNE peut être utilisée pour mesurer les perturbations si le rayonnement des câbles connectés est dominant.

Cette méthode ne s'applique pas au matériel en essai dans les conditions suivantes:

- a) lorsque la plus grande dimension de l'enveloppe du matériel en essai est plus élevée que le quart de la longueur d'onde de la plus haute fréquence mesurée, sauf spécification contraire par le comité de produits;
- b) lorsque la tension assignée d'alimentation est supérieure à 600 V;
- c) avec plus de deux câbles.

Le potentiel d'interférence d'un matériel en essai n'ayant qu'une sortie d'alimentation et aucune autre sortie externe peut être évalué par la tension asymétrique à cette sortie. La tension asymétrique est presque égale à celle apportée par le matériel en tension à un CDNE approprié. Le rayonnement direct émanant de l'enveloppe du matériel en essai n'est pas pris en compte.

Le matériel ayant une sortie externe additionnelle différente d'une sortie d'alimentation peut émettre un rayonnement d'interférence à partir de cette sortie, blindée ou non, de la même manière que la sortie d'alimentation émet un rayonnement. Les mesures du CDNE peuvent également être réalisées sur cette sortie. Le mode opératoire de mesure précis et son caractère applicable sont à spécifier pour chaque catégorie de produits dans la norme de produits.

En général, le niveau de tension asymétrique est supérieur au niveau de tension symétrique accidentelle. Une valeur minimale d'affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) de 20 dB est donc appropriée pour éviter toute influence de la tension symétrique sur les résultats de mesurage. Le CDNE, avec une valeur ACL minimale définie de 20 dB, n'est pas approprié aux matériels en essai avec un mode différentiel intentionnel appliqué au réseau d'alimentation.

9.2 Montage d'essai

Le montage d'essai est placé sur le plan de masse de référence qui est connecté à la terre de protection pour des raisons de sécurité du personnel et du matériel. La distance entre le matériel en essai et tout autre objet métallique doit être $\geq 0,8$ m. Pour une distance plus courte, mais non inférieure à 0,4 m, une incertitude supplémentaire de 0,2 dB doit être ajoutée.

NOTE 1 Le sol conducteur d'une pièce blindée est un exemple de mise en œuvre du plan de masse de référence.

LE CDNE est connecté au RGP grâce à son enveloppe métallique. La mise à la terre RF peut être améliorée en utilisant une pression supplémentaire sur l'enveloppe. De plus, une connexion fiable à la terre de protection est nécessaire en termes de sécurité et doit donc être effectuée par des vis ou des moyens similaires. Le dos du CDNE doit être placé à au moins 200 mm du bord du plan de masse.

Le matériel en essai est placé à $100 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ au-dessus du RGP et repose sur un matériau non conducteur ayant une permittivité relative ϵ_r de moins de 1,4 (exemple: mousse de polystyrène). Le bord du plan de masse de référence doit être situé à au moins 200 mm au-delà du périmètre du matériel en essai.

Une distance de $200 \text{ mm} \pm 20 \text{ mm}$ doit être maintenue entre le CDNE et le matériel en essai. Le CDNE doit être placé sur le côté du matériel en essai où le câble soumis à l'essai est connecté, afin de limiter la longueur du câble. Le câble ne doit pas serpenter ou être rassemblé en faisceau.

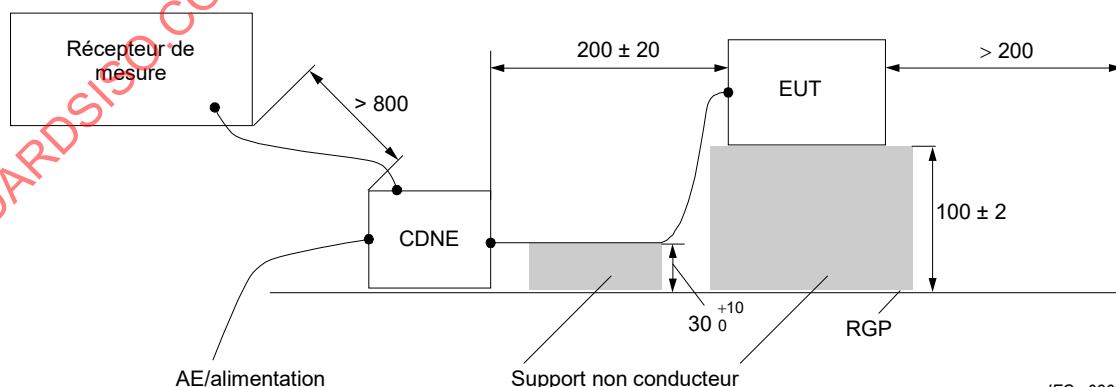
Le câble connecté au matériel en essai doit tomber verticalement du matériel en essai sur une distance d'environ 30 mm jusqu'au RGP puis rejoindre horizontalement l'accès du CDNE au matériel en essai (voir la Figure 23).

L'accès du CDNE vers le matériel associé/alimentation y est connecté, c'est à dire vers l'alimentation pour les CDNE-M2 et CDNE-M3, et vers une unité de commande pour le CDNE-Sx. L'accès du CDNE vers le récepteur se connecte à l'entrée du récepteur de mesure.

La Figure 24 présente un montage d'essai pour un matériel en essai avec deux câbles connectés. Les montages réels dépendront de la surface du matériel en essai où sont connectés les câbles; la Figure 24 illustre la disposition d'un matériel en essai avec des connexions de câble sur des faces adjacentes.

Lorsque deux câbles sont connectés à une même surface du matériel en essai, les deux CDNE doivent être situés à proximité de cette face du matériel (voir la Figure 25). Les CDNE sont placés à $2 \text{ cm} \pm 1 \text{ cm}$ l'un de l'autre. Pour le câble qui n'est pas soumis à essai, l'accès du CDNE vers le récepteur de mesure non connecté à ce dernier se termine par une charge de 50Ω .

NOTE 2 Les configurations de mesure présentées aux Figures 24 et 25 ne s'appliquent pas à un réseau d'alimentation avec des signaux dominants en mode différentiel. Des composants diaphoniques en mode différentiel engendreront des erreurs de mesure importantes.

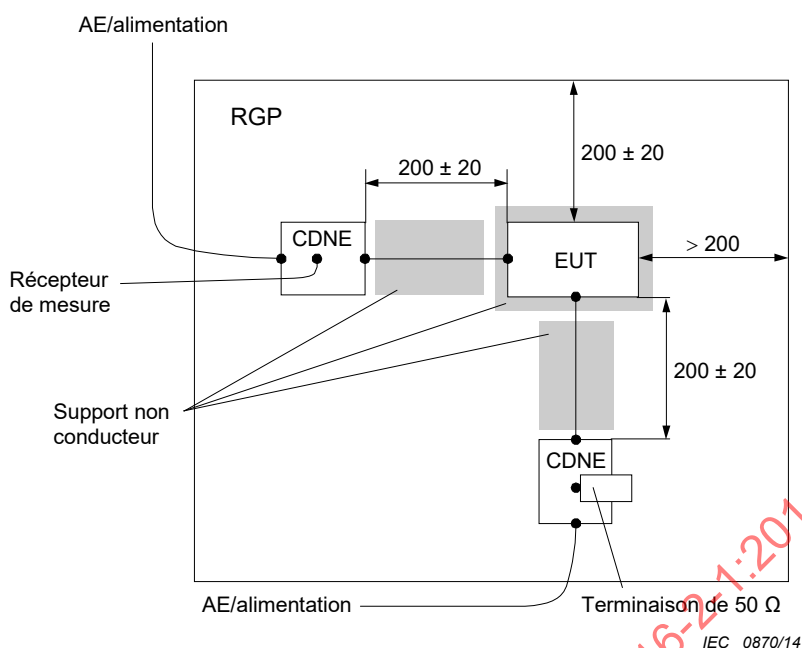


IEC 0869/14

L'expression "matériel associé (AE)/alimentation" peut inclure un réseau d'alimentation en courant alternatif, une alimentation en courant continu, ainsi que les lignes de commande/communication.

NOTE Toutes les dimensions sont indiquées en mm.

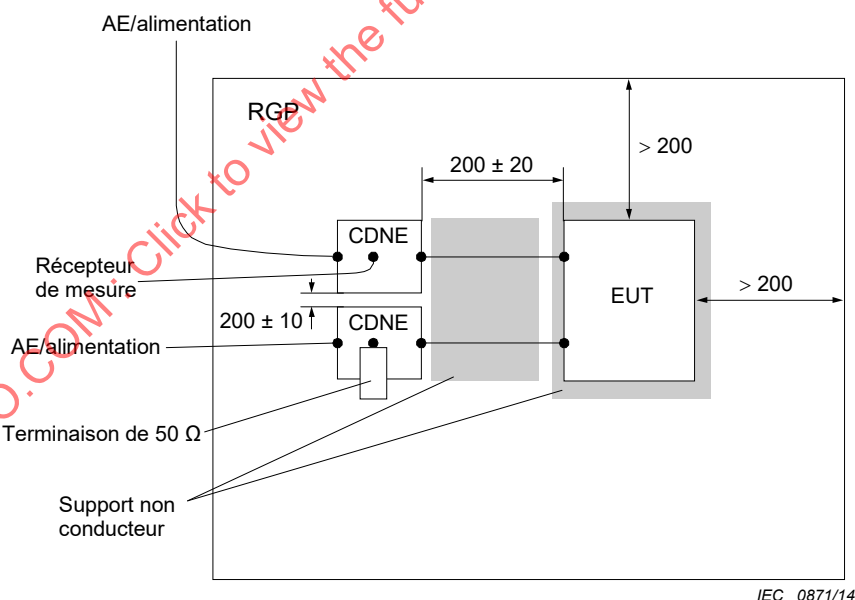
Figure 23 – Montage d'essai pour la mesure d'un matériel en essai à un câble



L'expression "matériel associé (AE)/alimentation" peut inclure un réseau d'alimentation en courant alternatif, une alimentation en courant continu, ainsi que les lignes de commande/communication.

NOTE Toutes les dimensions sont indiquées en mm.

Figure 24 – Montage d'essai pour la mesure d'un matériel en essai avec deux câbles connectés à deux surfaces adjacentes du matériel en essai



L'expression "matériel associé (AE)/alimentation" peut inclure un réseau d'alimentation en courant alternatif, une alimentation en courant continu, ainsi que les lignes de commande/communication.

NOTE Toutes les dimensions sont indiquées en mm.

Figure 25 – Montage d'essai pour la mesure d'un matériel en essai avec deux câbles connectés à la même surface du matériel en essai

9.3 Mode opératoire de mesure

L'Article 6 et le 6.2 doivent être pris en compte pour les mesures utilisant un CDNE. Par conséquent, les dispositions suivantes sont applicables.

- a) Les conditions de fonctionnement du matériel en essai doivent être choisies selon les indications fournies par le fabricant.
- b) Le temps de préchauffe nécessaire du matériel en essai doit être choisi et contrôlé.
- c) Pour la vérification du résultat d'un mesurage, les émissions ambiantes doivent être vérifiées pour s'assurer que le rapport du signal de perturbation sur les émissions ambiantes est supérieur à 20 dB.
- d) Le détecteur, comme décrit en 7.2.2, ainsi que le temps de mesure choisi pour le récepteur de mesure doivent être déterminés à partir des mesures préliminaires et finales. Pour les mesures préliminaires, le détecteur de crête au minimum doit être utilisé. Lors de la mesure finale, la tension perturbatrice asymétrique V_{dis} doit être mesurée avec un détecteur tel que spécifié dans la norme de produits.
- e) Le facteur de division en tension du CDNE F_{CDNE} , indiqué en dB, doit être ajouté à la valeur de V_{mes} du récepteur de mesure, en dB(μV), pour la mesure de la tension perturbatrice V_{dis} , c'est-à-dire
$$V_{\text{dis}} = V_{\text{mes}} + F_{\text{CDNE}} \text{ en dB}(\mu\text{V}).$$
- f) Pour un matériel en essai avec deux câbles connectés, chaque câble est mesuré séparément, puis la valeur maximale des deux câbles doit être prise comme le résultat de mesurage de V_{dis} .

Annexe A (informative)

Guide pour la connexion d'un matériel électrique au réseau fictif d'alimentation

NOTE L'Annexe A complète les dispositions de l'Article 5.

A.1 Généralités

L'Annexe A a pour but de fournir des indications générales sur les techniques qui peuvent servir à évaluer les perturbations produites par certains matériels électriques dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 30 MHz. Cette annexe donne des informations sur les méthodes de connexion de ces matériels au réseau fictif d'alimentation pour la mesure des tensions aux bornes. Un tableau présente les différents cas généralement rencontrés dans la pratique pour lesquels une technique appropriée peut être choisie.

Les cas décrits dans l'Article A.2 identifient la propagation de la perturbation du matériel en essai:

- a) soit par **conduction** le long des sorties d'alimentation raccordées (désignées par E_1 et I_1 dans les schémas de circuit équivalents), ou
- b) soit par **rayonnement** et par un couplage avec la sortie d'alimentation raccordée (désignée par E_2 et I_2 dans les schémas de circuit équivalents).

Le fait que la perturbation soit plutôt conduite ou rayonnée dépend en partie de la disposition du matériel en essai par rapport à la masse de référence (y compris le type de connexion à la masse de référence) et du type de connexion entre le matériel en essai et le réseau fictif d'alimentation (câble blindé ou non).

A.2 Classification des différents cas possibles

A.2.1 Matériels en essai correctement blindés, mais mal filtrés (Figures A.1 et A.2)

Dans ce cas, la composante de perturbation conduite représentée par le courant I_1 domine. Le courant perturbateur I_1 est injecté sur le réseau fictif d'alimentation Z par le matériel en essai. Par conséquent, la tension U_1 augmente lorsque l'on fait augmenter la capacité C_1 entre le blindage du matériel en essai et la masse de référence (voir la Figure A.1). La tension U_1 atteint son maximum ($U_1 = ZI_1 = E_1$) lorsque l'on minimise l'impédance du trajet de retour du courant en court-circuitant C_1 , directement ou en utilisant des câbles blindés pour alimenter le matériel en essai (voir la Figure A.2). (Voir également la discussion dans l'Article A.3.)

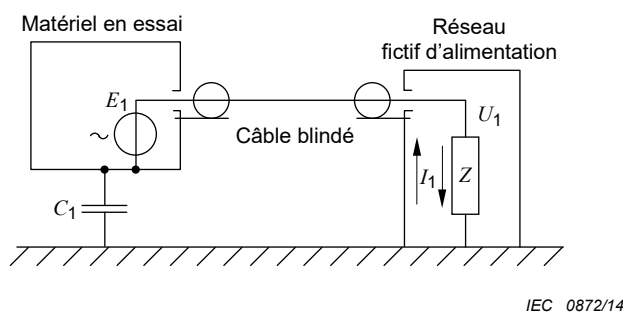


Figure A.1 – Schéma de base de matériels en essai correctement blindés, mais mal filtrés

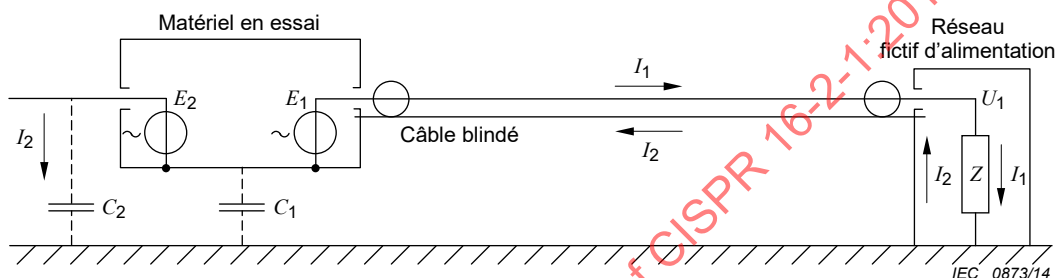


Figure A.2 – Schéma détaillé de matériels en essai correctement blindés, mais mal filtrés

A.2.2 Matériels en essai correctement filtrés mais dont le blindage présente des fuites (Figures A.3 et A.4)

Dans ce cas, le courant perturbateur injecté dans le réseau d'alimentation est pratiquement nul, et la tension dans le réseau fictif d'alimentation peut être dominée par un rayonnement parasite provenant soit d'ouvertures dans un blindage imparfait, soit d'un conducteur sortant du blindage et formant antenne. Ces fuites peuvent être représentées schématiquement par une capacité externe C_2 connectée entre une source de f.é.m. perturbatrice interne E_2 et la masse de référence. Cette capacité C_2 est traversée par un courant I_2 . Une partie du courant I_2 qui traverse C_2 en direction de la masse de référence circule en retour au travers de C_1 et une partie de I_2 circule en retour au travers du réseau fictif d'alimentation. Si les câbles d'alimentation ne sont pas blindés (voir la Figure A.3), et si l'impédance de C_1 est grande par rapport à l'impédance du réseau fictif d'alimentation Z ($ZC_1 \omega \ll 1$), I_2' est alors voisin de I_2 et la tension U_2 est voisine de $I_2 Z$ ($U_2 = ZI_2$).

Si l'on augmente C_1 , on shunte Z et U_2 diminue. À la limite, lorsque l'on court-circuite C_1 en alimentant le matériel en essai par des câbles blindés (voir la Figure A.4), de façon que I_2 ne traverse absolument pas Z , U_2 devient alors nulle.

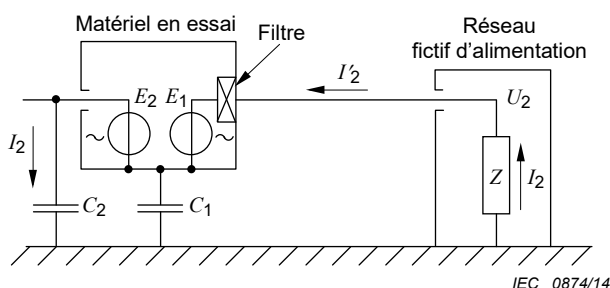


Figure A.3 – Matériels en essai correctement filtrés, mais dont le blindage présente des fuites

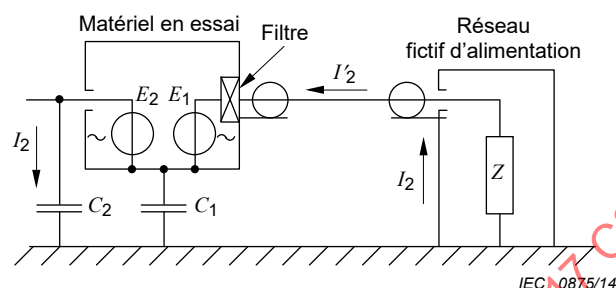


Figure A.4 – Matériels en essai correctement filtrés, mais dont le blindage présente des fuites, avec U_2 réduite à zéro

A.2.3 Cas général pratique

A.2.3.1 Généralités

Dans la pratique, ni le blindage et ni le filtrage décrits dans les paragraphes précédents ne sont parfaits; les deux effets se manifestent alors simultanément et se superposent. On peut, dans ces conditions, rencontrer les trois cas suivants.

A.2.3.2 Alimentation par des conducteurs blindés (Figure A.5)

Le courant I_1 dû aux fuites par rayonnement se ferme par la masse et les surfaces externes du blindage du réseau fictif d'alimentation et des conducteurs d'alimentation; son effet sur Z est nul.

La tension U_1 , qui peut être mesurée aux bornes de Z , est produite uniquement par le courant I_1 injecté sur les conducteurs d'alimentation, avec retour par les surfaces internes du blindage du réseau fictif d'alimentation et de ces conducteurs. La tension U_1 a alors sa valeur maximale:

$$U_1 = ZI_1 \approx E_1$$

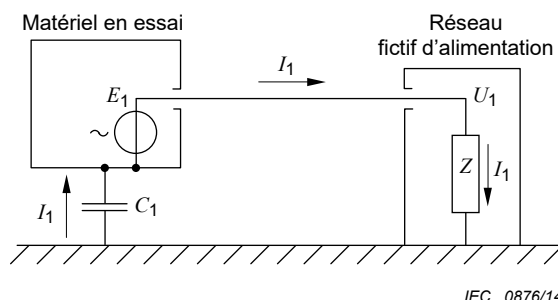


Figure A.5 – Alimentation par perturbation par des conducteurs blindés

A.2.3.3 Alimentation par des conducteurs non blindés, mais filtrés (Figure A.6)

Si l'on ajoute, à l'entrée du matériel en essai, un filtre passe-bas très efficace dont le blindage est relié directement à celui du matériel en essai, le courant I_1 injecté par la source E_1 sur les conducteurs d'alimentation est bloqué par le filtre.

Comme dans le cas représenté à la Figure A.6, le courant I_2 dû au rayonnement se ferme pratiquement par Z et par les conducteurs (si $ZC_1\omega \ll 1$); la tension U_2 mesurée aux bornes de Z est alors produite uniquement par le rayonnement.

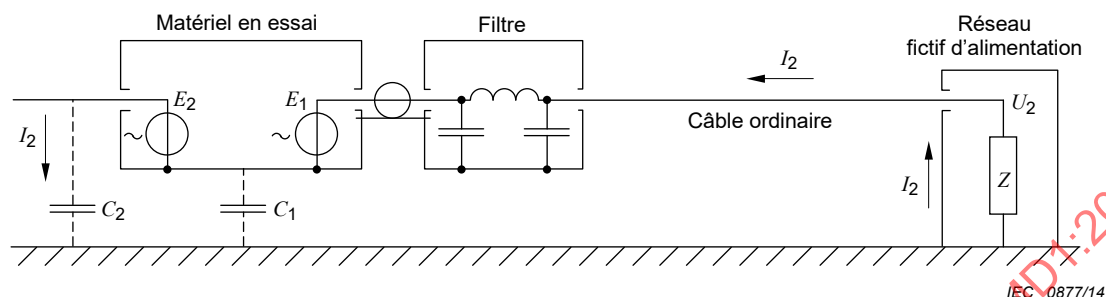


Figure A.6 – Alimentation par perturbation par des conducteurs non blindés, mais filtrés

A.2.3.4 Alimentation par des conducteurs ordinaires (Figure A.7)

Si le filtre de la Figure A.6 est retiré, le courant I_1 injecté par la source E_1 réapparaît sur les conducteurs (Figure A.7). Par rapport à la Figure A.5 (valeur de I_1 la plus grande possible pour l'alimentation d'un matériel en essai non filtré au travers des conducteurs blindés), la valeur de I_1 à la Figure A.7 (alimentation d'un matériel en essai non filtré au travers des conducteurs ordinaires, c'est-à-dire non blindés), est réduite à une valeur minimale dans le rapport I_1 (matériel en essai non blindé) / I_1 (matériel en essai blindé) = $ZC_1\omega$ par rapport à sa valeur minimale (Figure A.2), si $ZC_1\omega \ll 1$. Le courant I_2 n'est pas modifié par rapport aux cas précédents, mais étant donné que les conducteurs ne sont pas blindés, il se ferme également par Z et par les conducteurs d'alimentation.

La tension U , mesurée aux bornes du réseau fictif d'alimentation, résulte alors de la superposition des courants I_1 et I_2 . Dans le cas où les forces électromotrices E_1 et E_2 sont produites par une source interne commune, ces deux courants sont synchrones; la tension U dépend donc non seulement de leurs valeurs de courant, mais également de leur déphasage. Il peut arriver, pour certaines fréquences, que les courants I_1 et I_2 se trouvent en opposition. S'ils sont également environ la même amplitude, la tension U peut devenir très faible, même si I_1 et I_2 ont des valeurs importantes. De plus, si la fréquence de la source varie, l'opposition de phase peut disparaître et la tension U peut varier rapidement de façon très importante.

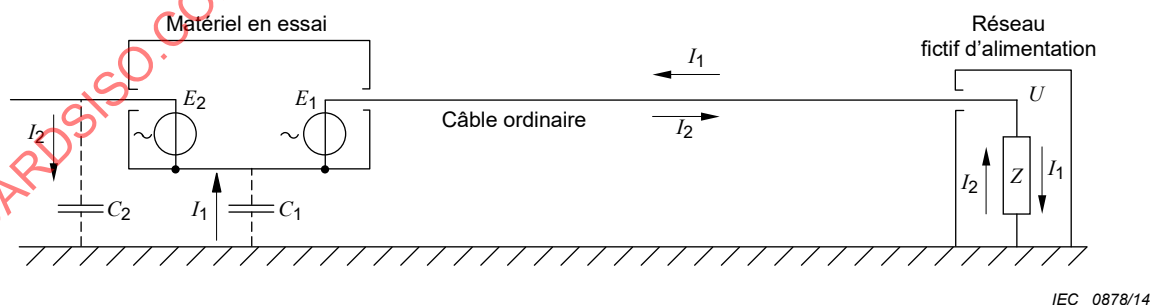


Figure A.7 – Alimentation par perturbation par des conducteurs ordinaires

A.3 Méthode de mise à la masse

Dans les paragraphes précédents, on a supposé que la mise à la masse du matériel en essai était réalisée par la connexion du blindage des conducteurs d'alimentation à la masse de référence.

Cette solution est la seule correcte pour réaliser une mise à la masse franche permettant la séparation nette des deux espèces de courant I_1 et I_2 comme indiqué ci-dessus. Elle peut être appliquée, sans exception, à toutes les fréquences.

Pour des fréquences inférieures à 1,6 MHz, pratiquement le même résultat peut être obtenu en réalisant la mise à la masse du matériel par un conducteur linéaire de faible longueur (maximum 1 m), disposé parallèlement à la sortie d'alimentation et à une distance de cette dernière inférieure à 10 cm.

Pour les fréquences supérieures à quelques MHz, il convient d'utiliser cette solution simplifiée uniquement avec prudence, particulièrement aux fréquences élevées. Il est par conséquent fortement recommandé d'utiliser des conducteurs blindés dans tous les cas. Pour des fréquences supérieures, il peut être nécessaire de tenir compte de l'impédance caractéristique du conducteur.

A.4 Conditions de mise à la masse

A.4.1 Généralités

A.4.1.1 Règles générales

À la lumière des considérations des paragraphes précédents, il apparaît que le comportement du circuit de mesure de la tension aux bornes du réseau fictif d'alimentation et, par conséquent, le résultat de ces mesurages, dépendent dans une grande mesure des conditions de liaison entre le cadre du matériel en essai et la masse. Il importe donc de bien préciser ces conditions.

En principe, la conséquence essentielle de la mise à la masse est de séparer physiquement les deux courants I_1 et I_2 , et éventuellement de faire varier en sens inverse leurs actions respectives sur l'appareil de mesure (tension U aux bornes de Z). Dans le cas limite d'une liaison directe entre le corps du matériel en essai et la masse, réalisant un court-circuit de C_1 , les valeurs du courant I_1 , et donc de la tension $U_1 = ZI_1 \approx E_1$, sont maximales; à l'inverse, le courant I_2 dû au rayonnement est entièrement dérivé par ce court-circuit et la tension correspondante U_2 est nulle.

On déduit de ces considérations les règles générales suivantes.

Il convient toujours d'appliquer la mise à la masse franche pour les essais:

- a) dans le cas d'un matériel en essai non rayonnant (par exemple, un moteur), parce qu'on mesure alors la valeur maximale de la tension perturbatrice que l'on peut obtenir en pratique;
- b) dans le cas d'un matériel en essai rayonnant mal filtré, lorsque, sans s'occuper de mesurer le rayonnement, on veut seulement mesurer la tension perturbatrice due à l'injection directe dans les conducteurs d'alimentation:
 - 1) soit pour évaluer l'efficacité du filtre (par exemple pour les circuits bases de temps de récepteurs de télévision);
 - 2) soit pour évaluer, en laboratoire, la perturbation réelle produite par un matériel dont, en service normal, le rayonnement est supprimé par un blindage (par exemple pour un transformateur d'allumeur de chaudières à mazout).

A.4.1.2 Mise à la masse franche

Il convient de ne pas utiliser la mise à la masse franche dans le cas des essais pratiqués dans le cadre du point b) 1) de A.4.1.1 sur un matériel en essai très bien filtré, donnant lieu à un rayonnement important (par exemple, ozoniseur, appareil médical à ondes amorties, soudeuse à arc électrique). Dans tous ces cas, la tension mesurée aux bornes du réseau fictif d'alimentation devient très faible pour une mise à la masse franche alors que, sans mise à la masse, la tension peut être très importante ou irrégulière. La mesure peut alors ne plus être utile, et il peut s'avérer nécessaire de réaliser la mise à la masse par l'intermédiaire d'une impédance spécifiée afin de simuler l'impédance réelle du conducteur de mise à la terre de protection (PE), par exemple une bobine d'arrêt fournissant en outre une isolation RF par rapport à la terre «polluée» et offrant donc une «mauvaise» terre de protection (voir la fin du Tableau A.2).

L'impédance d'un conducteur «électriquement long» est, dans le cas d'un matériel en essai de classe de sécurité I, normalement égale à l'impédance de simulation d'alimentation spécifiée aux bornes d'alimentation du matériel en essai fournie par le réseau fictif d'alimentation (constitué par le réseau de $50 \mu\text{H} + 1 \Omega$ qui, en raison des problèmes thermiques existants dans le cas de charges à fort courant, peut se réduire à un réseau de $50 \mu\text{H}$).

A.4.1.3 Pas de mise à la masse

Dans le cas où il n'y a aucune mise à la masse, la tension aux bornes du réseau fictif d'alimentation résulte de la superposition des deux courants I_1 et I_2 . La mesure ne peut seulement être obtenue que si l'un de ces courants est nul; si l'on a affaire soit à un matériel en essai très bien blindé et mal filtré (par exemple, un moteur), soit à un matériel en essai très bien filtré, mais rayonnant (par exemple, un récepteur de télévision, un ozoniseur, etc.).

Si, dans le cas d'un matériel en essai correspondant à la classe de sécurité I pour les besoins de l'analyse de I_2 , l'impédance selon la note de A.4.1.2 n'est pas suffisante pour réduire I_1 , une bobine d'arrêt de forte impédance ($1,6 \text{ mH}$) peut être insérée dans le trajet du conducteur de terre.

En général, la mesure fournit seulement, sans permettre aucune discrimination, la valeur de la perturbation globale, les résultats étant valables uniquement dans les conditions utilisées pour l'essai. Il convient alors de bien spécifier ces conditions, c'est-à-dire les valeurs de capacité des divers éléments du matériel en essai par rapport à la masse (par exemple, la capacité du câble d'antenne dans le cas d'un récepteur de télévision). En outre, une mesure unique sur une fréquence arbitraire n'a pas de sens si, pour cette fréquence, les courants I_1 et I_2 se trouvent en opposition. Il est donc nécessaire, par principe, d'effectuer les mesures à plusieurs fréquences.

A.4.2 Classement des conditions d'essai typiques

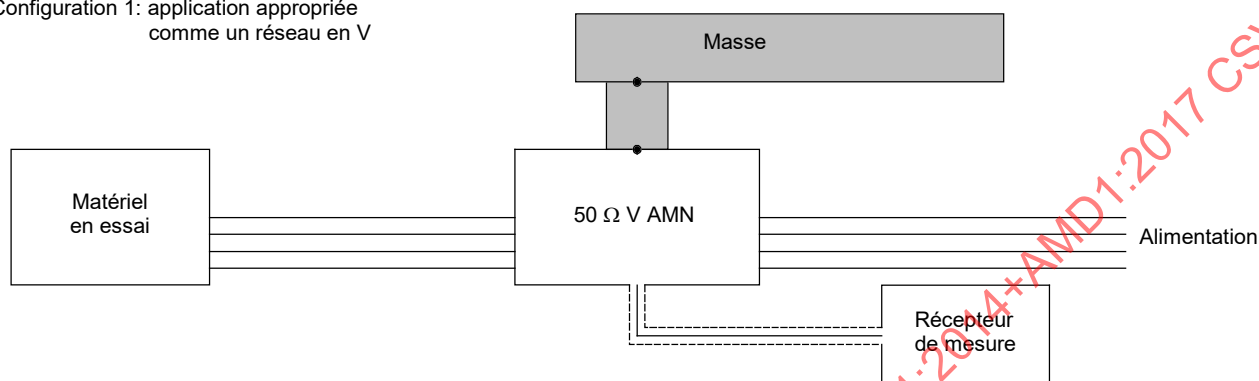
Les Tableaux A.1 et A.2 résument les diverses conditions d'essai et les types de matériels en essai pour lesquels elles sont adaptées. Ils indiquent également la signification des mesures, c'est-à-dire la grandeur physique qui correspond à la tension U mesurée entre les bornes du réseau fictif d'alimentation Z , ainsi que les précautions à prendre lors de la mesure.

A.5 Connexion du réseau fictif d'alimentation comme sonde de tension

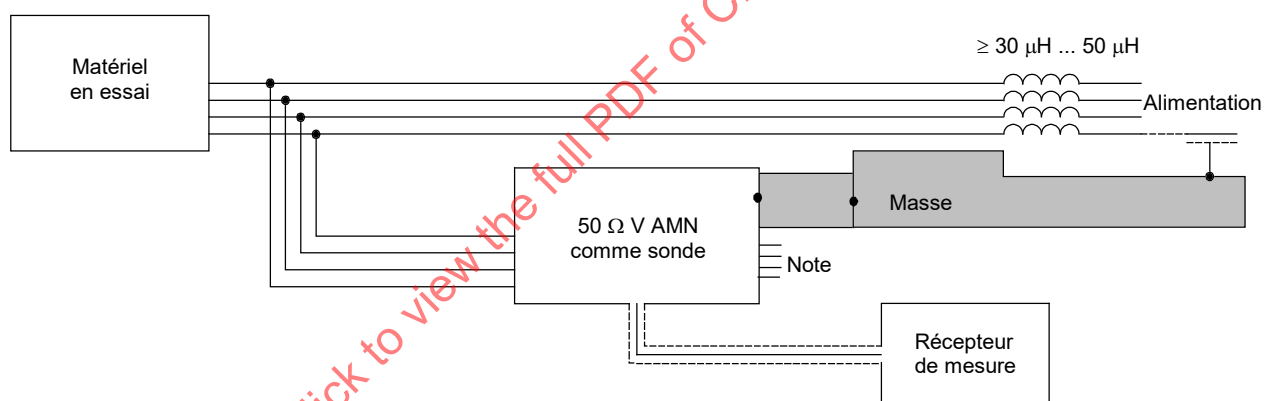
La mesure des perturbations conduites provenant de matériels en essai, dont les courants de fonctionnement sont élevés, peut entraîner des difficultés. Il existe des réseaux fictifs d'alimentation pour la gamme de fréquences de 9 kHz à 150 kHz (30 MHz) et pour une intensité nominale jusqu'à environ 25 A. Il existe des réseaux fictifs d'alimentation pour la gamme de fréquences de 150 kHz à 30 MHz ($50 \mu\text{H}$ parallèlement à 50Ω) et pour un courant jusqu'à environ 200 A.

Les matériels en essai ayant des courants assignés supérieurs peuvent être mesurés en utilisant le réseau fictif d'alimentation comme une sonde de tension. Cette autre solution est également utile pour les mesures in situ, si elle est prise en référence dans la norme de produits applicable.

Configuration 1: application appropriée
comme un réseau en V



Configuration 2: application comme
sonde de tension



IEC 0879/14

NOTE Les broches exposées sont rendues sûres.

Figure A.8 – Configurations du réseau fictif d'alimentation

Tableau A.1 – Conditions d'essai pour les types de matériel en essai – câble ordinaire

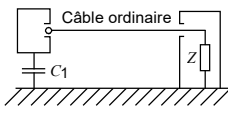
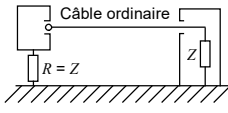
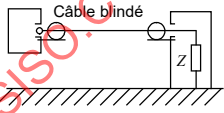
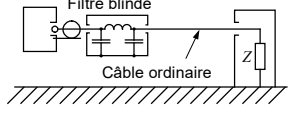
Méthode de connexion	Types d'appareils			Grandeur mesurée	Détails de la mesure	
	Exemples	Caractéristiques essentielles				
		Mise à la mise	Rayonnement	Filtrage		
 	Moteurs Appareils électro-domestiques	Sans	Faible	Modéré	Perturbations (antiparasitées) réelles dues uniquement au courant injecté C_1	Les perturbations dépendent de C_1
	Ozoniseurs Appareils médicaux Soudeuses à l'arc		Fort	Très bon	Perturbations réelles dues uniquement au courant rayonné I_2	Il est nécessaire de préciser la position exacte de l'appareil par rapport à la masse ou de donner la valeur de C_1
	Récepteurs TV (base de temps)			Modéré	Les perturbations globales totales sont la somme des deux effets précédents (I_1 et I_2)	Il convient de répéter les mesures, en faisant varier la fréquence
					Ces deux effets (I_1 et I_2) peuvent se trouver en opposition de phase à certaines fréquences	
		Avec	Très bon	Perturbations réelles engendrées avec une connexion de masse de longueur normale	Il convient de spécifier la position de l'appareil par rapport à la masse pour que $RC_1\omega < 1$	

Tableau A.2 – Conditions d'essai pour les types de matériel en essai – câble blindé

Méthode de connexion	Types d'appareils	Grandeur mesurée	Exemples	Détails de la mesure
	Appareils non rayonnants avec prise de terre	Perturbations maximales réelles avec C_1 court-circuité	Tous les moteurs avec prise de terre	
	Appareils rayonnants quand on veut mesurer uniquement les perturbations engendrées sur le courant d'alimentation du réseau	Contrôle de l'efficacité du blindage	Récepteurs TV, Appareils médicaux, Ozoniseurs, Soudeuses à l'arc	
		Perturbations réelles causées par un appareil tenu d'être soigneusement blindé en usage normal	Transformateurs des systèmes d'allumage des brûleurs à fioul. Partie d'un ensemble blindé soumis à essai seul	
	Appareils mal filtrés quand on veut mesurer uniquement les perturbations engendrées par rayonnement	Contrôle de l'efficacité du blindage	Récepteurs TV Appareils industriels HF	Il convient de spécifier la position de l'appareil par rapport à la masse pour que $ZC_1\omega < 1$
		Perturbations réelles causées par un appareil qui est muni d'un bon filtre en usage normal	Eclairage fluorescent	

Annexe B (informative)

Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à balayage

NOTE L'Annexe B complète les dispositions de l'Article 6.

B.1 Généralités

Il convient de prendre en considération les caractéristiques suivantes lors de l'utilisation des analyseurs de spectre et des récepteurs de mesure à balayage.

B.2 Surcharge

La plupart des analyseurs de spectre n'ont pas de présélection RF dans la gamme de fréquences jusqu'à 2 000 MHz; c'est-à-dire que le signal d'entrée est directement injecté dans un mélangeur à large bande. Afin d'éviter la surcharge, de prévenir les dommages et de faire fonctionner un analyseur de spectre linéairement, il convient que l'amplitude du signal au niveau du mélangeur soit typiquement inférieure à 150 mV crête. Une atténuation RF ou une présélection RF supplémentaire peuvent être nécessaires pour réduire le signal d'entrée à ce niveau.

B.3 Essai de linéarité

La linéarité peut être déterminée en mesurant le niveau du signal spécifique étudié, puis en répétant cette mesure en ayant inséré un atténuateur de X dB à l'entrée du récepteur de mesure ou à l'entrée du préamplificateur s'il est utilisé ($X \geq 6$ dB). Il convient que le nouveau relevé sur l'affichage du récepteur de mesure ne diffère pas de X dB à $\pm 0,5$ dB près par rapport au premier relevé lorsque le système de mesure est linéaire.

B.4 Sélectivité

Il convient que l'analyseur de spectre et le récepteur de mesure à balayage ait la largeur de bande spécifiée dans la CISPR 16-1-1, afin de mesurer correctement les signaux à large bande, les signaux en impulsions et les perturbations à bande étroite avec plusieurs composantes spectrales dans la largeur de bande normalisée.

B.5 Réponse normale aux impulsions

La réponse d'un analyseur de spectre et d'un récepteur de mesure à balayage avec détection de quasi-crête peut être vérifiée avec les impulsions d'essai d'étalonnage spécifiées dans la CISPR 16-1-1. La valeur élevée de la tension de crête des impulsions d'essai d'étalonnage nécessite normalement l'insertion d'une atténuation RF de 40 dB ou plus, afin de satisfaire aux exigences de linéarité. Ceci diminue la sensibilité et rend la mesure à faible fréquence de répétition et des impulsions d'essai d'étalonnage isolées impossible pour les bandes B, C et D. Si un filtre de présélection est utilisé avant le récepteur de mesure, alors l'atténuation RF peut être diminuée. Le filtre limite la largeur de spectre de l'impulsion d'essai d'étalonnage vue par le mélangeur.

B.6 Détection de crête

Le mode de détection normal (de crête) des analyseurs de spectre donne une indication sur l'affichage qui n'est en principe jamais inférieure à l'indication de quasi-crête. Il est pratique de mesurer les émissions à l'aide d'un détecteur de crête puisque cela permet un balayage des

fréquences plus rapide qu'avec un détecteur de quasi-crête. En conséquence, les signaux proches des limites d'émission ont besoin d'être mesurés à nouveau à l'aide d'un détecteur de quasi-crête afin d'enregistrer les amplitudes de quasi-crête.

B.7 Vitesse de balayage en fréquence

Il convient de régler la vitesse de balayage d'un analyseur de spectre ou d'un récepteur de mesure à balayage sur la bande de fréquences CISPR et en fonction du mode de détection utilisé. La durée/fréquence minimale de balayage ou la vitesse de balayage la plus élevée est donnée dans le Tableau B.1:

Tableau B. 1– Durée/fréquence de balayage ou vitesse de balayage la plus élevée

Bande	Détection de crête	Détection de quasi-crête
A	100 ms/kHz	20 s/kHz
B	100 ms/kHz	200 s/MHz
C et D	1 ms/kHz	20 s/MHz

Pour un analyseur de spectre ou un récepteur de mesure à balayage utilisé en mode fixe sans balayage en fréquence, la durée de balayage de l'écran peut être réglée indépendamment du mode de détection et en fonction des besoins, pour observer le comportement de la perturbation. Si le niveau de perturbation n'est pas stable, il convient d'observer le relevé sur le récepteur de mesure pendant 15 s au moins pour déterminer la valeur maximale (voir 6.5.1).

B.8 Interception du signal

Le spectre d'émissions intermittentes peut être capturé avec un détecteur de crête et une mémoire numérique de l'écran, si elle existe. Des balayages de fréquences multiples et rapides réduisent le temps d'interception d'une perturbation, comparés à un seul balayage en fréquence lent. Il convient de faire varier l'instant du démarrage des balayages afin d'éviter de masquer la perturbation par un synchronisme quelconque. Il convient que la durée totale de l'observation pour une gamme de fréquences donnée soit plus longue que la durée entre les émissions. En fonction du type de perturbation mesurée, les mesures avec détection de crête peuvent remplacer tout ou partie des mesures nécessaires avec un détecteur de quasi-crête. Il convient alors de procéder à des contre-essais avec un détecteur de quasi-crête aux fréquences où les maxima de perturbation ont été établis.

B.9 Détection de la valeur moyenne

La détection de la valeur moyenne par un analyseur de spectre s'obtient en réduisant la largeur de bande vidéo jusqu'à ce que l'on n'observe plus d'amélioration du lissage du signal affiché. Il convient d'augmenter la durée de balayage en fonction des réductions de la largeur de bande vidéo, afin de maintenir l'étalonnage de l'amplitude. Pour ces mesures, le récepteur de mesure doit être utilisé dans le mode linéaire du détecteur. Une fois la détection linéaire réalisée, le signal peut faire l'objet d'un traitement logarithmique en vue d'un affichage; dans ce cas, la valeur est corrigée même s'il s'agit du logarithme du signal détecté linéairement.

Le mode d'affichage logarithmique en amplitude peut être utilisé, par exemple pour distinguer plus facilement les signaux à bande étroite de ceux à large bande. La valeur affichée est la moyenne de l'enveloppe du signal en fréquence intermédiaire déformé logarithmiquement. Un mode d'affichage logarithmique en amplitude génère une atténuation des signaux à large bande plus importante qu'en mode de détection linéaire, sans affecter l'affichage des signaux à bande étroite. Le filtrage vidéo en mode logarithmique est donc particulièrement utile pour estimer la composante à bande étroite dans un spectre qui contient les deux.

B.10 Sensibilité

La sensibilité peut être augmentée par une préamplification RF à faible bruit placée avant l'analyseur de spectre. Il convient de pouvoir régler le niveau du signal d'entrée de l'amplificateur avec un atténuateur, afin d'évaluer la linéarité du système global, pour le signal examiné.

La sensibilité à des émissions à bande extrêmement large, nécessitant une grande atténuation RF pour la linéarité du système, est augmentée par des filtres de présélection RF placés avant l'analyseur de spectre. Les filtres réduisent l'amplitude de crête des émissions à large bande, ce qui permet d'utiliser moins d'atténuation RF. Ces filtres peuvent être également nécessaires pour rejeter ou atténuer de forts signaux hors bande et les produits d'intermodulation qu'ils provoquent. Si l'on utilise ce type de filtres, il convient de les étalonner avec des signaux à large bande.

B.11 Précision en amplitude

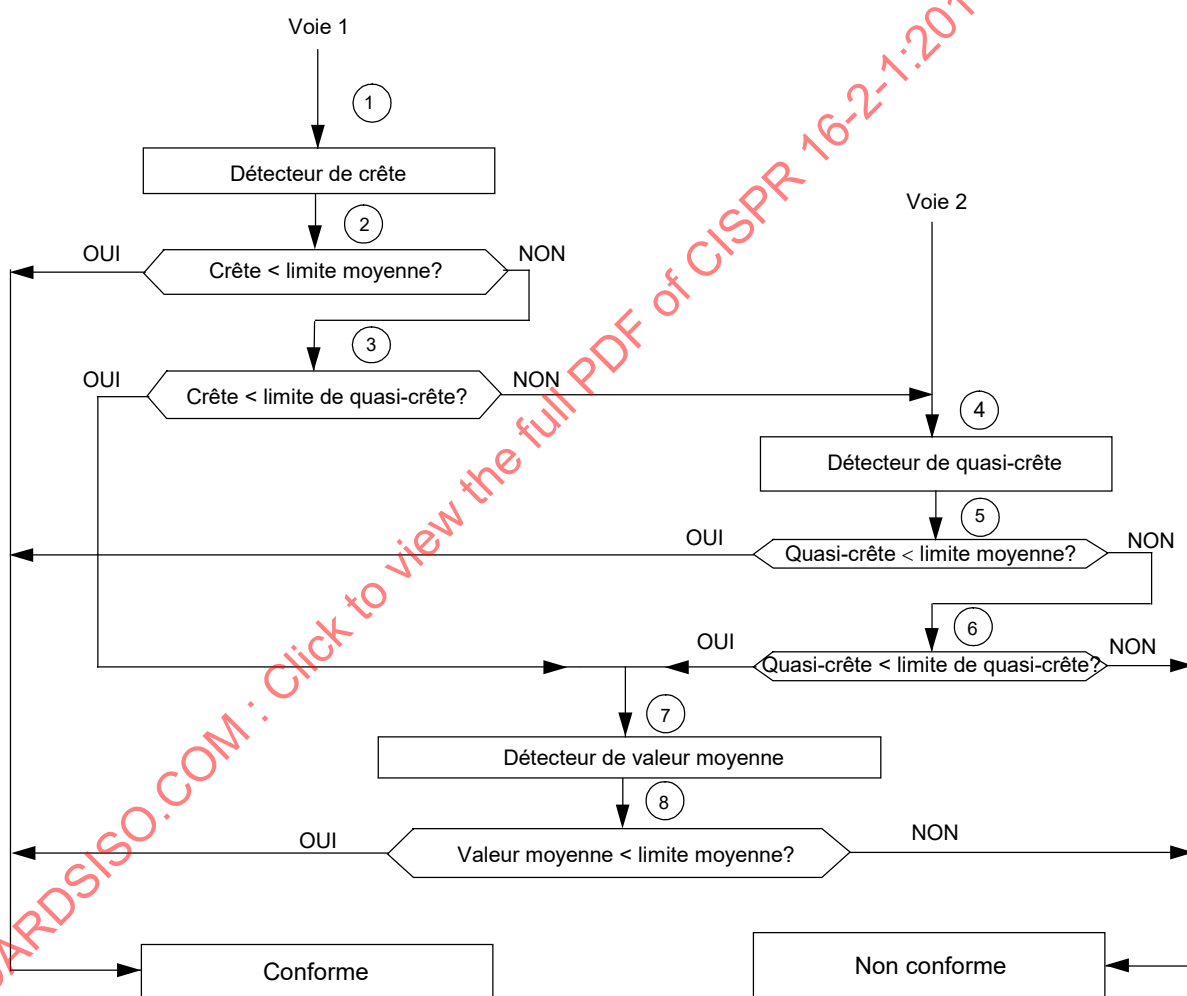
La précision d'amplitude d'un analyseur de spectre ou d'un récepteur de mesure à balayage peut être vérifiée à l'aide d'un générateur de signal, d'un wattmètre et d'un atténuateur de précision. Les caractéristiques de ces instruments, les affaiblissements de câble et de désadaptation sont tenus d'être analysés afin d'estimer les erreurs lors de l'essai de vérification.

Annexe C (informative)

Arbre de décision pour l'utilisation des détecteurs pour les mesures des perturbations conduites

NOTE L'Annexe C complète les dispositions de l'Article 6.

L'arbre de décision et le texte suivants donnent des indications pour les critères réussite/échec et l'utilisation des détecteurs pour les mesures des perturbations conduites lorsque la norme de produits exige d'effectuer les mesures avec les deux détecteurs, de quasi-crête et de valeur moyenne. Pour effectuer ces mesures de façon efficace, la voie 1 de la Figure C.1 montrant l'utilisation du détecteur de crête est recommandée.



IEC 0880/14

**Figure C 1 – Arbre de décision pour l'optimisation de la durée des mesures
des perturbations conduites avec les détecteurs de crête,
de quasi-crête et de valeur moyenne**

Pour que le matériel en essai soit conforme, il convient que les perturbations conduites mesurées respectent à la fois les limites en valeur de quasi-crête et en valeur moyenne. Les essais peuvent être effectués en utilisant soit la voie 1, soit la voie 2; toutefois, pour optimiser la durée des mesures des perturbations conduites, la voie 1 est recommandée. La voie 2,

partant de la mesure de quasi-crête, est plus lente lorsque la conformité avec la limite de quasi-crête peut déjà être déterminée à partir d'une mesure de crête.

- 1) Commencer la mesure avec le détecteur de crête pour une mesure rapide.
- 2) Comparer le niveau de perturbation de crête à la limite en valeur moyenne.
Si les émissions sont supérieures à la limite: passer à l'étape 3).
Si les émissions sont inférieures à la limite: le matériel en essai est conforme.
- 3) Comparer le niveau de perturbation de crête à la limite en quasi-crête.
Si les émissions sont supérieures à la limite: passer à l'étape 4).
Si les émissions sont inférieures à la limite: passer à l'étape 7).
- 4) Mesure avec le détecteur de quasi-crête.
- 5) Comparer le niveau de perturbation de quasi-crête à la limite en valeur moyenne.
Si les émissions sont supérieures à la limite: passer à l'étape 6).
Si les émissions sont inférieures à la limite: le matériel en essai est conforme.
- 6) Comparer le niveau de perturbation de quasi-crête à la limite de quasi-crête.
Si les émissions sont supérieures à la limite: le matériel en essai n'est pas conforme.
Si les émissions sont inférieures à la limite: passer à l'étape 7).
- 7) Mesure avec le détecteur de valeur moyenne.
- 8) Comparer le niveau de perturbation en valeur moyenne à la limite en valeur moyenne.
Si les émissions sont supérieures à la limite: le matériel en essai n'est pas conforme.
Si les émissions sont inférieures à la limite: le matériel en essai est conforme.

Lorsque l'on utilise un balayage en fréquence pendant la mesure de crête, il convient de régler la vitesse de balayage de l'analyseur de spectre ou du récepteur afin de ne pas dépasser la vitesse maximale donnée dans l'Annexe B.

Annexe D (informative)

Vitesses de balayage et temps de mesure utilisables avec le détecteur de valeur moyenne

D.1 Généralités

L'Annexe B est destinée à donner des lignes directrices concernant la sélection des temps de mesure et des vitesses de balayage lorsque l'on mesure les perturbations impulsives à l'aide du détecteur de valeur moyenne.

Le détecteur de valeur moyenne est utilisé dans les cas de figure suivants:

- a) pour supprimer les bruits impulsifs et ainsi améliorer la mesure des composantes à ondes entretenues dans des signaux perturbateurs à mesurer;
- b) pour supprimer la modulation d'amplitude (AM) afin de mesurer le niveau de la porteuse des signaux modulés en amplitude;
- c) pour indiquer le relevé de crête pondéré des perturbations intermittentes, instables ou variables à bande étroite en utilisant un contrôleur de période normalisé.

La CISPR 16-1-1 définit le récepteur de mesure de valeur moyenne pour la gamme de fréquences de 9 kHz à 1 GHz.

Afin de sélectionner la largeur de bande vidéo appropriée et la vitesse de balayage correspondante ou le temps de mesure correspondant, les considérations suivantes s'appliquent.

D.2 Suppression des perturbations impulsives

D.2.1 Généralités

La durée d'impulsion T_p de la perturbation impulsive est souvent déterminée par la largeur de bande FI B_{res} : $T_p = 1/B_{res}$. Pour la suppression d'un tel bruit, le facteur de suppression a est alors déterminé par la largeur de bande vidéo $B_{vidéo}$ relative à la largeur de bande FI: $a = 20 \lg (B_{res}/B_{vidéo})$. $B_{vidéo}$ est déterminée par la largeur de bande du filtre passe-bas suivant le détecteur d'enveloppe. Pour les impulsions plus grandes, le facteur de suppression sera inférieur à a . La durée minimale du balayage $T_{s \min}$ (et la vitesse de balayage maximale $R_{s \max}$) sont déterminées en utilisant:

$$T_{s \min} = (k \times \Delta f) / (B_{res} \times B_{vidéo}) \quad (D.1)$$

$$R_{s \max} = \Delta f / T_{s \min} = (B_{res} \times B_{vidéo}) / k \quad (D.2)$$

où Δf est l'intervalle de fréquences et k est un facteur de proportionnalité qui dépend de la vitesse du récepteur de mesure.

Pour les durées de balayage plus longues, k est très proche de 1. Si une largeur de bande vidéo de 100 Hz est sélectionnée, les vitesses de balayage maximales et les facteurs de suppression d'impulsion du Tableau D.1 seront obtenus.

Cette suppression peut s'appliquer aux normes de produits faisant appel à des limites de quasi-crête et à des limites moyennes dans les bandes B (et C) si de courtes impulsions sont prévues dans le signal de perturbation. La conformité du matériel en essai avec les deux

limites doit être démontrée. Si la fréquence de répétition d'impulsions est supérieure à 100 Hz et si la perturbation impulsive ne dépasse pas la limite de quasi-crête, les impulsions courtes sont alors suffisamment supprimées pour la détection de la valeur moyenne qui possède une largeur de bande vidéo de 100 Hz.

Tableau D 1 – Facteurs de suppression d'impulsion et vitesses de balayage pour une largeur de bande vidéo de 100 Hz

	Bande A	Bande B	Bandes C et D
Gamme de fréquences	9 kHz à 150 kHz	150 kHz à 30 MHz	30 MHz à 1 000 MHz
Largeur de bande FI B_{res}	200 Hz	9 kHz	120 kHz
Largeur de bande vidéo $B_{vidéo}$	100 Hz	100 Hz	100 Hz
Vitesse de balayage maximale	17,4 kHz/s	0,9 MHz/s	12 MHz/s
Facteur de suppression maximale	6 dB	39 dB	61,5 dB

D.2.2 Suppression de la perturbation impulsive par moyennage numérique

La détection de valeur moyenne peut être effectuée en moyennant numériquement l'amplitude du signal. Un effet de suppression équivalent peut être obtenu si le temps d'intégration est égal à l'inverse de la largeur de bande du filtre vidéo. Dans ce cas, le facteur de suppression est $a = 20 \lg (T_{av} \times B_{res})$, où T_{av} est la durée d'intégration (ou le temps de mesure) à une certaine fréquence. En conséquence, un temps de mesure de 10 ms génère le même facteur de suppression que la largeur de bande vidéo de 100 Hz. Le moyennage numérique a l'avantage de posséder un temps de retard nul, lorsqu'il passe d'une fréquence à une autre. D'un autre côté, pour le moyennage d'une certaine fréquence de répétition d'impulsions f_p , le résultat peut varier selon que n ou $n+1$ impulsions sont moyennées. Cet effet est inférieur à 1 dB, si $T_{av} \times f_p > 10$.

D.3 Suppression de la modulation d'amplitude

Afin de mesurer la porteuse d'un signal modulé, la modulation est supprimée par un signal moyenné sur un temps suffisamment long ou en utilisant un filtre vidéo d'une atténuation suffisante à la fréquence la plus basse. Si f_m est la fréquence de modulation la plus basse et si l'erreur de mesure maximale due à la modulation à 100 % est limitée à 1 dB, alors il convient que le temps de mesure T_m soit $T_m = 10 / f_m$.

D.4 Mesure des perturbations à bande étroite légèrement intermittentes, instables ou variables

Dans la CISPR 16-1-1, la réponse aux perturbations à bande étroite, intermittentes, instables ou variables est définie en utilisant un relevé de crête avec des contrôleurs de période de 160 ms (pour les bandes A et B) et de 100 ms (pour les bandes C et D). Ces constantes de temps correspondent respectivement à des largeurs de bande de filtre vidéo du second ordre de 0,64 Hz ou 1 Hz. Pour obtenir des mesures correctes, ces largeurs de bandes nécessiteraient des temps de mesure très longs (voir le Tableau D.2).

Cependant, cela s'applique uniquement aux fréquences de répétition de l'impulsion inférieures ou égales à 5 Hz. Pour toutes les fréquences de modulation et les largeurs d'impulsions supérieures, des largeurs de bande de filtre vidéo supérieures peuvent être utilisées (voir D.2.1). Les Figures D.1 et D.2 montrent la fonction de pondération d'une impulsion d'une durée de 10 ms, possédant une fréquence de répétition d'impulsions f_p , un contrôleur de période de 160 ms pour la Figure D.1 et un contrôleur de période de 100 ms pour la Figure D.2, avec ("CISPR AV") représentant le relevé de crête et ("AV") représentant la valeur moyenne vraie.

Les Figures D.1 et D.2 impliquent que la différence entre la valeur moyenne et la valeur de crête avec ("CISPR AV") et sans ("AV") relevé de crête augmente alors que la fréquence de répétition d'impulsions f_p diminue. Les Figures D.3 et D.4 montrent la différence pour $f_p = 1$ Hz en fonction de la largeur d'impulsion

Tableau D.2 – Contrôleurs de période et largeurs de bandes vidéo correspondantes et vitesses de balayages maximales correspondantes

	Bande A	Bande B	Bandes C et D
Gamme de fréquences	9 kHz à 150 kHz	150 kHz à 30 MHz	30 MHz à 1 000 MHz
Largeur de bande FI B_{res}	200 Hz	9 kHz	120 kHz
Contrôleur de période	160 ms	160 ms	100 ms
Largeur de bande vidéo $B_{vidéo}$	0,64 Hz	0,64 Hz	1 Hz
Vitesse de balayage maximale	8,9 s/kHz	172 s/MHz	8,3 s/MHz

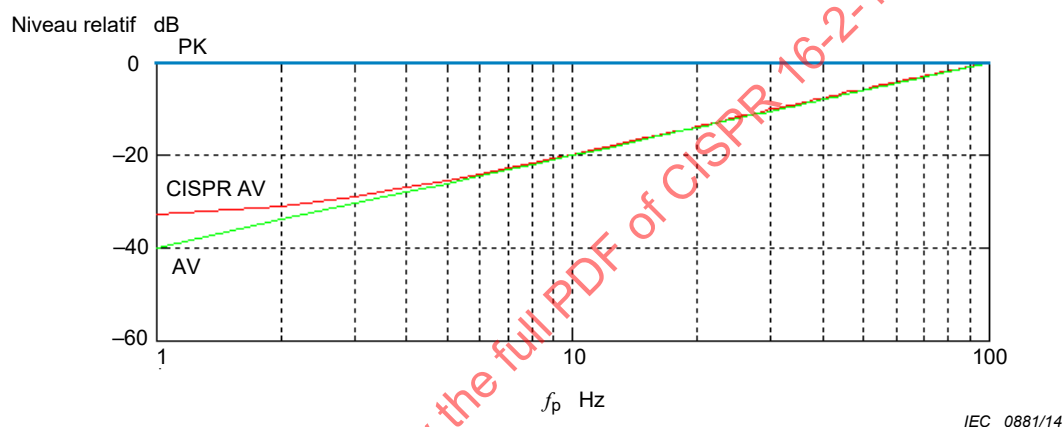


Figure D.1 – Fonction de pondération d'une impulsion de 10 ms pour des détections de valeurs de crête ("PK") et moyennes avec ("CISPR AV") ou sans ("AV") relevé de crête; avec un contrôleur de période de 160 ms

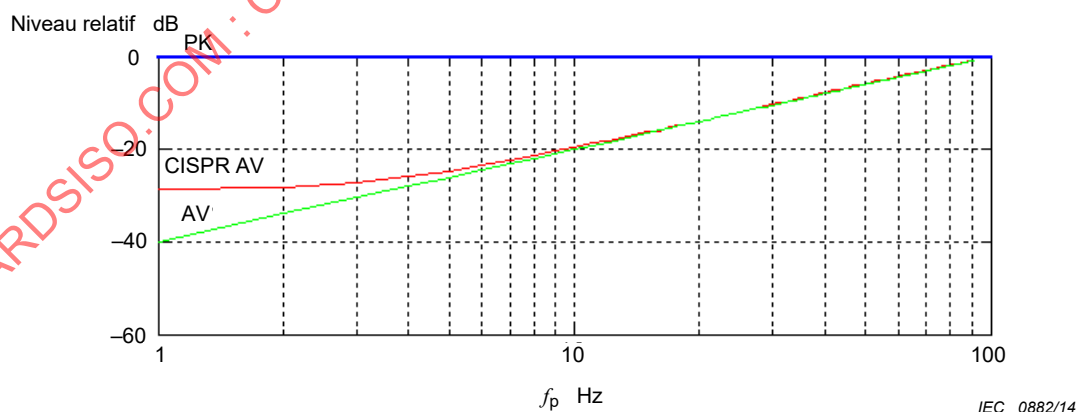


Figure D.2 – Fonctions de pondération d'une impulsion de 10 ms pour des détections de valeurs de crête ("PK") et moyennes avec ("CISPR AV") ou sans ("AV") relevé de crête; avec un contrôleur de période de 100 ms

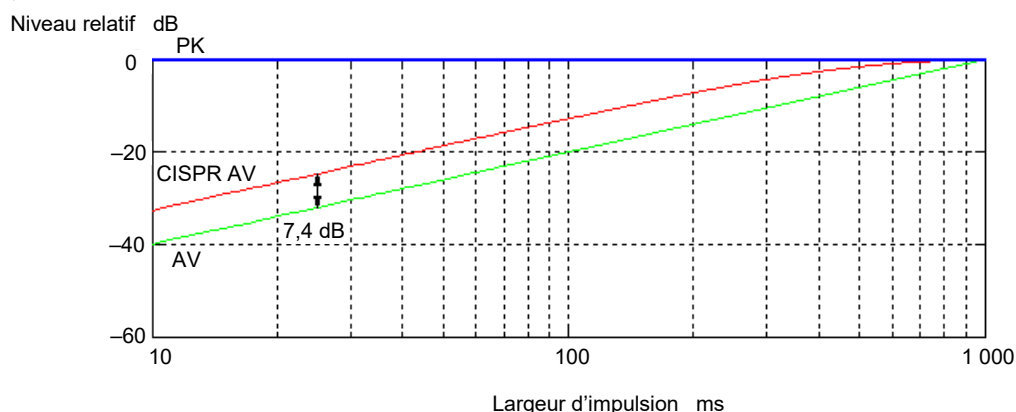


Figure D.3 – Exemple de fonctions de pondération (d’une impulsion de 1 Hz) pour des détections de valeurs de crête («PK») et moyennes en fonction de la largeur d’impulsion; avec un contrôleur de période de 160 ms

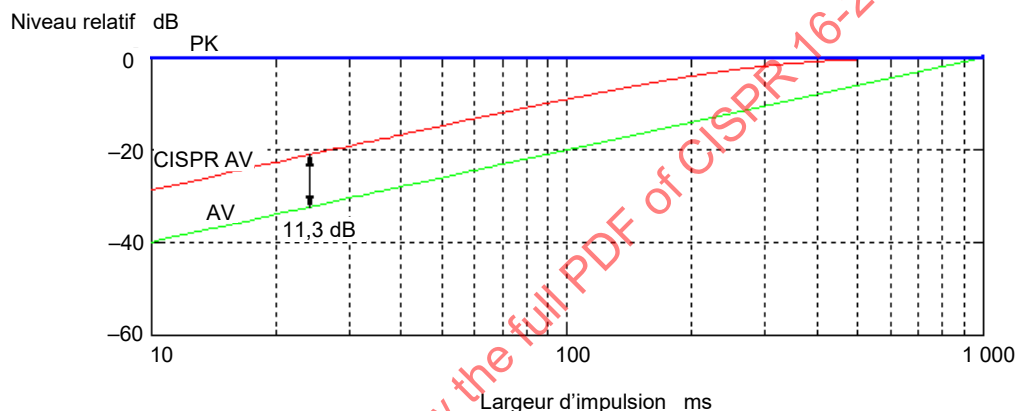


Figure D.4 – Exemple de fonctions de pondération (d’une impulsion de 1 Hz) pour des détections de valeurs de crête («PK») et moyennes en fonction de la largeur d’impulsion; avec un contrôleur de période de 100 ms

D.5 Mode opératoire recommandé pour les mesures automatiques ou semi-automatiques

Lorsque l’on mesure des matériels en essai qui n’émettent pas de perturbations à bande étroite légèrement intermittentes, instables ou variables, il est recommandé de les mesurer avec le détecteur de valeur moyenne et en utilisant une largeur de bande du filtre vidéo, par exemple de 100 Hz, c’est-à-dire un temps de moyennage bref pendant la procédure de prébalayage. Pour les fréquences dont la perturbation est proche de la limite de moyennage, il est recommandé d’effectuer une mesure finale en utilisant une largeur de bande du filtre vidéo plus étroite, c’est-à-dire un temps de moyennage plus long. (Pour le mode opératoire de mesure de prébalayage/finale, voir également l’Article 8 de la présente norme).

Pour des perturbations à bande étroite, intermittentes, instables ou variables, la solution préférentielle est de réaliser les mesures manuellement.

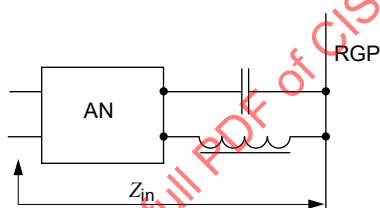
Annexe E (informative)

Lignes directrices pour l'amélioration du montage d'essai avec des réseaux fictifs (AN)

E.1 Vérification in situ de l'impédance d'un AN et du facteur de division en tension

Afin de réduire au minimum les résonances de la mise à la masse de l'AN, il est recommandé de vérifier in situ l'impédance de l'AN (si un analyseur de réseaux vectoriel est disponible) et/ou le facteur de division en tension (VDF). Ceci peut être réalisé en mesurant ces paramètres par rapport au RGP au lieu de les mesurer par rapport à la connexion de masse de l'AN proprement dit. On peut trouver une description de la mesure du facteur VDF dans la CISPR 16-1-2.

Si l'AN est relié au RGP au moyen d'une liaison de masse ayant une inductance significative qui apparaît parallèlement à la capacité de l'enveloppe de l'AN par rapport au plan de masse, il peut en résulter une résonance parallèle dans la gamme de fréquences inférieures à 30 MHz (voir la Figure E.1)



IEC 0885/14

**Figure E 1 – Résonance parallèle de la capacité de l'enveloppe
et de l'inductance de liaison de masse**

Des solutions peuvent être trouvées en utilisant des mesures in situ de l'impédance et du facteur VDF, comme cela est représenté à la Figure E.2 où un AMN a été utilisé comme exemple d'AN. L'impédance de l'AMN est représentée à la Figure E.3 et le facteur VDF à la Figure E.4. Dans cet exemple, l'AMN a été connecté à un plan de masse de référence vertical, monté sur paroi, pour obtenir une distance de 40 cm entre le centre de la fiche d'alimentation et ledit plan de masse de référence comme exigé spécifiquement par la Figure 11, mais de manière générale également dans d'autres configurations d'essai. Les mesures de l'impédance dans l'AMN ont été réalisées:

- en référence à la masse de mesure en face avant (voir la Figure E.2),
- en référence à la masse de mesure sur la tôle de mise à la masse (voir la Figure E.2) et
- en référence au plan de masse de référence vertical (voir la Figure E.5). Dans ce cas, il est important d'utiliser une masse de mesure à faible impédance.

Il n'y a pas de différence d'impédance entre les cas a) et b). Ce n'est que pour le cas c) que la phase présente une augmentation significative à 30 MHz, là où l'effet sur le facteur VDF est de l'ordre de 0,7 dB. Les résultats de mesurage sont présentés à la Figure E.6.

L'augmentation de phase à une fréquence de 30 MHz est due à la fois à la longueur de la plaque de la connexion et à celle de la plaque de masse de mesure. L'impédance idéale s'achève à 50 Ω (c'est-à-dire au centre du diagramme de Smith). Ni l'impédance ni le facteur VDF ne présentent de résonances.

À la Figure E.7, le facteur VDF est représenté pour une connexion de masse avec résonances comme à la Figure E.1.

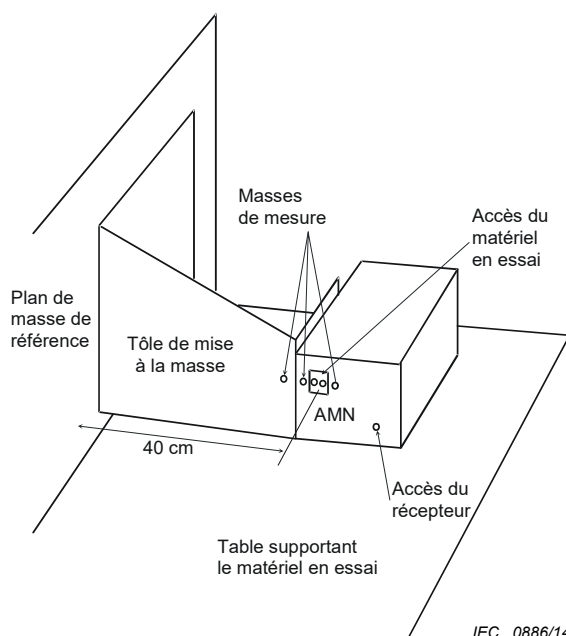


Figure E.2 – Connexion d'un AMN au RGP au moyen d'une tôle large, pour réaliser une mise à la masse à faible inductance

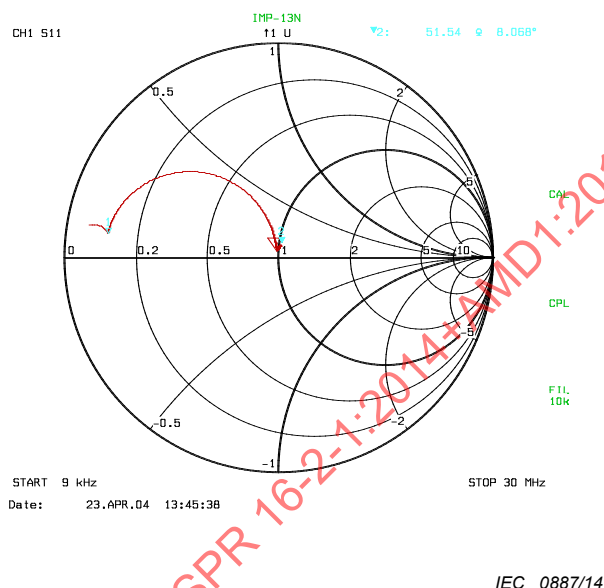
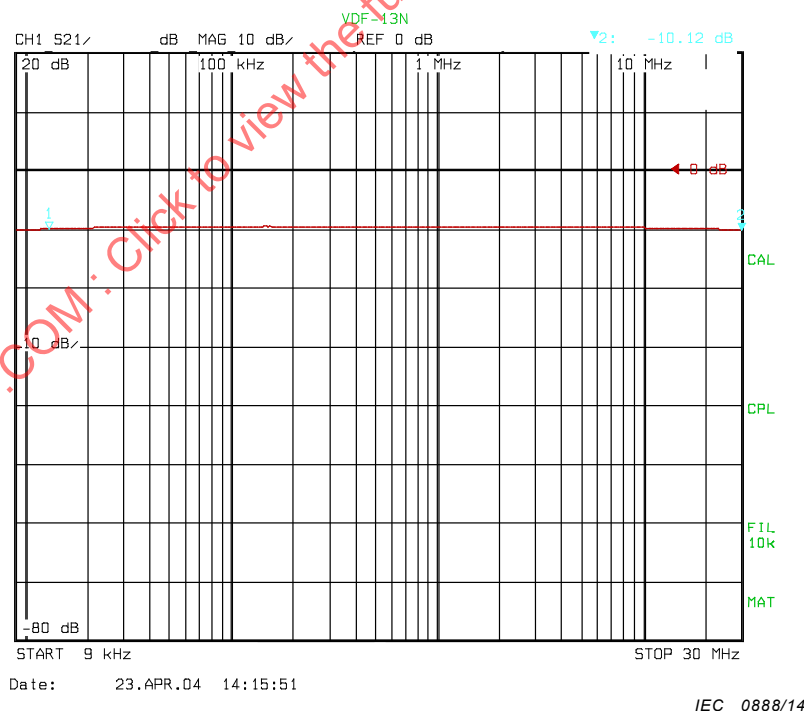
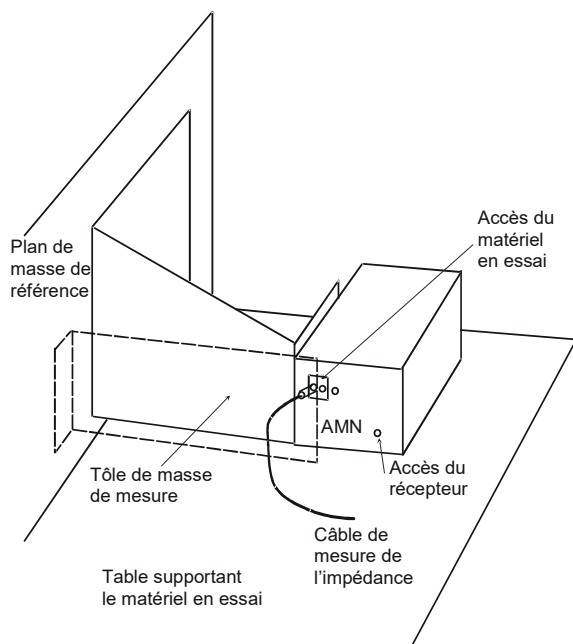


Figure E.3 – Impédance mesurée avec la disposition de la Figure E.2, en référence à la fois à la masse en face avant et à la tôle de mise à la masse

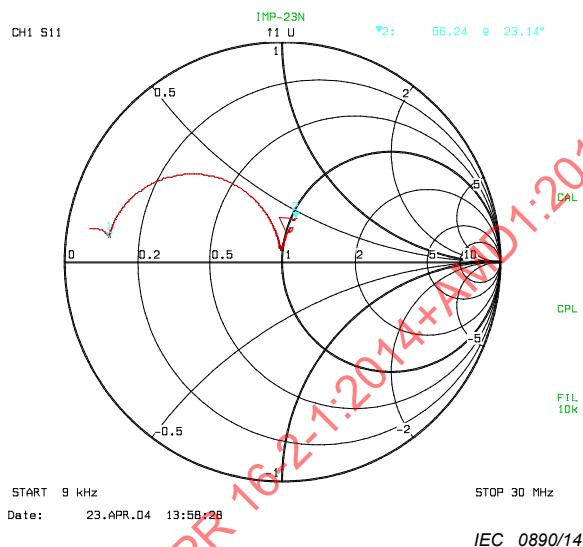


L'AMN utilisé a une réponse plate en fréquence du facteur VDF, qui peut être différente pour d'autres AMN.

Figure E.4 – Facteur VDF dans la configuration de la Figure E.2, mesuré en référence à la masse en face avant et à la tôle de mise à la masse



IEC 0889/14



La masse du câble de mesure de l'impédance est connectée à la tôle de mise à la masse de mesure, tandis que le conducteur interne est connecté à la broche d'accès du matériel en essai.

Figure E.5 – Disposition montrant la tôle de mise à la masse de mesure (représentée en pointillés) de l'impédance en référence au RGP

Figure E.6 – Impédance mesurée avec la disposition de la Figure E.5, en référence au RGP

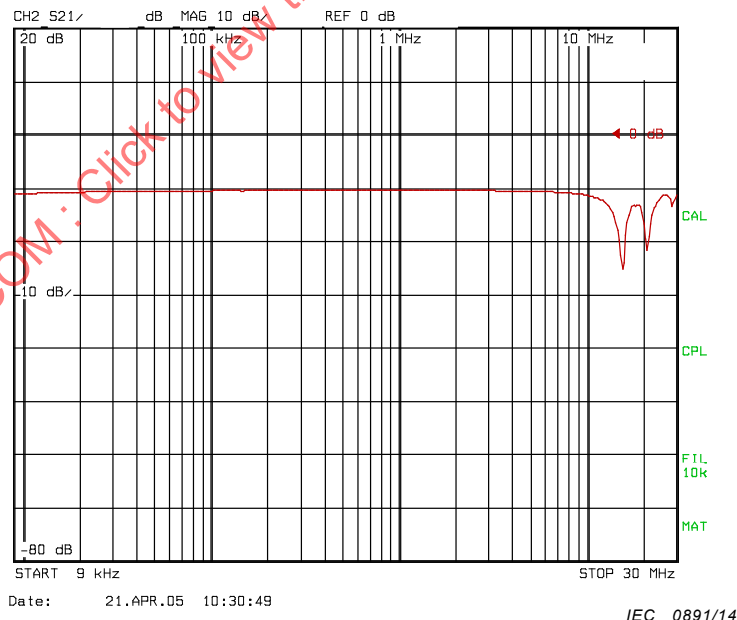


Figure E.7 – Facteur VDF mesuré avec des résonances parallèles dans la mise à la masse de l'AMN

E.2 Bobines PE et absorbeurs de courant de gaine pour la suppression des boucles de masse

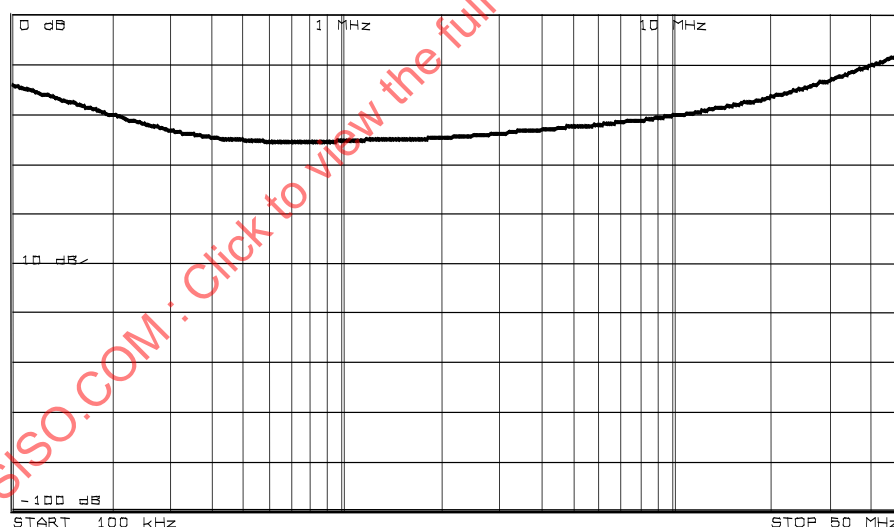
Pour supprimer les effets des boucles de masse, il est recommandé d'enrouler les câbles coaxiaux autour de bagues en ferrite afin de constituer un absorbeur de courant de gaine.

La Figure E.8 illustre l'atténuation d'un absorbeur de courant de gaine ayant les caractéristiques suivantes:

Matériau:	N30; $\mu_i = 5\,400$ nH
Dimension:	Noyau toroïdal 58 mm de 40 mm par 17 mm
Nombre de tours:	20 (extrémités de câble avec connecteurs BNC)

Les mesures peuvent être effectuées sur le montage d'essai de la Figure E.9. Le matériel en essai est un conducteur enroulé sur le noyau décrit ci-dessus, ou élément similaire. Il peut également être constitué de deux circuits à haute impédance pour le courant de gaine, avec une connexion à la masse entre eux, pour une perte d'insertion élevée.

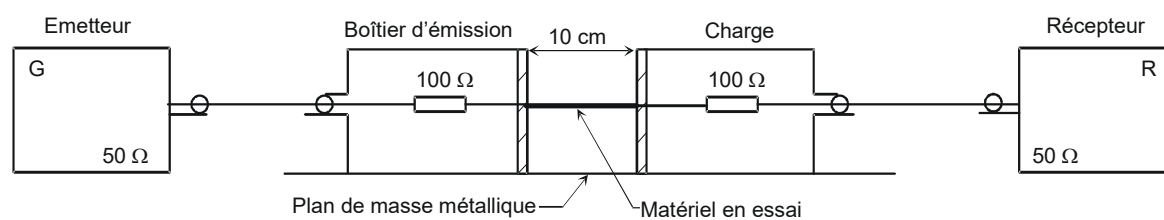
L'émetteur et le récepteur peuvent être remplacés par un analyseur de réseau. Les résistances dans la boîte d'émission et la boîte de chargement peuvent être remplacées par d'autres valeurs pour un système ayant une impédance plus élevée ou plus faible. Comme référence de l'atténuation, le matériel en essai est remplacé par un simple fil (comme illustré à la Figure E.9). Le dispositif de mesure peut être remplacé par celui utilisé avec l'étalonnage SOLT de vérification des dispositifs d'absorption en mode commun (CMAD, voir CISPR 16-1-4 [2] et CISPR 16-3 [4]).



IEC 0892/14

Atténuation engendrée par l'absorbeur de courant de gaine, constitué d'un noyau toroïdal avec 20 tours de câble, mesurée au moyen du montage d'essai décrit à la Figure E.9 (système à 150 Ω). Une atténuation de 20 dB signifie que l'impédance du suppresseur de courant de gaine est de l'ordre de 1 500 Ω .

Figure E.8 – Atténuation d'un absorbeur de courant de gaine mesuré dans un dispositif d'essai de 150 Ω



IEC 0893/14

Figure E.9 – Dispositif de mesure de l'atténuation due aux bobines PE et aux absorbeurs de courant de gaine

STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of CISPR 16-2-1:2014+AMD1:2017 CSV

Annexe F (normative)

Détermination de l'adéquation des analyseurs de spectre à des essais de conformité

L'utilisateur d'un analyseur de spectre doit être capable de démontrer, soit par les spécifications du fabricant soit par une mesure, que l'analyseur satisfait aux exigences de détection de quasi-crête pour des fréquences de répétition d'impulsion supérieures à 20 Hz dans la gamme de fréquences utilisée. Pour le détecteur de valeur moyenne, la réponse aux impulsions est indiquée au 6.5 de la CISPR 16-1-1:2010.

Étant donné que la mesure de la fréquence de répétition d'impulsions d'une perturbation peut ne pas toujours être possible, une méthode simple pour confirmer la validité de la mesure de quasi-crête doit être appliquée lorsqu'on utilise un analyseur de spectre. Cette méthode est basée sur une comparaison des résultats de mesurage avec les détecteurs de crête et de quasi-crête. D'après les fonctions de pondération en quasi-crête, les différences d'amplitude représentées dans le Tableau F.1 sont les résultats de mesurage d'un signal avec une fréquence de répétition d'impulsions de 20 Hz.

La mesure de comparaison est à effectuer à des fréquences de signal qui présentent des amplitudes proches de la limite applicable dans une détection de quasi-crête. Si la différence entre l'amplitude détectée de crête et de quasi-crête est plus petite que la valeur indiquée dans le Tableau F.1, la mesure de quasi-crête est valide et le résultat obtenu avec un analyseur de spectre peut être utilisé pour démontrer la conformité. Si la différence d'amplitude est plus grande que les valeurs indiquées dans le Tableau F.1, un récepteur de mesure satisfaisant complètement aux exigences de faible PRF de l'Article 4 de la CISPR 16-1-1:2010 doit être utilisé pour la mesure de quasi-crête à la place d'un analyseur de spectre. Cette mesure de comparaison nécessite un rapport signal-bruit adéquat pour obtenir des résultats corrects.

**Tableau F 1 – Différence d'amplitude maximale entre
les signaux détectés de crête et de quasi-crête**

Bande A	Bande B	Bande C/D
7 dB	13 dB	21 dB

Annexe G (informative)

Recommandations de base concernant les mesures sur les accès de télécommunication

G.1 Limites

La limite de tension perturbatrice (ou de courant perturbateur) est définie pour une impédance de charge TCM de 150 Ω (telle qu'elle est vue par le matériel en essai au niveau de l'accès du matériel auxiliaire au cours de la mesure). Cette normalisation est nécessaire afin d'obtenir des résultats de mesurage reproductibles, indépendamment de l'impédance TCM non définie au niveau du matériel auxiliaire et du matériel en essai.

NOTE 1 Les perturbations de mode commun provenant du signal utile peuvent être contrôlées à l'étape de conception à l'aide de la technologie de l'interface en tenant dûment compte des facteurs expliqués dans la CISPR/TR 16-3.

En général, l'impédance TCM vue par le matériel en essai au niveau du raccordement au matériel auxiliaire n'est pas définie, à moins qu'un AAN/CDN ne soit utilisé. Si du matériel auxiliaire est situé à l'extérieur de la cage de Faraday, l'impédance TCM vue par le matériel en essai au niveau de l'accès du matériel auxiliaire peut être déterminée par l'impédance TCM du filtre de traversée de panneau entre le dispositif de mesure et l'environnement extérieur. Un filtre de type IIa a une impédance TCM faible, tandis qu'un filtre de type T a une impédance TCM élevée.

NOTE 2 Les CDN sont décrits dans la IEC 61000-4-6 [9].

Il n'existe pas de AAN/CDN (réseau fictif d'alimentation/réseau de couplage et de découplage) pour tous les types de câbles utilisés par les matériels en essai. Il est par conséquent également nécessaire de définir des méthodes alternatives d'essai qui n'utilisent pas de AAN/CDN (par exemple, des méthodes d'essai "non invasives").

Seul le câble relié à l'accès évalué du matériel en essai est représenté sur les figures de l'Annexe H propres aux spécificités de mesurage. Normalement, il y a plusieurs autres câbles (ou accès) présents au niveau du matériel en essai. Dans la plupart des cas, on trouve au moins la connexion aux bornes d'alimentation. L'impédance TCM de ces autres connexions (y compris une connexion de masse éventuelle) et la présence ou l'absence de ces connexions au cours de l'essai peuvent influencer le résultat de mesurage de façon significative, en particulier pour les petits matériels en essai. Par conséquent, il convient que l'impédance TCM des connexions non soumises à la mesure soit définie au cours de l'essai sur les petits matériels. Il est suffisant de disposer, en plus de l'accès en essai, d'au moins 2 accès supplémentaires raccordés sur une impédance TCM de 150 Ω (normalement en utilisant un AAN ou un CDN avec l'accès de mesure RF terminé par une charge de 50 Ω) pour réduire cette influence à une quantité négligeable.

Il convient que les dispositifs de couplage des paires symétriques non blindées simulent également l'ACL (affaiblissement de conversion longitudinale) type de la catégorie de câblage la plus basse (ACL le plus défavorable) spécifiée pour l'accès de télécommunication soumis à essai. Le but de cette exigence est de tenir compte de la transformation du signal symétrique en un signal CM (de mode commun) susceptible de contribuer au rayonnement lorsque le matériel en essai est utilisé en conditions réelles. L'asymétrie de conception intentionnelle de l'AAN a pour but d'obtenir l'ACL spécifié. Cette asymétrie peut accroître ou annuler l'asymétrie du matériel en essai. Dans l'intérêt de la détermination des émissions dans le cas le plus défavorable et de l'optimisation de la répétabilité des essais, il convient par conséquent d'envisager de reproduire les essais avec le déséquilibre d'ACL pour chaque conducteur d'une paire symétrique lorsqu'on utilise un AAN approprié.

Étant donné que le déséquilibre de chaque paire symétrique peut contribuer au nombre total des perturbations conduites de mode commun, il convient de tenir compte de toutes les combinaisons de déséquilibre sur toutes les paires symétriques. Pour une simple paire symétrique, l'impact sur l'essai est relativement mineur, c'est-à-dire que les deux fils sont inversés. Toutefois, pour deux paires symétriques, le nombre de combinaisons de charge de ACL est de quatre (c'est-à-dire quatre configurations d'essai). Pour quatre paires symétriques, le nombre de combinaisons de charge augmente jusqu'à seize. De tels nombres ont un impact significatif sur la durée d'un essai et la documentation de l'essai. Il convient d'effectuer un tel essai avec soin et de le documenter convenablement s'il est mis en œuvre.

L'accès de mesure RF d'un AAN/CDN qui n'est pas relié au récepteur de mesure doit être raccordé à une charge de 50 Ω .

Le Tableau G.1 résume les avantages et les inconvénients des méthodes de mesure décrites à l'Annexe H.

Tableau G 1 – Résumé des avantages et des inconvénients des méthodes décrites dans les paragraphes spécifiques de l'Annexe H

	Paragraphe H.5.2 (AAN)	Paragraphe H.5.3 (charge de 150 Ω et blindage de câble)	Paragraphe H.5.4 (sonde de courant et sonde de tension capacitive (CVP))
Avantages	Incertitude de mesure la plus faible (Possible seulement si des AAN/CDN avec des propriétés de transmission appropriées sont disponibles) La ACL doit être connue et prise en compte	– Non invasive (sauf pour le retrait de l'isolation du câble blindé) – Toujours applicable aux câbles blindés – Faible incertitude de mesure pour les fréquences supérieures	Non invasive
Inconvénients	– Non applicable dans tous les cas (nécessite des AAN/CDN appropriés) – Invasive (nécessite des connexions de câble appropriées) – Nécessite un AAN/CDN individuel pour chaque type de câble (ayant pour conséquence un grand nombre d'AAN/CDN différents) – Aucune isolation par rapport aux signaux symétriques de l'AE n'est fournie par un AAN	– Augmentation de l'incertitude de mesure pour les très basses fréquences (< 1 MHz) – Une destruction de l'isolation du câble est nécessaire – Isolation réduite contre les perturbations provenant du côté AE (par rapport à H.5.2) – N'évalue pas le potentiel d'interférence apparaissant en raison de la conversion du signal symétrique en signal de mode commun en raison de l'ACL limité du réseau câblé auquel l'accès de l'EUT sera connecté	– Pas d'isolation contre les perturbations provenant du côté AE (par rapport à H.5.2) – N'évalue pas le potentiel d'interférence apparaissant en raison de la conversion du signal symétrique en signal de mode commun en raison de l'ACL limité du réseau câblé auquel l'accès de l'EUT sera connecté

G.2 Combinaison d'une sonde de courant et d'une sonde de tension capacitive (CVP)

La méthode décrite en H.5.4 présente l'avantage de pouvoir être appliquée d'une manière non invasive à tous les types de câbles. Cependant, sauf si l'impédance TCM vue par le matériel en essai au niveau de la connexion du matériel associé (AE) est égale à 150 Ω , la méthode du H.5.4 donnera généralement un résultat trop élevé, mais jamais trop faible (c'est-à-dire l'estimation du cas le plus défavorable de la perturbation).

G.3 Principes de base concernant la sonde de tension capacitive

Le montage de la Figure H.3 utilise une sonde de tension capacitive pour mesurer la tension en mode commun (CM). Il existe deux approches à la construction d'une sonde de tension capacitive. Avec l'une ou l'autre approche, si une impédance TCM de 150 Ω est présente, la capacité de la sonde de tension capacitive par rapport au câble relié à l'accès évalué du matériel en essai apparaît comme une charge en parallèle avec l'impédance TCM de 150 Ω .

NOTE 1 Une sonde de tension capacitive (CVP) ne simule pas la conversion de mode différentiel en mode commun se produisant dans les réseaux de télécommunication (contrairement à un réseau fictif asymétrique (AAN)), et une CVP ne peut donc pas être utilisée pour mesurer la tension en mode commun converti. Pour la même raison, une combinaison d'une CVP et d'une sonde de courant ne peut pas remplacer l'AAN.

La tolérance d'impédance TCM est de $\pm 20 \Omega$ sur la gamme de fréquences de 0,15 MHz à 30 MHz. Si la charge de la sonde de tension capacitive produit une diminution maximale de l'impédance TCM de 150 Ω à 130 Ω , il convient que la capacité de la sonde de tension capacitive par rapport au câble relié à l'accès évalué du matériel en essai soit inférieure à 5 pF à 30 MHz (c'est-à-dire fréquence dans le cas le plus défavorable). À 30 MHz, 5 pF est une impédance d'approximativement $-j1\,061 \Omega$, qui, en parallèle avec 150 Ω donne une impédance TCM combinée d'approximativement 148 Ω . Se reporter à la Figure G.2 de la CISPR 16-1-2: 2014 pour plus d'informations générales.

La première approche à la construction d'une sonde de tension capacitive consiste à faire de la sonde un dispositif unique basé sur la distance physique par rapport au câble relié à l'accès évalué du matériel en essai pour obtenir la charge inférieure à 5 pF. Ce type de sonde de tension capacitive est décrit au 5.2.2 de la CISPR 16-1-2: 2014.

La deuxième approche à la construction d'une CVP utilise un dispositif à couplage capacitif à proximité immédiate du câble relié à l'accès évalué du matériel en essai (le dispositif est en réalité en contact physique avec l'isolation du câble relié à l'accès évalué du matériel en essai). Une sonde de tension normale pour oscilloscope ayant une impédance supérieure à 10 M Ω , avec une capacité de sonde inférieure à 5 pF, est disposée en série avec le dispositif de couplage capacitif. La théorie est que la capacité de la sonde en série avec la capacité du dispositif de couplage capacitif ne présentera que la capacité de la sonde au câble relié à l'accès évalué du matériel en essai. Dans la pratique, compte tenu des dimensions physiques du dispositif de couplage capacitif, il est possible d'avoir une capacité parasite importante en parallèle avec la capacité de la sonde. Dans ce cas, la charge capacitive totale sera supérieure à celle de la sonde elle-même et l'exigence consistant à avoir une charge inférieure à 5 pF peut ne pas être respectée. Si l'on utilise cette technique, il convient de vérifier la charge capacitive par une mesure, c'est-à-dire de ne pas se baser seulement sur la théorie.

La mesure de capacité peut être effectuée avec tout capacimètre qui peut fonctionner sur la gamme de fréquences de 150 kHz à 30 MHz. La capacité est mesurée entre le câble relié à l'accès évalué du matériel en essai (tous les conducteurs du câble sont connectés ensemble au point de connexion à l'appareil de mesure) et le RGP. Il convient d'utiliser pour la mesure de capacité le même type de câble que celui qui est utilisé pour la mesure de la perturbation conduite.

NOTE 2 L'incertitude de cette méthode est plus faible si la longueur de câble entre le matériel en essai et le matériel associé (AE) est inférieure à 1,25 m. Des câbles d'une longueur significativement supérieure sont sujets aux ondes stationnaires, ce qui peut avoir un effet défavorable sur les mesures de tension et de courant.

G.4 Combinaison de la limite de courant et de la limite de tension

Si l'impédance TCM n'est pas de 150 Ω , la mesure de la tension ou du courant seuls n'est pas acceptable, en raison d'une très grande incertitude de mesure due aux impédances TCM non définies et inconnues. Si toutefois la tension et le courant sont tous deux mesurés avec des limites de courant et de tension appliquées simultanément, le résultat est une estimation du cas le plus défavorable de la perturbation, comme expliqué ci-dessous.

Le circuit de base pour lequel les limites sont définies est représenté à la Figure G.1. Ce circuit est la référence pour laquelle les limites exprimées en termes de courant et de tension sont déterminées; il convient de comparer toute autre mesure à ce circuit de base. À la Figure G.1, Z_1 est un paramètre inconnu du matériel en essai; Z_2 est égale à $150\ \Omega$ dans la mesure de référence.

Si la mesure est effectuée sans spécifier l'impédance TCM vue par le matériel en essai, le circuit simplifié est comme représenté à la Figure G.2, où l'impédance TCM Z_2 vue par le matériel en essai est définie par le matériel associé (AE), et peut avoir une valeur quelconque. Z_1 ainsi que Z_2 sont donc les paramètres inconnus de la mesure.

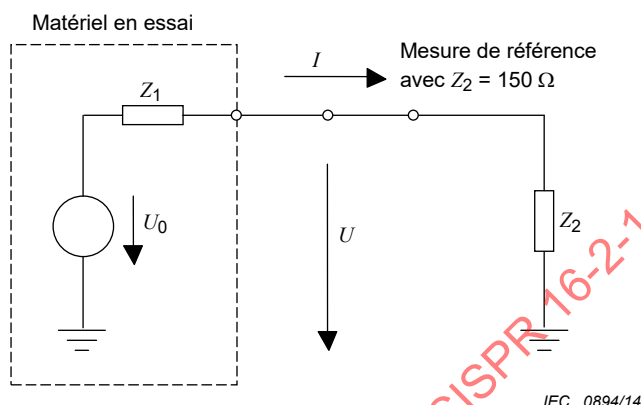


Figure G.1 – Circuit de base pour considérer les limites avec une impédance TCM définie de $150\ \Omega$

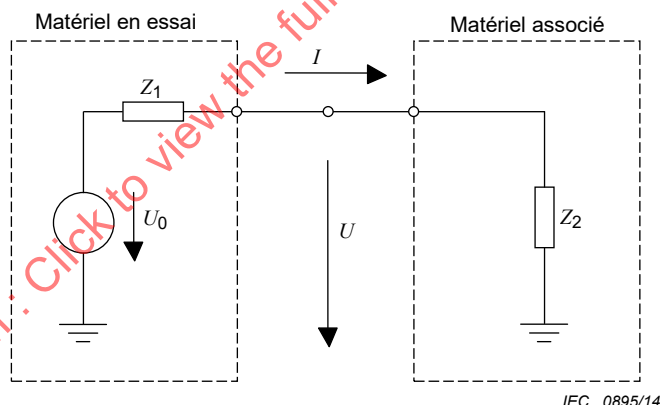


Figure G.2 – Circuit de base pour la mesure avec une impédance TCM inconnue

Si la mesure est effectuée en utilisant le circuit de la Figure G.1, la limite en courant et la limite en tension sont équivalentes. La relation entre le courant et la tension sera toujours de $150\ \Omega$, et on peut utiliser l'un ou l'autre pour déterminer la conformité. Toutefois, tel n'est pas le cas si Z_2 n'est pas égale à $150\ \Omega$ (c'est-à-dire, voir la Figure G.2).

Il est important de noter que la conformité avec la limite n'est pas seulement déterminée par la tension de source U_0 . Il convient que la tension perturbatrice mesurée utilise une Z_2 de $150\ \Omega$, et elle dépend en même temps de Z_1 , Z_2 et de U_0 . Par exemple, pour le montage d'essai de la Figure G.1, la valeur limite de tension peut être atteinte avec un matériel en essai contenant une haute impédance Z_1 et une source de tension élevée U_0 , ou avec une U_0 inférieure combinée avec une impédance inférieure Z_1 .

Dans le cas plus général de la Figure G.2, où Z_2 n'est pas définie, il n'est pas possible de mesurer la valeur exacte de la tension perturbatrice. Étant donné que Z_1 et U_0 ne sont pas connues, il n'est pas possible de déterminer la tension perturbatrice, même si la valeur de Z_2 est connue (ou est mesurée ou calculée à partir de I et U). Si, par exemple, un matériel en essai avec une perturbation supérieure à la limite est évalué en mesurant uniquement la tension dans un montage d'essai avec une faible Z_2 ($Z_2 < 150 \Omega$) côté matériel associé (AE), le matériel en essai est susceptible de toujours sembler conforme aux limites. Par opposition, si le même matériel en essai est mesuré en déterminant uniquement le courant dans un montage d'essai avec une Z_2 élevée (par exemple, en ajoutant des ferrites), le matériel en essai est de nouveau susceptible de sembler conforme aux limites.

On peut toutefois montrer que si la limite de courant et la limite de tension sont appliquées simultanément, un matériel en essai avec des résultats de perturbation dépassant les limites sera toujours identifié en dépassant, soit la limite en courant (si Z_2 est inférieure à 150Ω) soit la limite en tension (si Z_2 est supérieure à 150Ω).

Si l'impédance TCM du matériel associé (AE) (Z_2) diffère de manière significative de 150Ω , il est possible qu'un matériel en essai qui satisferait aux limites s'il est mesuré avec $Z_2 = 150 \Omega$ puisse être estimé comme non conforme. Toutefois, il n'arrivera jamais qu'un matériel en essai qui n'est pas conforme aux limites soit estimé conforme. Une mesure conformément au H.5.4 est donc une estimation de la perturbation dans le cas le plus défavorable. Si un matériel en essai dépasse la limite avec la méthode du H.5.4, il est possible que le matériel en essai soit conforme aux limites s'il pouvait être mesuré avec $Z_2 = 150 \Omega$.

G.5 Réglage de l'impédance TCM avec des ferrites

Dans certains cas (c'est-à-dire si l'impédance TCM du côté du matériel associé (AE) est à l'origine inférieure à 150Ω), il est possible de régler l'impédance en ajoutant des ferrites sur le câble relié à l'accès évalué du matériel en essai. Le paragraphe H.5.5 nécessite une mesure de l'impédance TCM et un réglage des ferrites à chaque fréquence à mesurer, jusqu'à ce que l'impédance TCM soit de $150 \Omega \pm 20 \Omega$. En conséquence, la méthode est relativement compliquée et chronophage si elle est appliquée à tout le spectre de fréquences. Si l'impédance TCM du côté matériel associé (AE) est à l'origine supérieure à 150Ω , il n'existe aucun moyen de réglage de l'impédance à 150Ω en ajoutant des ferrites ou en déplaçant la position des ferrites pour les fréquences inférieures à 30 MHz (on peut utiliser en remplacement d'autres méthodes pour régler l'impédance TCM pour des fréquences spécifiques).

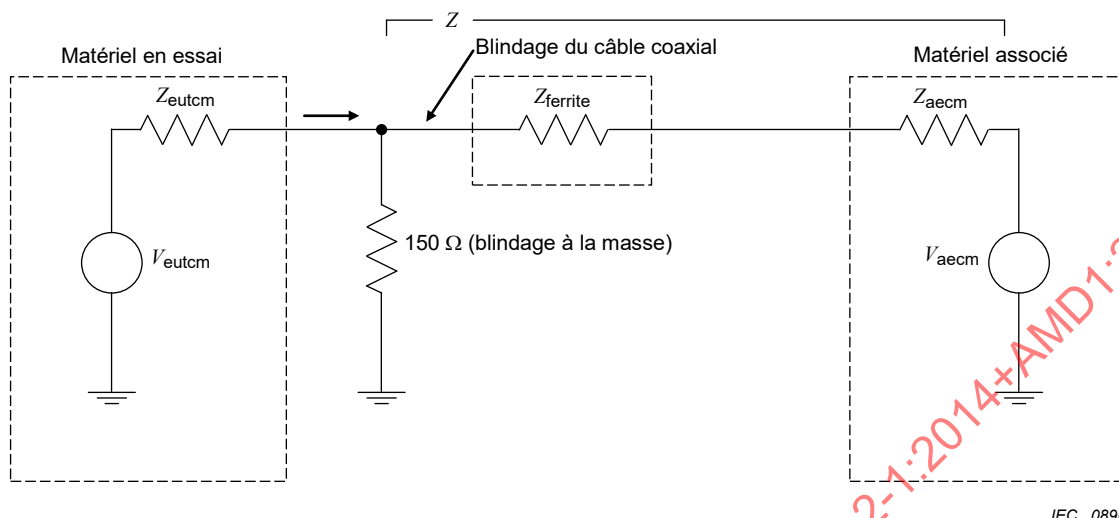
G.6 Spécifications concernant les ferrites utilisées avec les méthodes décrites à l'Annexe H

Le paragraphe H.5.3 définit un montage d'essai pour mesurer la perturbation conduite de mode commun sur le blindage d'un câble coaxial. Une impédance de charge de 150Ω est connectée entre le blindage coaxial et le RGP, comme représenté à la Figure H.2. Les ferrites sont représentées placées sur le blindage coaxial entre la charge de 150Ω et le matériel associé (AE). Les alinéas suivants présentent des méthodes qui permettent de vérifier que les ferrites satisfont aux exigences du H.5.3.

La Figure G.3 représente toutes les impédances de base mentionnées à la Figure H.2. En H.5.3, il est spécifié que les ferrites fournissent une impédance élevée telle que l'impédance en mode commun à droite de la résistance de 150Ω doit être suffisamment grande pour ne pas avoir d'influence sur la mesure. Cette impédance est représentée par Z sur la Figure G.3.

L'alinéa précédent conclut qu'il convient que l'impédance série combinée de Z_{ferrite} et Z_{aecm} ne diminue pas la charge de la résistance de 150Ω . L'approche générale dans la série CISPR 16 concerne une tolérance de $\pm 20 \Omega$ sur des charges de mode commun de 150Ω sur la gamme de fréquences de 0,15 MHz à 30 MHz. En combinant ces deux concepts, il convient que l'impédance série combinée de Z_{ferrite} et Z_{aecm} en parallèle avec la résistance de 150Ω

(Z sur la Figure G.3) ne soit pas inférieure à 130 Ω . Ceci implique alors qu'il convient de maintenir cette relation quelle que soit la valeur de Z_{aecom} .



IEC 0896/14

Légende

V_{eutcm}	tension en mode commun générée par le matériel en essai
Z_{eutcm}	impédance source de mode commun du matériel en essai
V_{aecom}	tension en mode commun générée par le matériel associé (AE)
Z_{aecom}	impédance source de mode commun de l'AE
$Z_{ferrite}$	impédance des ferrites
Z	impédance combinée de la charge de 150 Ω , de $Z_{ferrite}$, et de Z_{aecom}

Figure G.3 – Configuration des impédances des composants utilisés à la Figure H.2

Pour déterminer les caractéristiques d'impédance des ferrites, deux cas seulement sont à considérer, à savoir Z_{aecom} = circuit ouvert et Z_{aecom} = court-circuit. Si l'on peut sélectionner les ferrites de manière à satisfaire à ces exigences, toute valeur de Z_{aecom} sera acceptable.

- Cas 1: Z_{aecom} = circuit ouvert

L'impédance série combinée de $Z_{ferrite}$ et Z_{aecom} est également un circuit ouvert. Un circuit ouvert en parallèle avec la charge de 150 Ω donne 150 Ω . $Z_{ferrite}$ peut avoir une valeur quelconque.

- Cas 2: Z_{aecom} = court-circuit

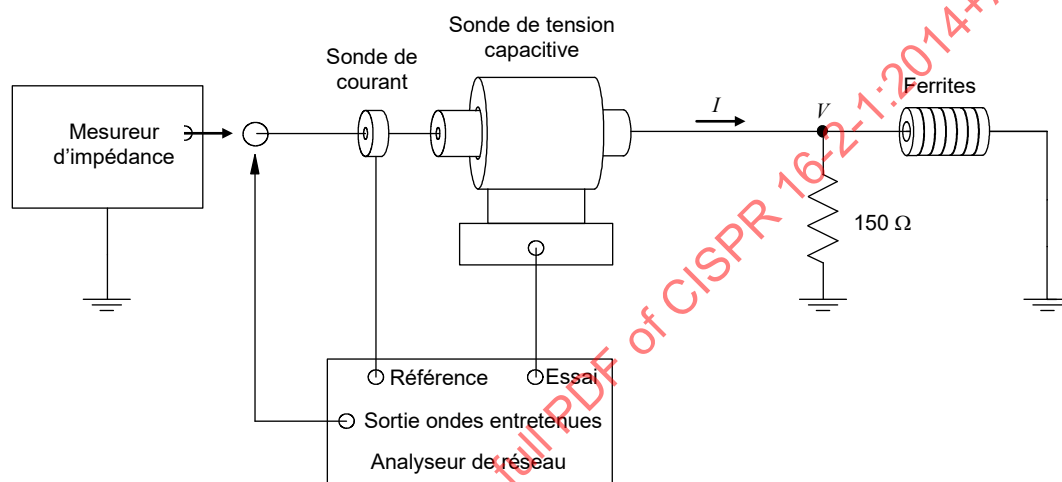
L'impédance série combinée de $Z_{ferrite}$ et Z_{aecom} est égale à $Z_{ferrite}$. La valeur de $Z_{ferrite}$ en parallèle avec la résistance de 150 Ω ne doit alors pas être inférieure à 130 Ω . Sous forme d'une équation:

$$\frac{150Z_{ferrite}}{150 + Z_{ferrite}} \geq 130 \Omega$$

La résolution pour $Z_{ferrite}$ donne une valeur de 975 Ω . Ceci implique que les ferrites sélectionnées pour cette application doivent avoir une impédance minimale de 975 Ω sur la gamme de fréquences de 0,15 MHz à 30 MHz. Pour un ensemble de ferrites donné, l'impédance minimale ($j\omega L$) apparaîtra à la fréquence minimale de 0,15 MHz.

En combinant les deux conditions décrites ci-dessus, on voit que la deuxième condition à 0,15 MHz détermine les exigences minimales d'impédance des ferrites. Toute valeur d'impédance pour les ferrites supérieure à cette valeur est acceptable.

Pour déterminer que les ferrites sélectionnées rempliront la fonction prévue, on suggère d'utiliser le montage d'essai représenté à la Figure G.4. Un mesureur/analyseur d'impédance classique peut être utilisé pour mesurer l'impédance entre le point Z (I et V à la Figure G.4) et la masse de référence. Une autre approche consiste à mesurer la tension et le courant individuels au point Z et à calculer ensuite l'impédance. Il convient d'effectuer la mesure d'impédance au minimum à 0,15 MHz. Il est toutefois conseillé de mesurer l'impédance sur toute la gamme comprise entre 0,15 MHz et 30 MHz pour s'assurer que toute capacité parasite associée aux ferrites et au câble coaxial ne dégrade pas l'impédance des ferrites. Cet effet est un problème, car les données de laboratoire ont montré qu'il est peu probable que l'impédance désirée puisse être obtenue en un seul passage du câble coaxial à travers les ferrites, c'est-à-dire que plusieurs passages à travers les ferrites sont nécessaires. Cette disposition augmente les chances pour qu'une capacité parasite ait une influence défavorable sur l'impédance des ferrites. On a démontré qu'on pouvait obtenir en laboratoire l'impédance désirée en fonction de la fréquence.



IEC 0897/14

Figure G.4 – Montage d'essai de base pour mesurer l'impédance combinée des 150 Ω et des ferrites

Annexe H (normative)

Recommandations spécifiques concernant les mesures des perturbations conduites sur les accès de télécommunication

H.1 Généralités

L'objectif de l'Annexe H est de définir les méthodes de mesure de la perturbation de mode commun non désirée sur les accès de télécommunication d'un matériel en essai. Divers modes opératoires de mesure peuvent être utilisés, comme le résume le Tableau H.1.

Lorsqu'il existe plusieurs accès similaires sur un matériel en essai, au moyen d'un balayage préalable ou d'une autre technique, on doit montrer que les performances d'émission des accès sont similaires et que la perturbation conduite sur l'accès sélectionné est représentative des autres accès similaires.

**Tableau H 1 – Choix du mode opératoire de mesure des perturbations
sur les accès de télécommunication**

	Type de câble	Nombre de paires	Exemple d'AN	Type de mesure	Modes opératoires
1	Symétrique, non blindé	1 (2 conducteurs) 2 (4 conducteurs) 3 (6 conducteurs) 4 (8 conducteurs)	Figure I.1 Figure I.2 Figure I.3 Figure I.3	Tension	H.5.2
2	Symétrique, non blindé	1 (2 conducteurs) 2 (4 conducteurs) 3 (6 conducteurs) 4 (8 conducteurs) > 4 (> 8 conducteurs)	Non applicable	Tension et courant	H.5.4 Un réglage du réseau d'adaptation (dispositif d'absorption de mode commun (CMAD)) peut être exigé pour obtenir l'impédance spécifiée.
3	Blindé ou coaxial	Non applicable	Figure I.10 Figure I.8	Tension	H.5.2
4	Blindé ou coaxial	Non applicable	Non applicable	Courant ou tension	H.5.3
5	Câbles asymétriques	Non applicable	Non applicable	Tension et courant	H.5.4 Un réglage du réseau d'adaptation (dispositif d'absorption de mode commun (CMAD)) peut être exigé pour obtenir l'impédance spécifiée.
6	Réseau électrique asymétrique	Non applicable	AMN approprié	Tension	L'AMN doit être utilisé comme sonde de tension.
Autres détails: a) Lorsqu'il est utilisé, un réseau artificiel asymétrique (AAN) doit satisfaire à toutes les exigences définies à l'Article H.2. b) Lorsqu'elle est utilisée, la sonde de courant doit satisfaire aux exigences définies à l'Article H.3 et la sonde de tension doit satisfaire aux exigences définies à l'Article H.4. c) Lors de la mesure des tensions de perturbation des bornes d'alimentation électrique, la tension de l'alimentation électrique doit être fournie au matériel en essai par l'intermédiaire de l'AMN utilisé. d) Le mode opératoire décrit en H.5.2 donne les résultats ayant l'incertitude de mesure la plus faible. e) Chaque matériel en essai à accès de télécommunication symétrique non blindé doit être soumis à l'essai avec l'exemple d'AAN applicable au nombre total de paires équilibrées pour l'accès du matériel en essai (par exemple, un accès à quatre paires doit utiliser l'exemple AAN représenté aux Figures I.3, I.6 ou I.7), à condition qu'au moins une paire soit utilisée pour la télécommunication équilibrée et soit indépendante de la façon dont les autres paires du câble sont utilisées. f) L'AAN représenté aux Figures I.2 et I.3 peut être utilisé pour un nombre quelconque de paires jusqu'au maximum, et les AAN restants de l'Annexe I ne sont appropriés que pour être utilisés avec le nombre indiqué de paires dans le câble.					

H.2 Caractéristiques des réseaux fictifs asymétriques (AAN)

La mesure des émissions de courant ou de tension en mode commun (mode asymétrique) sur les accès de réseau câblé pour liaison de paires symétriques non blindées doit être effectuée avec l'accès de réseau câblé connecté par un câble à un réseau fictif asymétrique (AAN); ainsi, l'AAN doit définir l'impédance de terminaison de mode commun vue par l'accès de réseau câblé pendant les mesures de perturbations.

Le réseau fictif asymétrique (AAN) (étalonné en incluant tous les adaptateurs appropriés exigés pour le raccordement au matériel en essai et au matériel associé (AE)) doit avoir les propriétés suivantes:

- L'impédance de terminaison de mode commun dans la gamme de fréquences de 0,15 MHz à 30 MHz doit être de $150 \Omega \pm 20 \Omega$, et l'angle de phase de $0^\circ \pm 20^\circ$.
- Le réseau fictif asymétrique (AAN) doit assurer une isolation suffisante contre les émissions provenant d'un matériel associé (AE) ou d'une charge connectée à l'accès de réseau câblé mesuré. L'atténuation de l'AAN, pour les émissions de mode commun provenant de l'AE, doit être telle que le niveau mesuré de ces émissions à l'entrée du récepteur de mesure doit être au moins inférieur de 10 dB à la limite d'émission appropriée.

L'isolation préférentielle est de:

- 150 kHz à 1,5 MHz, isolation > 35 dB jusqu'à 55 dB, linéarité augmentant avec le logarithme de la fréquence;
- 1,5 MHz à 30 MHz, isolation > 55 dB.

NOTE L'isolation est le découplage de la perturbation de mode commun provenant d'un matériel associé (AE) et apparaissant ensuite sur l'accès du matériel en essai du réseau fictif asymétrique (AAN). Certains paramètres du système d'essai sont considérés en déterminant le seuil d'exigence adéquat pour les niveaux de perturbation.

- Le réseau fictif asymétrique (AAN) doit satisfaire aux exigences d'affaiblissement de conversion longitudinale (a_{ACL}) de 150 kHz à 30 MHz, mentionnées dans le Tableau H.2. Les valeurs réelles d'affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) pour simuler différentes catégories de câbles sont définies dans le Tableau H.2.

Tableau H.2 – Valeurs de a_{ACL}

Type de câble	a_{ACL} dB	Tolérance dB
Cat 3 (ou mieux)	$a_{ACL} = 55 - 10 \lg \left[1 + \left(\frac{f}{5} \right)^2 \right]$	± 3
Cat 5 (ou mieux)	$a_{ACL} = 65 - 10 \lg \left[1 + \left(\frac{f}{5} \right)^2 \right]$	± 3 pour $f < 2$ MHz $-3 / +4,5$ pour $2 \text{ MHz} \leq f \leq 30 \text{ MHz}$
Cat 6 (ou mieux)	$a_{ACL} = 75 - 10 \lg \left[1 + \left(\frac{f}{5} \right)^2 \right]$	± 3 pour $f < 2$ MHz $-3 / +6$ pour $2 \text{ MHz} \leq f \leq 30 \text{ MHz}$

NOTE 1 Les équations donnent la variation de ACL (a_{ACL}) en dB par rapport à la fréquence f en MHz.

NOTE 2 L'ACL en fonction de la fréquence est une approximation de l'ACL des câbles symétriques non blindés types dans des environnements représentatifs. La spécification de la catégorie 3 est considérée comme représentative de l'ACL des réseaux d'accès de télécommunication types.

- La perte d'insertion ou autre dégradation de la qualité du signal dans la bande de fréquences des signaux désirés, provoquée par la présence du réseau fictif asymétrique (AAN), ne doit pas avoir une influence significative sur le fonctionnement normal du matériel en essai.

- e) La tolérance sur le facteur de division en tension (F_{AAN}) doit être de ± 1 dB de 150 kHz à 30 MHz. Le facteur de division en tension du réseau fictif asymétrique (AAN) est calculé comme suit:

$$F_{\text{AAN}} = 20 \lg \left| \frac{V_{\text{cm}}}{V_{\text{mp}}} \right| \text{ dB}$$

où V_{cm} est la tension de mode commun apparaissant aux bornes de l'impédance de mode commun présentée au matériel en essai par l'AAN, et V_{mp} est la tension reçue du récepteur mesurée directement à l'accès de mesure de la tension. Le facteur de division en tension doit être ajouté à la tension du récepteur mesurée directement à l'accès de mesure de la tension et le résultat comparé aux limites de tension le cas échéant. Le facteur de division en tension est une grandeur étalonnée avec une incertitude et aucune tolérance.

H.3 Caractéristiques de la sonde de courant

La sonde de courant doit avoir une réponse en fréquence uniforme sans résonance (sur la gamme de fréquences concernée) et doit être capable de fonctionner sans effets de saturation provoqués par les courants de fonctionnement dans l'enroulement primaire.

Pendant les mesures de courant, lorsqu'un réseau fictif asymétrique (AAN) est utilisé pour terminer la ligne, une sonde de courant est inappropriée pour déterminer le mode commun converti et ne doit donc pas être utilisée.

L'impédance d'insertion de la sonde de courant ne doit pas être supérieure à 1 Ω (voir 5.1 de la CISPR 16-1-2: 2014).

H.4 Caractéristiques de la sonde de tension capacitive

La sonde de tension capacitive définie en 5.2.2 de la CISPR 16-1-2: 2014 doit être utilisée.

H.5 Modes opératoires pour les mesures de mode commun

H.5.1 Généralités

L'Article H.5 décrit les modes opératoires de mesure qui peuvent être utilisés pour mesurer la perturbation conduite de mode commun (CM) des accès de réseau câblé. En fonction du type de câble, on peut utiliser différents modes opératoires, ayant chacun ses avantages et ses inconvénients (voir aussi l'Annexe G).

H.5.2 Mode opératoire de mesure utilisant les réseaux fictifs asymétriques (AAN)

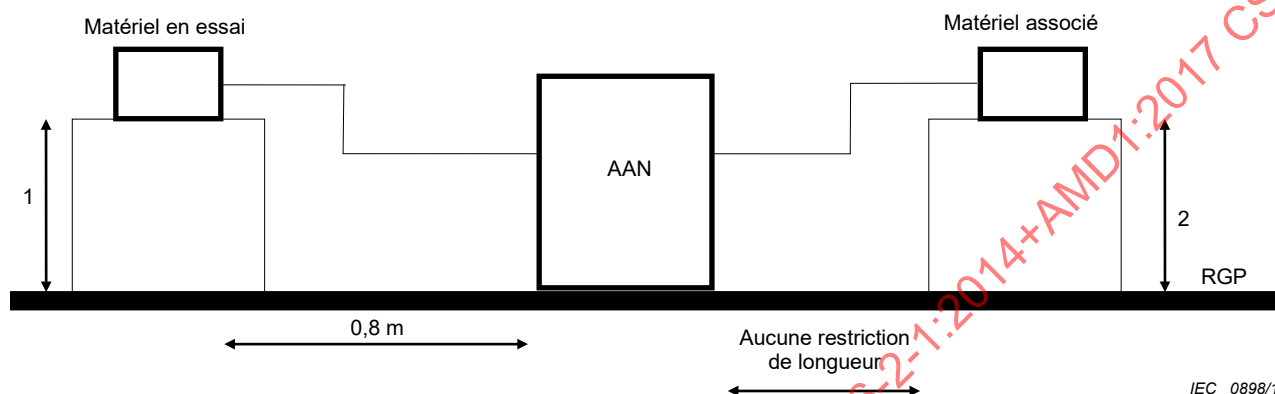
Une mesure est effectuée sur les accès de réseau câblé en utilisant des réseaux fictifs asymétriques (AAN) avec des affaiblissements de conversion longitudinale comme défini dans le Tableau H.2. Le matériel en essai ne doit pas dépasser les limites applicables lorsqu'il est mesuré avec le réseau artificiel (AN) selon la catégorie de câble spécifiée par la documentation du matériel fournie à l'utilisateur.

Lorsque des mesures de tension perturbatrice sont effectuées, un réseau fictif asymétrique (AAN) fournissant un accès de mesure de tension approprié pour une connexion à un récepteur de mesure, tout en satisfaisant aux exigences de l'impédance de terminaison de mode commun de l'accès de réseau câblé, doit être utilisé.

Pour les câbles non blindés contenant des paires symétriques, un réseau fictif asymétrique (AAN) selon l'Article H.2 doit être utilisé. Les valeurs d'affaiblissement de conversion

longitudinale (ACL) de l'AAN doivent se situer dans la tolérance du Tableau H.2 d'un AAN approprié à la catégorie de câble connecté au matériel en essai.

- Mettre en place le matériel en essai selon la Figure H.1.
- Mesurer la tension à l'accès de mesure du réseau fictif asymétrique (AAN), corriger ensuite le relevé en ajoutant le facteur de division en tension de l'AAN (F_{AAN}) défini au point e) de la liste de l'Article H.2, puis comparer à la limite.



Légende

- Distance par rapport au plan de masse de référence (RGP) horizontal: 40 cm pour un matériel sur table, jusqu'à 15 cm pour un matériel posé au sol. En variante, un matériel de table en essai peut se trouver à 40 cm d'un RGP vertical.
- La distance par rapport au RGP n'est pas critique si le réseau fictif asymétrique (AAN) procure une isolation suffisante contre les émissions d'un matériel associé (AE).

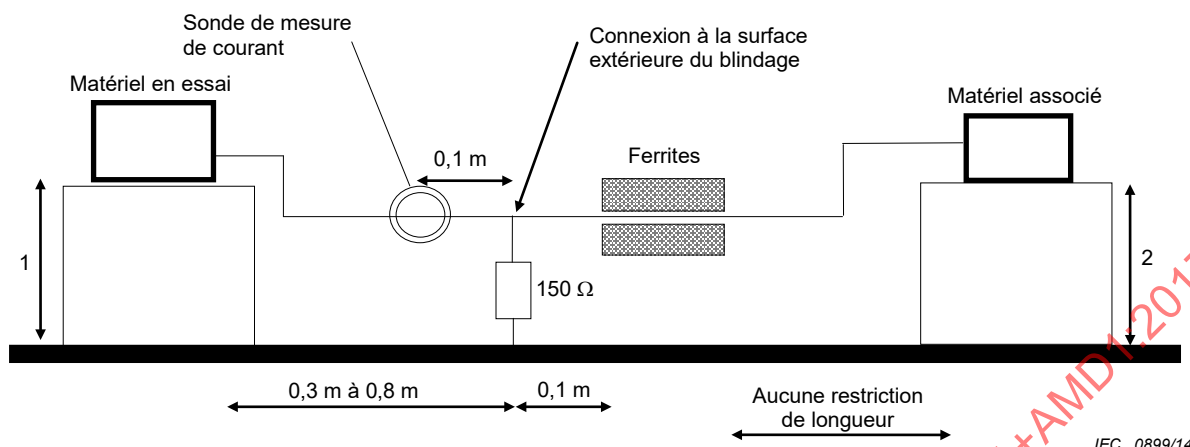
Figure H 1 – Dispositif de mesure utilisant un réseau fictif asymétrique (AAN)

H.5.3 Mode opératoire de mesure utilisant une charge de 150 Ω sur la surface extérieure du blindage du câble

Ce mode opératoire peut être utilisé pour tous les types de câbles coaxiaux, blindages métalliques ou éléments de renfort sur des câbles à fibres optiques ou des câbles blindés à plusieurs paires.

- Mettre en place le matériel en essai selon la Figure H.2.
- Couper l'isolation protectrice extérieure (en faisant apparaître le blindage) et connecter une résistance de 150 Ω en utilisant une connexion électrique du blindage du câble au plan de masse de référence (RGP) (à travers la résistance de 150 Ω) qui doit se trouver au plus à 0,3 m de la surface extérieure du blindage au RGP.
- Placer un tube ou une pince en ferrite entre la connexion de 150 Ω et le matériel associé (AE).
- Mesurer le courant avec une sonde de courant et comparer à la limite de courant. L'impédance de mode commun à droite de la résistance de 150 Ω doit être suffisamment grande pour ne pas avoir d'influence sur la mesure. Utiliser la méthode du H.5.5 pour mesurer cette impédance, dont il convient qu'elle soit très supérieure à 150 Ω afin de ne pas avoir d'influence sur la mesure pour les fréquences émises par le matériel en essai.

La mesure de tension peut également être effectuée en parallèle avec la résistance de 150 Ω avec une sonde à haute impédance ou en utilisant un «adaptateur de 50 Ω /150 Ω » (décrit dans la IEC 61000-4-6 [9] comme une charge de 150 Ω) et en appliquant le facteur de correction approprié (9,5 dB in dans le cas de «l'adaptateur de 50 Ω /150 Ω »).



Légende

- 1 Distance par rapport au plan de masse de référence (RGP) horizontal: 40 cm pour un matériel sur table, jusqu'à 15 cm pour un matériel posé au sol. En variante, un matériel de table en essai peut se trouver à 40 cm d'un RGP vertical.
- 2 La distance par rapport au plan de masse de référence n'est pas critique si l'impédance de la ferrite est supérieure à celle qui est donnée en G.6.

Figure H.2 – Dispositif de mesure utilisant une charge de 150 Ω à la surface extérieure du blindage

H.5.4 Mode opératoire de mesure utilisant une combinaison d'une sonde de courant et d'une sonde de tension capacitive

Étant donné que l'on n'utilise pas de réseau fictif asymétrique (AAN) dans ce mode opératoire, l'impédance de mode commun n'est pas stabilisée; on mesure donc de nouveau les limites de tension et de courant du matériel en essai, comme défini dans les étapes suivantes:

- a) Configurer le matériel en essai selon la Figure H.3.
- b) Mesurer le courant avec une sonde de courant et comparer les résultats aux limites de courant.
- c) Mesurer la tension avec une sonde de tension capacitive comme spécifié en H.4.
 - 1) Régler la tension mesurée comme suit:
 - 2) Marge de courant ≤ 6 dB: soustraire la marge de courant réelle de la tension mesurée.
 - 3) Marge de courant > 6 dB: soustraire 6 dB de la tension mesurée.
 - 4) Comparer la tension réglée à la limite de tension applicable.
 - 5) Le courant mesuré et la tension réglée doivent tous deux être inférieurs aux limites de courant et de tension applicables.
- d) Si le matériel en essai a satisfait aux deux limites à toutes les fréquences, il est alors conforme.



Il n'est pas nécessaire de placer à la fois la sonde de courant et la sonde de tension capacitive dans le dispositif de mesure en même temps sauf si des mesures simultanées de courant et de tension sont tenues d'être effectuées.

- 1) Distance par rapport au plan de masse de référence (RGP) horizontal: 40 cm pour un matériel sur table, jusqu'à 15 cm pour un matériel posé au sol. En variante, un matériel de table en essai peut se trouver à 40 cm d'un RGP vertical.
- 2) Le câble utilisé pendant l'essai doit tomber directement du matériel en essai jusqu'à une position située à $4 \text{ cm} \pm 1 \text{ cm}$ du RGP et être placé dans cette position entre les tables du matériel en essai et du matériel associé. Cette restriction ne s'applique pas à la section du câble traversant la sonde de tension.
- 3) Sauf s'il est alimenté par batterie, le matériel en essai doit être alimenté en utilisant un AMN placé sur le RGP à plus de 10 cm du bord le plus proche du RGP. Le cordon d'alimentation du matériel en essai doit être acheminé à l'écart du câble utilisé pour l'essai, afin de réduire au minimum les effets de couplage ou de diaphonie.
- 4) La projection horizontale du matériel en essai jusqu'au dispositif de mesure doit être de $30 \text{ cm} \pm 1 \text{ cm}$.
- 5) Les sondes de courant et de tension doivent être séparées de $10 \text{ cm} \pm 1 \text{ cm}$. La sonde de courant (comme représenté) ou la sonde de tension capacitive peuvent l'une ou l'autre être placées du côté du matériel en essai.

Figure H.3 – Dispositif de mesure utilisant des sondes de courant et de tension capacitive

H.5.5 Mesure de l'impédance de mode commun du câble, de la ferrite et du matériel associé (AE)

L'un des trois modes opératoires suivants est utilisé pour mesurer l'impédance totale de mode commun (TCM) du câble, de la ferrite et du matériel associé (AE).

a) Mode opératoire utilisant deux sondes de courant

- 1) Étalonner le système de sonde «d'injection» et de sonde de mesure à 50 Ω ; voir la Figure H.4. Injecter une tension de commande (V_1) provenant d'un générateur de signaux dans la sonde «d'injection» et enregistrer le courant résultant (I_1) dans la sonde de mesure.
- 2) Enlever le câble du matériel en essai et le relier à la masse à l'extrémité du matériel en essai.
- 3) Appliquer la même tension de commande (V_1) au câble avec la même sonde «d'injection».
- 4) Mesurer le courant avec la même sonde de mesure et calculer l'impédance de mode commun de la combinaison du câble, de la ferrite et du matériel associé (AE) en comparant le courant (I_2) lu par la sonde de mesure à celui de la première étape (impédance de mode commun = $50 \times I_1/I_2$). Si, par exemple, I_2 est égal à la moitié de I_1 , l'impédance de mode commun est alors égale à 100 Ω .
- 5) Cette technique de mesure d'impédance TCM ne doit être utilisée que dans les conditions suivantes:

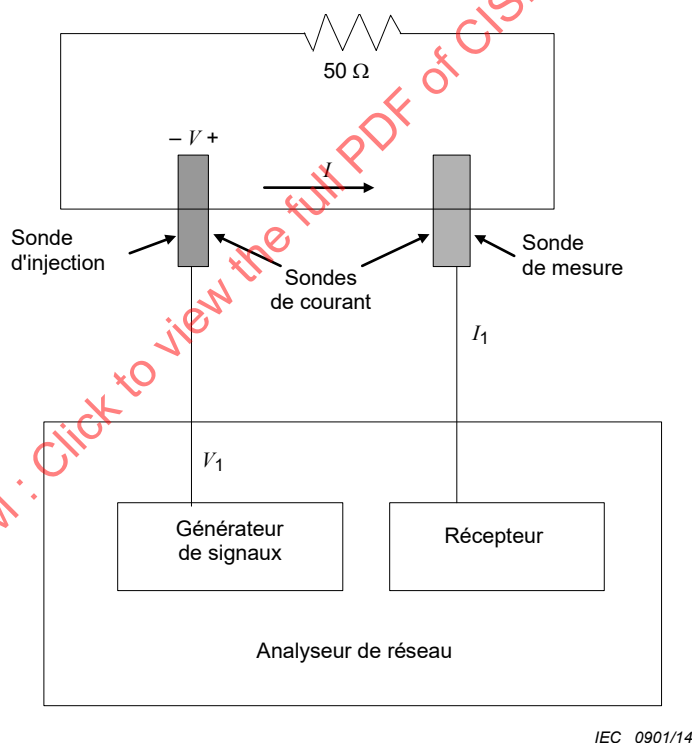
La longueur de boucle (circonférence) dans le dispositif d'étalonnage en $50\ \Omega$ de la Figure H.4 doit être comprise entre 0,9 et 1,1 fois la longueur totale de la boucle de la Figure H.2 et les deux longueurs de boucle doivent être inférieures à 1,25 m. Ces conditions sont nécessaires pour réduire au minimum la ou les résonances de boucle susceptibles d'affecter la mesure de l'impédance et d'augmenter l'incertitude de mesure.

b) Mode opératoire utilisant un analyseur d'impédance

Connecter l'analyseur d'impédance entre le câble relié à l'accès du matériel en essai à mesurer et le plan de masse de référence (RGP). Le matériel en essai est déconnecté pendant cette mesure et tous les conducteurs du câble relié à l'accès du matériel en essai à mesurer, incluant le blindage si présent, sont raccordés ensemble au point où ils sont connectés à l'analyseur d'impédance. Les conditions de longueur de câble citées ci-dessus doivent être appliquées pour cette mesure. Ce dispositif de mesure est similaire à celui qui est représenté à la Figure G.4.

c) Mode opératoire utilisant un analyseur de réseau

À l'aide d'un analyseur de réseau, d'une sonde de courant et d'une sonde de tension capacitive, mesurer la tension et le courant en mode commun. Le rapport de la tension au courant, mesuré sur le câble relié à l'accès évalué du matériel en essai, mesuré avec l'analyseur de réseau, définit l'impédance TCM. Ce montage d'essai est similaire à celui qui est représenté à la Figure G.4. Tous les conducteurs du câble soumis à essai, incluant le blindage s'il est présent, doivent être connectés ensemble à la sortie du câble du matériel essai, ce qui est similaire au mode opératoire décrit au point b).



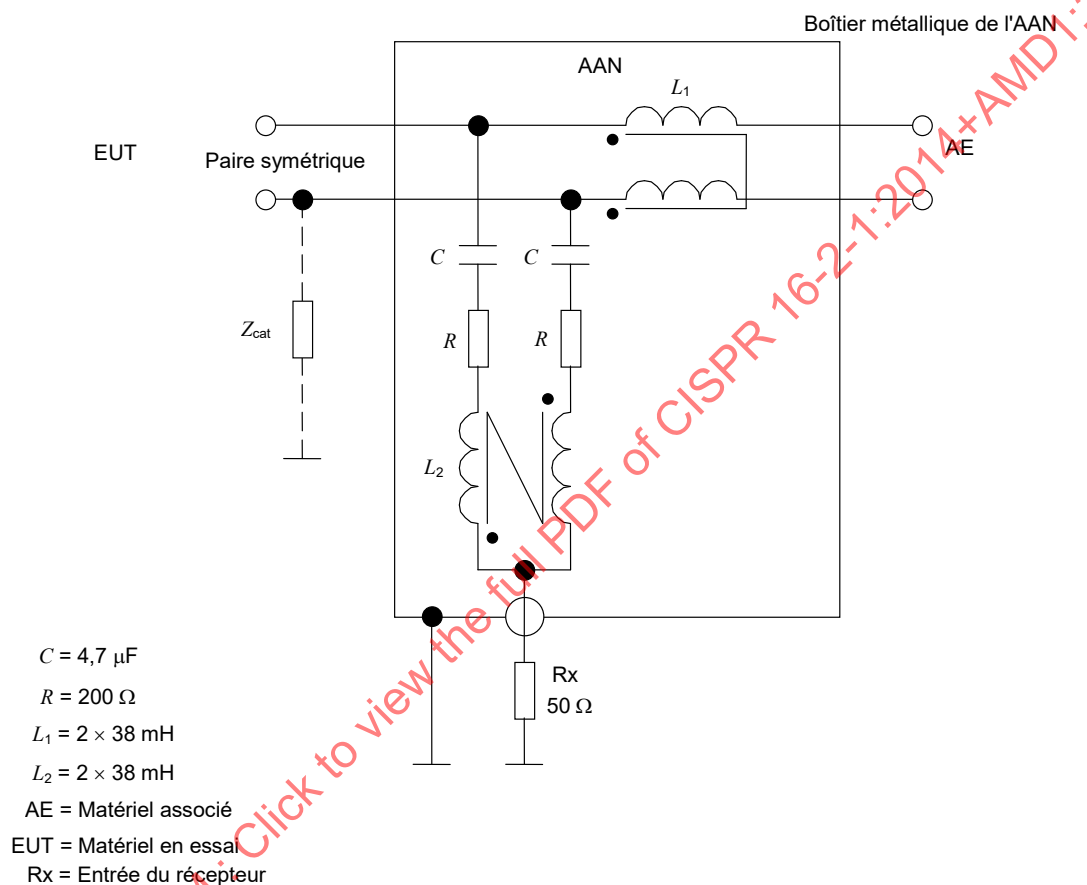
IEC 0901/14

Figure H.4 – Montage d'étalonnage

Annexe I (informative)

Exemples de réseaux fictifs asymétriques (AAN) et de réseaux fictifs (AN) pour câbles blindés

Les Figures I.1 à I.7 fournissent des dessins schématiques d'exemples de réseaux fictifs asymétriques (AAN). Les Figures I.8 à I.11 fournissent des dessins schématiques d'exemples de réseaux (AN) pour les câbles blindés.

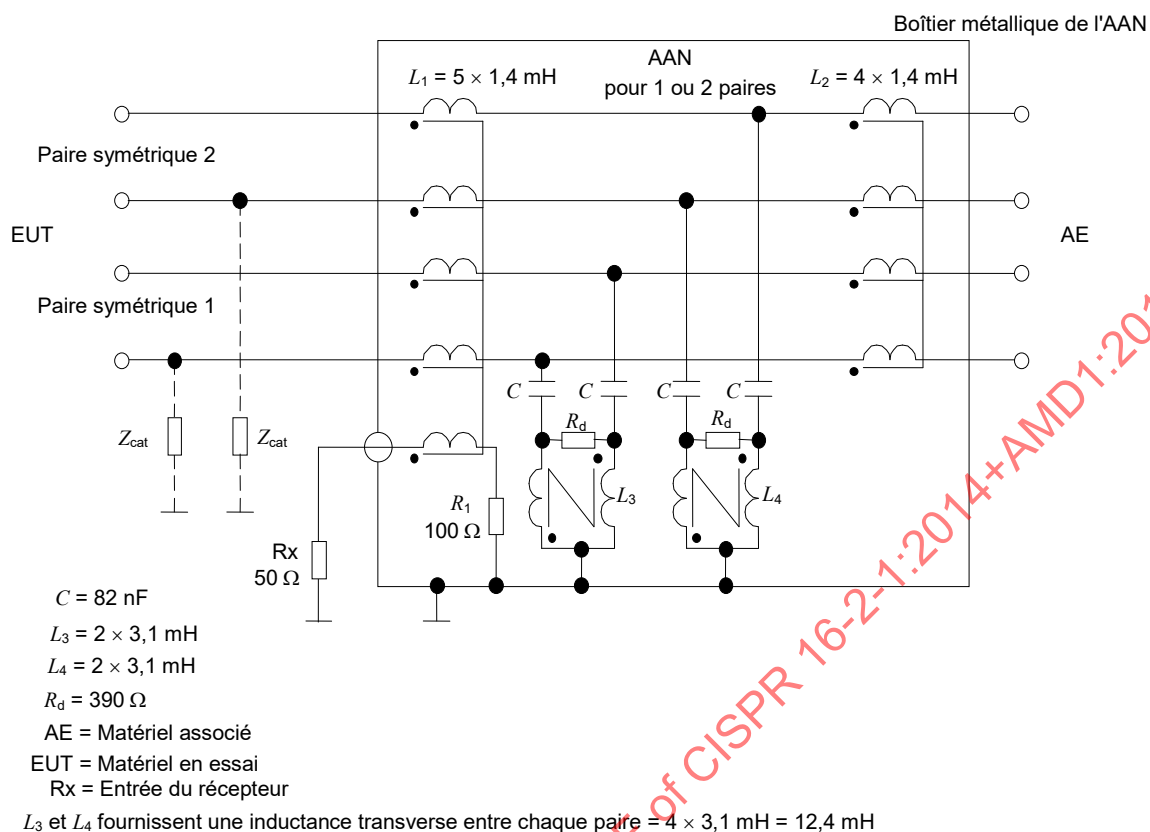


IEC 0902/14

NOTE 1 Facteur nominal de division en tension = 9,5 dB.

NOTE 2 Z_{cat} représente le réseau asymétrique exigé pour régler l'affaiblissement de conversion longitudinale (ACL).

Figure I 1 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) destiné à être utilisé avec des paires symétriques uniques non blindées



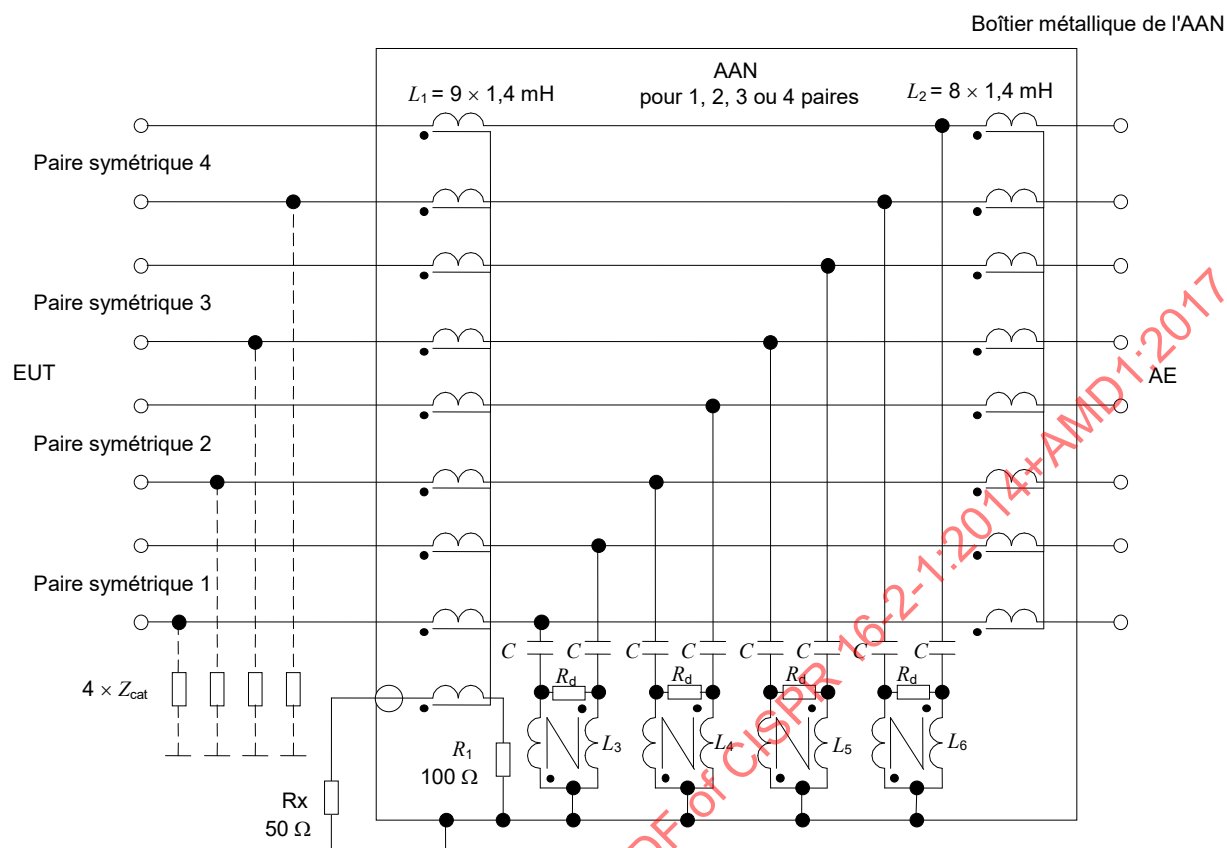
IEC 0903/14

NOTE 1 Facteur nominal de division en tension = 9,5 dB.

NOTE 2 Z_{cat} représente le réseau asymétrique exigé pour régler l'affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) applicable.

NOTE 3 Ce réseau fictif asymétrique (AAN) peut être utilisé pour mesurer les perturbations de mode commun aussi bien sur une paire symétrique unique non blindée que sur deux paires symétriques non blindées.

Figure I.2 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) avec affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) élevé destiné à être utilisé avec une ou deux paires symétriques non blindées



$C = 82 \text{ nF}$

$R_d = 390 \Omega$

AE = Matériel associé

EUT = Matériel en essai

R_x = Entrée du récepteur

L_3, L_4, L_5 et $L_6 = 2 \times 3,1 \text{ mH}$

L_3, L_4, L_5 et L_6 , fournissent une inductance transverse entre chaque paire = $4 \times 3,1 \text{ mH} = 12,4 \text{ mH}$

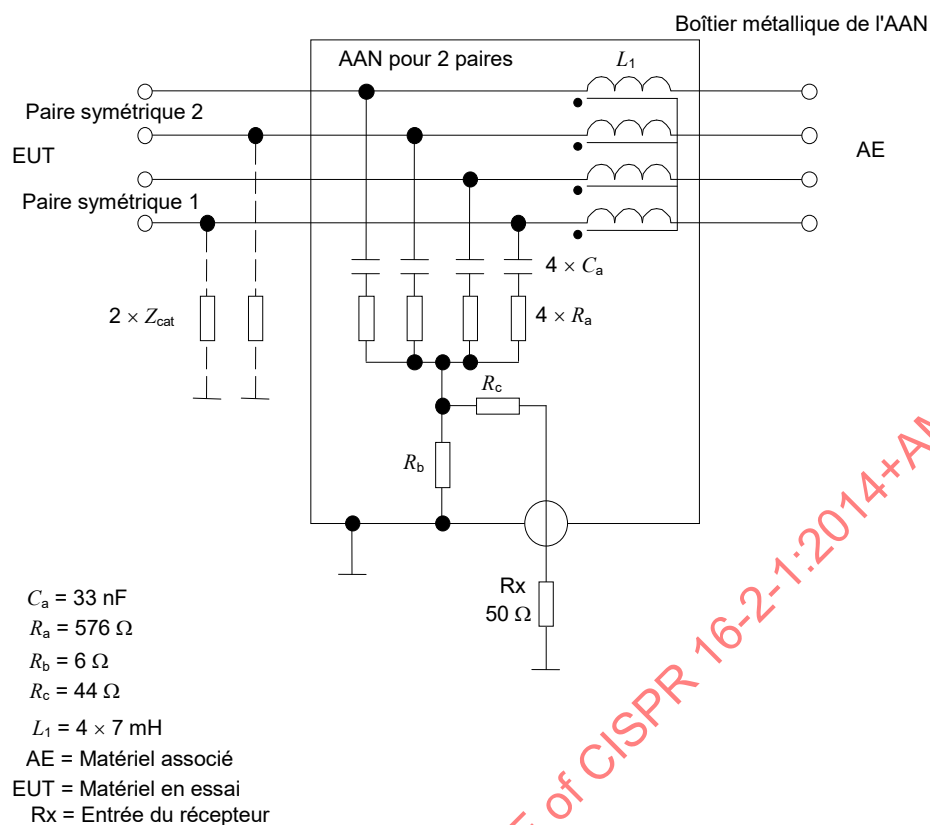
IEC 0904/14

NOTE 1 Facteur nominal de division en tension = 9,5 dB.

NOTE 2 Z_{cat} représente le réseau asymétrique exigé pour régler l'affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) applicable.

NOTE 3 Ce réseau fictif asymétrique (AAN) peut être utilisé pour mesurer les émissions de mode commun aussi bien sur une paire symétrique unique non blindée que sur deux, trois ou quatre paires symétriques non blindées.

Figure I.3 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) avec affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) élevé destiné à être utilisé avec une, deux, trois ou quatre paires symétriques non blindées



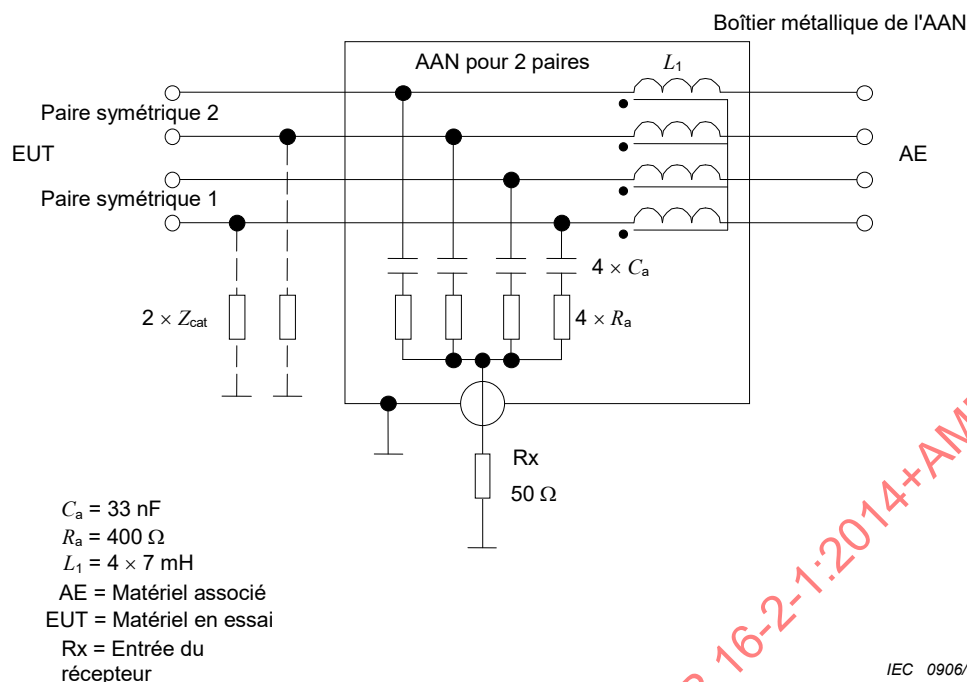
IEC 0905/14

AVERTISSEMENT – En raison de la possibilité de résultats de mesurage erronés, il convient de ne pas utiliser ce réseau fictif asymétrique (AAN) pour mesurer les émissions de mode commun sur des câbles à paires non blindées connectés à des accès de télécommunication contenant une seule paire symétrique active non blindée.

NOTE 1 Facteur nominal de division en tension = 34 dB.

NOTE 2 Z_{cat} représente le réseau asymétrique exigé pour régler l'affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) applicable.

Figure I.4 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN), incluant un réseau d'adaptation de source de 50Ω sur l'accès de mesure de tension, destiné à être utilisé avec deux paires symétriques non blindées



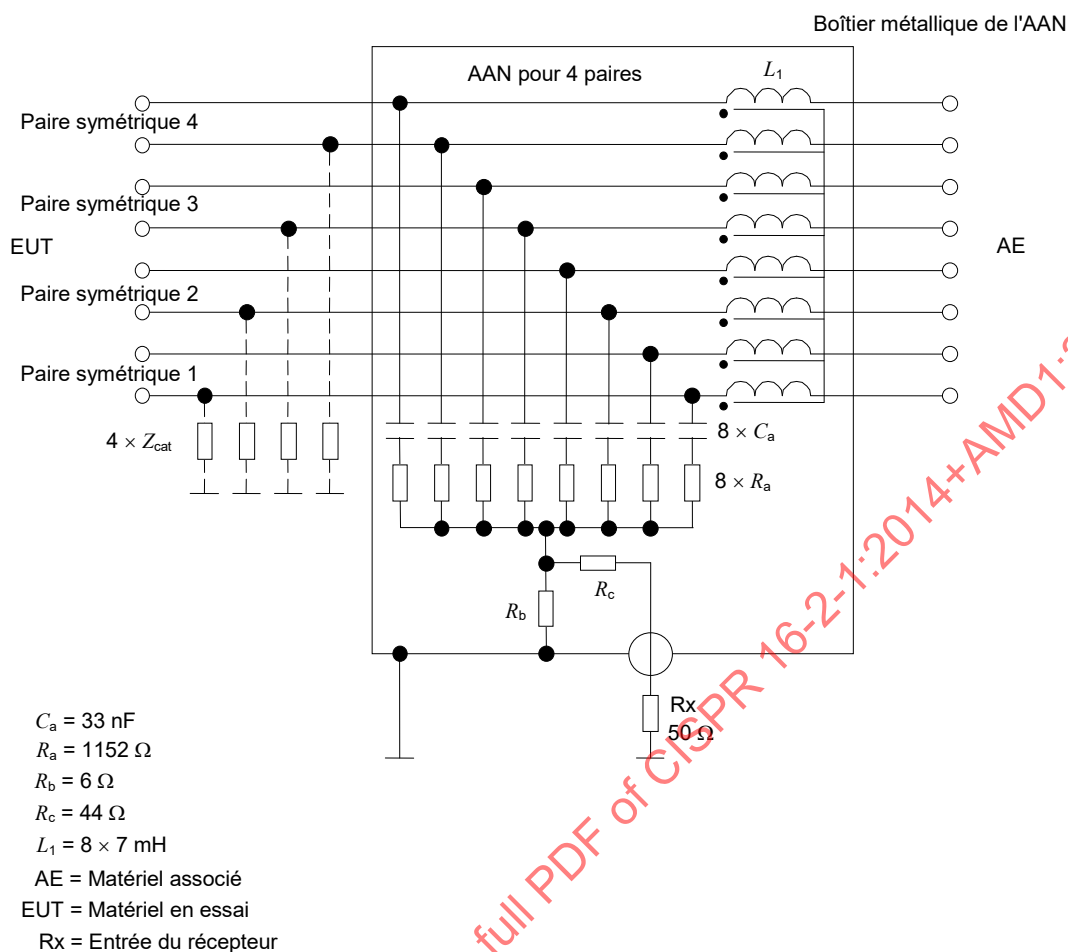
IEC 0906/14

NOTE 1 Facteur nominal de division en tension = 9,5 dB.

NOTE 2 Z_{cat} représente le réseau asymétrique exigé pour régler l'affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) applicable.

NOTE 3 **AVERTISSEMENT** – En raison de la possibilité de résultats de mesurage erronés, ce réseau fictif asymétrique (AAN) ne peut pas être utilisé pour mesurer les émissions de mode commun sur des câbles à paires non blindées connectés à des accès de réseau câblé utilisant une seule paire symétrique active non blindée.

Figure I.5 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) destiné à être utilisé avec deux paires symétriques non blindées

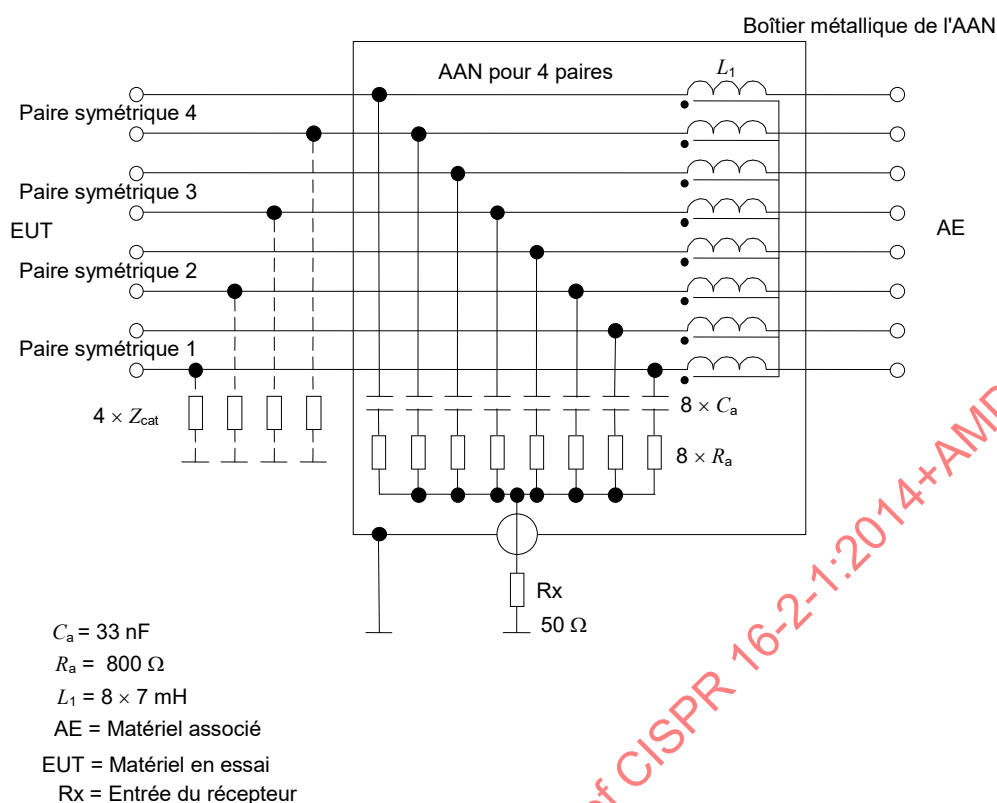


NOTE 1 Facteur nominal de division en tension = 34 dB.

NOTE 2 Z_{cat} représente le réseau asymétrique exigé pour régler l'affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) applicable.

NOTE 3 **AVERTISSEMENT** – En raison de la possibilité de résultats de mesurage erronés, ce réseau fictif asymétrique (AAN) ne peut pas être utilisé pour mesurer les émissions de mode commun sur des câbles à paires non blindées connectés à des accès de réseau câblé utilisant moins de quatre paires symétriques actives non blindées.

Figure I.6 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN), incluant un réseau d'adaptation de source de 50 Ω sur l'accès de mesure de tension, destiné à être utilisé avec quatre paires symétriques non blindées



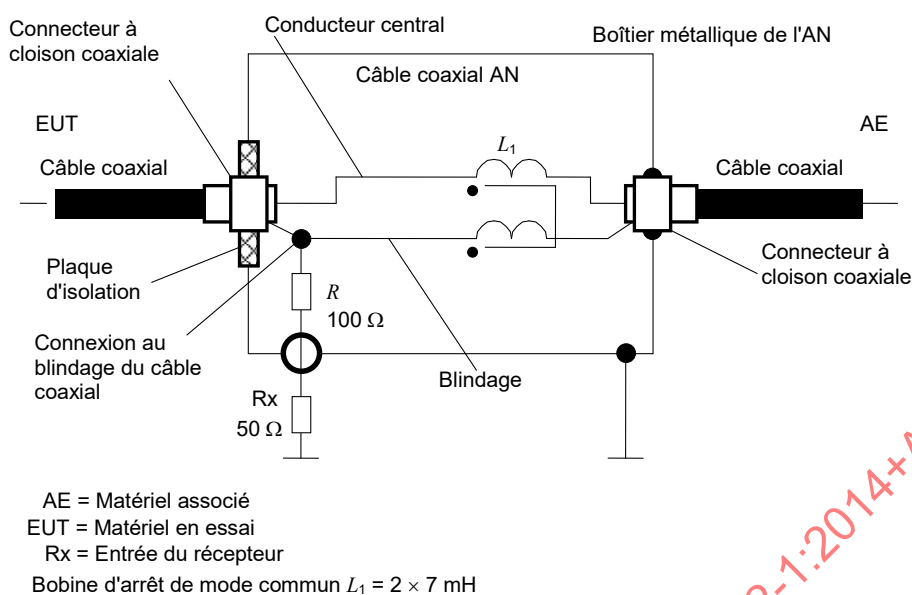
IEC 0908/14

NOTE 1 Facteur nominal de division en tension = 9,5 dB.

NOTE 2 Z_{cat} représente le réseau asymétrique exigé pour régler l'affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) applicable.

NOTE 3 **AVERTISSEMENT** – En raison de la possibilité de résultats de mesurage erronés, ce réseau fictif asymétrique (AAN) ne peut pas être utilisé pour mesurer les émissions de mode commun sur des câbles à paires non blindées connectés à des accès de télécommunication utilisant moins de quatre paires symétriques non blindées.

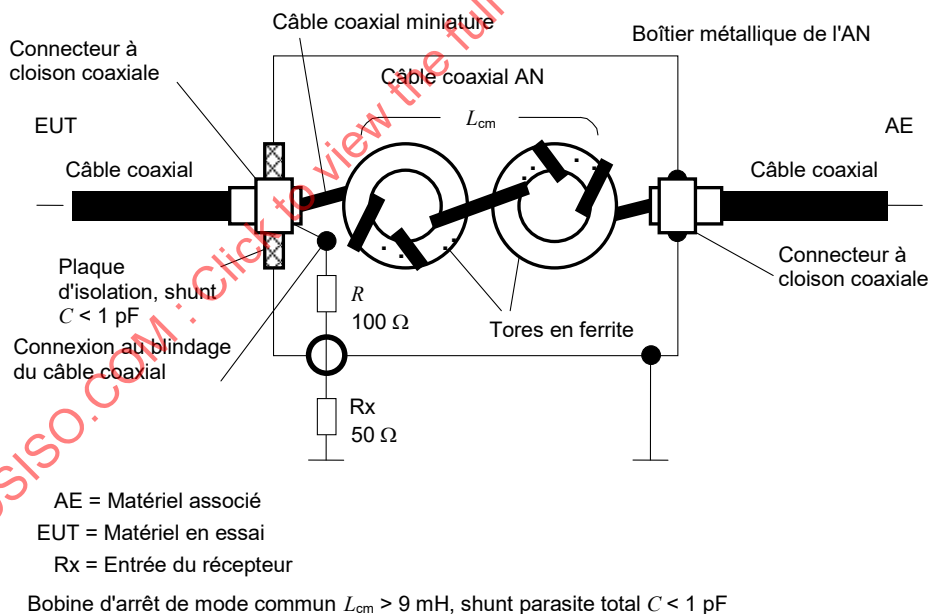
Figure I.7 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) destiné à être utilisé avec quatre paires symétriques non blindées



IEC 0909/14

NOTE Facteur nominal de division en tension = 9,5 dB.

Figure I.8 – Exemple de réseau fictif (AN) destiné à être utilisé avec des câbles coaxiaux, utilisant une bobine d'arrêt de mode commun interne créée par un enroulement bifilaire d'un conducteur central isolé et d'un conducteur de blindage isolé sur un noyau magnétique commun (par exemple, un tore en ferrite)

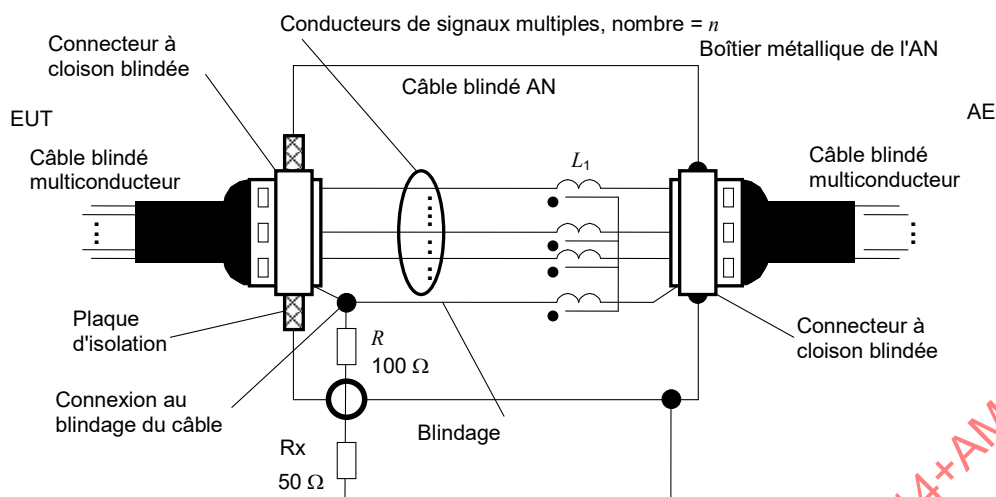


IEC 0910/14

NOTE 1 Facteur nominal de division en tension = 9,5 dB.

NOTE 2 Un plus grand nombre de tores peut être nécessaire pour satisfaire entièrement aux exigences pour les réseaux fictifs (AN).

Figure I.9 – Exemple de réseau fictif (AN) destiné à être utilisé avec des câbles coaxiaux, utilisant une bobine d'arrêt de mode commun interne créée par un câble coaxial miniature (câble coaxial à blindage de cuivre plein semi-rigide ou à blindage miniature à double tresse) enroulé sur des tores en ferrite

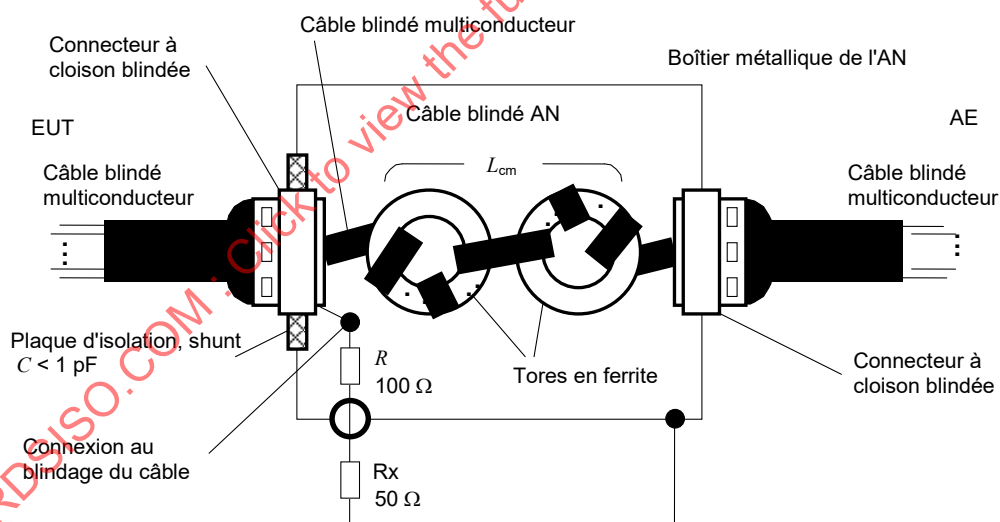


AE = Matériel associé
EUT = Matériel en essai
Rx = Entrée du récepteur
Bobine d'arrêt de mode commun $L_1 = (n + 1) \times 7 \text{ mH}$, où n = nombre de conducteurs de signal

IEC 0911/14

NOTE Facteur nominal de division en tension = 9,5 dB.

Figure I.10 – Exemple de réseau fictif (AN) destiné à être utilisé avec des câbles blindés multiconducteur, utilisant une bobine d'arrêt de mode commun interne créée par un enroulement bifilaire de plusieurs conducteurs de signaux isolés et un conducteur de blindage isolé sur un noyau magnétique commun (par exemple, un tore en ferrite)



AE = Matériel associé
EUT = Matériel en essai
Rx = Entrée du récepteur
Bobine d'arrêt de mode commun $L_{cm} > 9 \text{ mH}$, shunt parasite total $C < 1 \text{ pF}$

IEC 0912/14

NOTE 1 Facteur nominal de division en tension = 9,5 dB.

NOTE 2 Un plus grand nombre de tores peut être nécessaire pour satisfaire entièrement aux exigences pour les réseaux fictifs (AN).

Figure I.11 – Exemple de réseau fictif (AN) destiné à être utilisé avec des câbles blindés multiconducteur, utilisant une bobine d'arrêt de mode commun interne créée par un enroulement d'un câble blindé multiconducteur sur des tores en ferrite

Bibliographie

- [1] CISPR 11:2003, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux (ISM) à fréquence radioélectrique – Caractéristiques de perturbations électromagnétiques – Limites et méthodes de mesure*
- [2] CISPR 16-1-4:2010, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 14: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Antennes et emplacements d'essai pour les mesures des perturbations rayonnées*
- [3] CISPR 16-2-3:2010, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 2-3: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesures des perturbations rayonnées*
- [4] CISPR/TR 16-3, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 3: CISPR technical reports* (disponible en anglais seulement)
- [5] CISPR 16-4-1, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-1: Uncertainties, statistics and limit modelling – Uncertainties in standardized EMC tests* (disponible en anglais seulement)
- [6] CISPR/TR 16-4-3:2004, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-3: Uncertainties, statistics and limit modelling – Statistical considerations in the determination of EMC compliance of mass-produced products* (disponible en anglais seulement)
- [7] IEC/TR 60083:2006, *Prises de courant pour usages domestiques et analogues normalisées par les pays membres de l'IEC*
- [8] IEC 60364-4 (toutes les sous-parties), *Low-voltage electrical installations – Part 4: Protection for safety* (disponible en anglais seulement)
- [9] IEC 61000-4-6:2008, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*
- [10] IEC 61010-1:2001, *Règles de sécurité pour appareils électriques de mesurage, de régulation et de laboratoire – Partie 1: Prescriptions générales*
- [11] UIT-R Recommandation BS.468-4: *Mesure du niveau de tension des bruits audiofréquence en radiodiffusion sonore*
- [12] JCGM 200:2012, *Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)*

FINAL VERSION

VERSION FINALE



INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE
COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

BASIC EMC PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods –

Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity – Conducted disturbance measurements

Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques –

Partie 2-1: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesures des perturbations conduites

CONTENTS

FOREWORD	8
1 Scope	10
2 Normative references	10
3 Terms, definitions and abbreviations	10
3.1 Terms and definitions	10
3.2 Abbreviations	17
4 Types of disturbance to be measured	17
4.1 General	17
4.2 Types of disturbance	17
4.3 Detector functions	18
5 Connection of measuring equipment	18
5.1 General	18
5.2 Connection of ancillary equipment	18
5.3 Connections to reference ground	18
5.4 Connection between the EUT and the artificial network	20
6 General measurement requirements and conditions	21
6.1 General	21
6.2 Disturbance not produced by the equipment under test	21
6.2.1 General	21
6.2.2 Compliance testing	21
6.3 Measurement of continuous disturbance	21
6.3.1 Narrowband continuous disturbance	21
6.3.2 Broadband continuous disturbance	21
6.3.3 Use of spectrum analyzers and scanning receivers	22
6.4 EUT arrangement and measurement conditions	22
6.4.1 EUT arrangement	22
6.4.2 Normal load conditions	24
6.4.3 Duration of operation	24
6.4.4 Running-in/warm-up time	24
6.4.5 Supply	25
6.4.6 Mode of operation	25
6.4.7 Operation of multifunction equipment	25
6.4.8 Determination of EUT arrangement(s) that maximize(s) emissions	25
6.4.9 Recording of measurement results	25
6.5 Interpretation of measuring results	25
6.5.1 Continuous disturbance	25
6.5.2 Discontinuous disturbance	26
6.5.3 Measurement of the duration of disturbances	26
6.6 Measurement times and scan rates for continuous disturbance	26
6.6.1 General	26
6.6.2 Minimum measurement times	26
6.6.3 Scan rates for scanning receivers and spectrum analyzers	27
6.6.4 Scan times for stepping receivers	28
6.6.5 Strategies for obtaining a spectrum overview using the peak detector	29

6.6.6	Timing considerations using FFT-based instruments.....	32
7	Measurement of disturbances conducted along leads, 9 kHz to 30 MHz	34
7.1	General.....	34
7.2	Measuring equipment (receivers, etc.)	35
7.2.1	General	35
7.2.2	Use of detectors for conducted disturbance measurements	35
7.3	Ancillary measuring equipment	35
7.3.1	General	35
7.3.2	Artificial networks (ANs)	35
7.3.3	Voltage probes	36
7.3.4	Current probes	36
7.4	Configuration of the EUT and method of measurement	37
7.4.1	Arrangement of the EUT and its connection to the AN.....	37
7.4.2	Procedure for the measurement of disturbance voltages with ANs	43
7.4.3	Measurement of common mode voltages at differential mode signal terminals	52
7.4.4	Measurements using voltage probes	53
7.4.5	Measurement using a capacitive voltage probe (CVP)	55
7.4.6	Measurements using current probes	55
7.5	System test configuration for conducted emissions measurements	56
7.5.1	General approach to system measurements	56
7.5.2	System configuration	56
7.5.3	Measurements of interconnecting lines	59
7.5.4	Decoupling of system components.....	59
7.6	In situ measurements.....	59
7.6.1	General	59
7.6.2	Reference ground	60
7.6.3	Measurement with voltage probes.....	60
7.6.4	Selection of measuring points.....	60
8	Automated measurement of disturbances	61
8.1	Precautions for automating measurements.....	61
8.2	Generic measurement procedure	61
8.3	Prescan measurements	62
8.4	Data reduction	63
8.5	Disturbance maximization and final measurement.....	63
8.6	Post processing and reporting.....	63
8.7	Disturbance measurement strategies with FFT-based measuring instruments	63
9	Test set-up and measurement procedure using the CDNE in the frequency range 30 MHz to 300 MHz	64
9.1	General.....	64
9.2	Test set-up	64
9.3	Measurement procedure	66
Annex A (informative)	Guidelines for connection of electrical equipment to the artificial mains network	68
A.1	General.....	68
A.2	Classification of the possible cases.....	68
A.2.1	Well-shielded but poorly filtered EUT (Figures A.1 and A.2).....	68

A.2.2	Well-filtered but incompletely shielded EUT (Figures A.3 and A.4)	69
A.2.3	Practical general case	69
A.3	Method of grounding	71
A.4	Conditions of grounding	71
A.4.1	General	71
A.4.2	Classification of typical testing conditions	72
A.5	Connection of the AMN as a voltage probe	73
Annex B (informative)	Use of spectrum analyzers and scanning receivers	75
B.1	General	75
B.2	Overload	75
B.3	Linearity test	75
B.4	Selectivity	75
B.5	Normal response to pulses	75
B.6	Peak detection	75
B.7	Frequency scan rate	76
B.8	Signal interception	76
B.9	Average detection	76
B.10	Sensitivity	76
B.11	Amplitude accuracy	77
Annex C (informative)	Decision tree for use of detectors for conducted disturbance measurements	78
Annex D (informative)	Scan rates and measurement times for use with the average detector	80
D.1	General	80
D.2	Suppression of impulsive disturbance	80
D.2.1	General	80
D.2.2	Suppression of impulsive disturbance by digital averaging	81
D.3	Suppression of amplitude modulation	81
D.4	Measurement of slowly intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances	81
D.5	Recommended procedure for automated or semi-automated measurements	83
Annex E (informative)	Guidelines for the improvement of the test set-up with ANs	84
E.1	In situ verification of the AN impedance and voltage division factor	84
E.2	PE chokes and sheath current absorbers for the suppression of ground loops	87
Annex F (normative)	Determination of suitability of spectrum analyzers for compliance tests	89
Annex G (informative)	Basic guidance for measurements on telecommunications ports	90
G.1	Limits	90
G.2	Combination of current probe and capacitive voltage probe (CVP)	91
G.3	Basic ideas of the capacitive voltage probe	91
G.4	Combination of current limit and voltage limit	92
G.5	Adjusting the TCM impedance with ferrites	94
G.6	Ferrite specifications for use with methods of Annex H	94
Annex H (normative)	Specific guidance for conducted disturbance measurements on telecommunication ports	97
H.1	General	97

H.2	Characteristics of AANs	98
H.3	Characteristics of current probe	99
H.4	Characteristics of capacitive voltage probe	99
H.5	Procedures for common mode measurements	99
H.5.1	General	99
H.5.2	Measurement procedure using AANs	99
H.5.3	Measurement procedure using a 150 Ω load connected to the outside surface of the cable screen	100
H.5.4	Measurement procedure using a combination of current probe and capacitive voltage probe	101
H.5.5	Measurement of cable, ferrite and AE common mode impedance	102
Annex I (informative)	Examples of AANs and ANs for screened cables	104
Bibliography		113

Figure 1	Example of a recommended test set-up with PE chokes with three AMNs and a sheath current absorber on the RF cable	20
Figure 2	Measurement of a combination of a CW signal ("NB") and an impulsive signal ("BB") using multiple sweeps with maximum hold	29
Figure 3	Example of a timing analysis	30
Figure 4	A broadband spectrum measured with a stepped receiver	31
Figure 5	Intermittent narrowband disturbances measured using fast short repetitive sweeps with maximum hold function to obtain an overview of the disturbance spectrum	32
Figure 6	FFT scan in segments	33
Figure 7	Frequency resolution enhanced by FFT-based measuring instrument	34
Figure 8	Illustration of current I_{CCM}	37
Figure 9	Test configuration: table-top EUT for conducted disturbance measurements on LV AC mains power ports and on analogue/digital data ports	39
Figure 10	Arrangement of EUT and AMN at 40 cm distance, with a) vertical RGP and b) horizontal RGP	40
Figure 11	Optional example test configuration for an EUT with only a power cord attached	40
Figure 12	Test configuration: floor-standing equipment (see 7.4.1 and 7.5.2.3)	42
Figure 13	Example test configuration: floor-standing and table-top equipment (see 7.4.1 and 7.5.2.3)	43
Figure 14	Schematic of disturbance voltage measurement configuration (see also 7.5.2.3)	46
Figure 15	Equivalent circuit for measurement of unsymmetric disturbance voltage for safety-class I (grounded) EUT	47
Figure 16	Equivalent circuit for measurement of unsymmetric disturbance voltage for safety-class II (ungrounded) EUT	49
Figure 17	RC element for artificial hand	50
Figure 18	Portable electric drill with artificial hand	50
Figure 19	Portable electric saw with artificial hand	51
Figure 22	Generic process to help reduce measurement time	62
Figure 23	Test set-up for measurement of an EUT with one cable	65
Figure 24	Test set-up for measurement of an EUT with two cables connected adjacent surfaces of the EUT	66

Figure 25 – Test set-up for measurement of an EUT with two cables connected on the same surface of the EUT	66
Figure 26 – Test configuration: table-top EUT for conducted disturbance measurements on the LV AC mains and LV DC power port of a GPCP	41
Figure 27 – Typical arrangement for measurement of conducted disturbances at LV AC mains and DC power ports of floor standing equipment with an AMN and a Δ -AN used as voltage probes, and with a current probe	55
Figure A.1 – Basic schematic of well-shielded but poorly filtered EUT	68
Figure A.2 – Detail of well-shielded but poorly filtered EUT	69
Figure A.3 – Well-filtered but incompletely shielded EUT	69
Figure A.4 – Well-filtered but incompletely shielded EUT, with U_2 reduced to zero	69
Figure A.5 – Disturbance supply through shielded conductors	70
Figure A.6 – Disturbance supply through unshielded but filtered conductors	70
Figure A.7 – Disturbance supply through ordinary conductors	71
Figure A.8 – AMN configurations	73
Figure C.1 – Decision tree for optimizing speed of conducted disturbance measurements with peak, quasi-peak and average detectors	78
Figure D.1 – Weighting function of a 10 ms pulse for peak (“PK”) and average detections with (“CISPR AV”) and without (“AV”) peak reading; meter time constant 160 ms	82
Figure D.2 – Weighting functions of a 10 ms pulse for peak (“PK”) and average detections with (“CISPR AV”) and without (“AV”) peak reading; meter time constant 100 ms	82
Figure D.3 – Example of weighting functions (of a 1 Hz pulse) for peak (“PK”) and average detections as a function of pulse width; meter time constant 160 ms	83
Figure D.4 – Example of weighting functions (of a 1 Hz pulse) for peak (“PK”) and average detections as a function of pulse width; meter time constant 100 ms	83
Figure E.1 – Parallel resonance of enclosure capacitance and ground strap inductance	84
Figure E.2 – Connection of an AMN to RGP using a wide grounding sheet for low inductance grounding	85
Figure E.3 – Impedance measured with the arrangement of Figure E.2 both with reference to the front panel ground and to the grounding sheet	85
Figure E.4 – VDF in the configuration of Figure E.2 measured with reference to the front panel ground and to the grounding sheet	85
Figure E.5 – Arrangement showing the measurement grounding sheet (shown with dotted lines) when measuring the impedance with reference to RGP	86
Figure E.6 – Impedance measured with the arrangement of Figure E.5 with reference to the RGP	86
Figure E.7 – VDF measured with parallel resonances in the AMN grounding	86
Figure E.8 – Attenuation of a sheath current absorber measured in a 150 Ω test arrangement	87
Figure E.9 – Arrangement for the measurement of attenuation due to PE chokes and sheath current absorbers	88
Figure G.1 – Basic circuit for considering the limits with a defined TCM impedance of 150 Ω	93
Figure G.2 – Basic circuit for the measurement with unknown TCM impedance	93
Figure G.3 – Impedance layout of the components used in Figure H.2	95

Figure G.4 – Basic test set-up to measure combined impedance of the 150 Ω and ferrites	96
Figure H.1 – Measurement set-up using an AAN	100
Figure H.2 – Measurement set-up using a 150 Ω load to the outside surface of the shield	101
Figure H.3 – Measurement set-up using current and capacitive voltage probes	102
Figure H.4 – Characterization set-up	103
Figure I.1 – Example AAN for use with unscreened single balanced pairs	104
Figure I.2 – Example AAN with high LCL for use with either one or two unscreened balanced pairs	105
Figure I.3 – Example AAN with high LCL for use with one, two, three, or four unscreened balanced pairs	106
Figure I.4 – Example AAN, including a 50 Ω source matching network at the voltage measuring port, for use with two unscreened balanced pairs	107
Figure I.5 – Example AAN for use with two unscreened balanced pairs	108
Figure I.6 – Example AAN, including a 50 Ω source matching network at the voltage measuring port, for use with four unscreened balanced pairs	109
Figure I.7 – Example AAN for use with four unscreened balanced pairs	110
Figure I.8 – Example AN for use with coaxial cables, employing an internal common mode choke created by bifilar winding an insulated centre-conductor wire and an insulated screen-conductor wire on a common magnetic core (for example, a ferrite toroid)	111
Figure I.9 – Example AN for use with coaxial cables, employing an internal common mode choke created by miniature coaxial cable (miniature semi-rigid solid copper screen or miniature double-braided screen coaxial cable) wound on ferrite toroids	111
Figure I.10 – Example AN for use with multi-conductor screened cables, employing an internal common mode choke created by bifilar winding multiple insulated signal wires and an insulated screen-conductor wire on a common magnetic core (for example, a ferrite toroid)	112
Figure I.11 – Example AN for use with multi-conductor screened cables, employing an internal common mode choke created by winding a multi-conductor screened cable on ferrite toroids	112
Table 1 – Minimum scan times for the three CISPR bands with peak and quasi-peak detectors	27
Table 2 – Minimum measurement times for the four CISPR bands	27
Table A.2 – Testing conditions for types of EUTs – Screened cable	74
Table B.1 – Sweep time/frequency or fastest scan rate	76
Table D.1 – Pulse suppression factors and scan rates for a 100 Hz video bandwidth	81
Table D.2 – Meter time constants and the corresponding video bandwidths and maximum scan rates	82
Table F.1 – Maximum amplitude difference between peak and quasi-peak detected signals	89
Table G.1 – Summary of advantages and disadvantages of the methods described in the specific subclauses of Annex H	91
Table H.1 – Telecommunication port disturbance measurement procedure selection	97
Table H.2 – a_{LCL} values	98

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INTERNATIONAL SPECIAL COMMITTEE ON RADIO INTERFERENCE

SPECIFICATION FOR RADIO DISTURBANCE AND IMMUNITY MEASURING APPARATUS AND METHODS –

Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity – Conducted disturbance measurements

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.

DISCLAIMER

This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.

This Consolidated version of CISPR 16-2-1 bears the edition number 3.1. It consists of the third edition (2014-02) [documents CISPR/A/1053/FDIS and CISPR/A/1062/RVD] and its amendment 1 (2017-06) [documents CISPR/A/1168/CDV and CISPR/A/1201/RVC]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

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 CISPR 16-2-1 has been prepared by CISPR subcommittee A: Radio-interference measurements and statistical methods.

This third edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition: Methods of measurement using a new type of ancillary equipment – the CDNE – are added.

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

A list of all parts of CISPR 16 series under the general title *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and 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.

The contents of the corrigendum of August 2020 have been included in this copy.

SPECIFICATION FOR RADIO DISTURBANCE AND IMMUNITY MEASURING APPARATUS AND METHODS –

Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity – Conducted disturbance measurements

1 Scope

This part of CISPR 16 is designated a basic standard that specifies the methods of measurement of disturbance phenomena in general in the frequency range 9 kHz to 18 GHz and especially of conducted disturbance phenomena in the frequency range 9 kHz to 30 MHz. The CDNE extends the frequency range of conducted disturbance measurements to 300 Hz.

NOTE In accordance with IEC Guide 107, CISPR 16 is a basic EMC standard for use by product committees of the IEC. As stated in Guide 107, product committees are responsible for determining the applicability of the EMC standard. CISPR and its sub-committees are prepared to co-operate with product committees in the evaluation of the value of particular EMC tests for specific products.

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.

CISPR 14-1, *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission*

CISPR 16-1-1:2010, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Measuring apparatus*

CISPR 16-1-2:2014, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Coupling devices for conducted disturbance measurements*

CISPR 16-4-2, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling – Uncertainty in EMC measurements*

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <http://www.electropedia.org>)

3 Terms, definitions and abbreviations

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-161, as well as the following apply.

3.1.1

ancillary equipment

transducers (e.g. current and voltage probes and artificial networks) connected to a measuring receiver or (test) signal generator and used in the disturbance signal transfer between the EUT and the measuring or test equipment

3.1.2

artificial network

AN

network that provides a defined impedance to the EUT at radio frequencies, couples the disturbance voltage to the measuring receiver, and decouples the test circuit from the mains network or other power lines or from signal lines with associated equipment

Note 1 to entry: There are four basic types of this network: the V-network (V-AN), which couples the unsymmetric voltages; the delta-network (Δ -AN), which couples symmetric (DM) and asymmetric (CM) voltages separately; the Y-network (Y-AN); and the coaxial (screened cable) network, which couple asymmetric (CM) voltages.

3.1.3

artificial mains network

AMN

network that provides a defined impedance to the EUT at radio frequencies, couples the disturbance voltage to the measuring receiver, and decouples the test circuit from the supply mains

Note 1 to entry: There are two basic types of this network: the V-network (V-AMN) which couples the unsymmetric voltages; and the delta-network (Δ -AMN), which couples symmetric (DM) and asymmetric (CM) voltages separately.

Note 2 to entry: The terms line impedance stabilization network (LISN) and V-AMN are used interchangeably.

Note 3 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.4

associated equipment

AE

apparatus, which is not part of the system under test, but needed to help exercise the EUT

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.5

asymmetric artificial network

AAN

network used to measure (or inject) asymmetric (common mode) voltages on unshielded symmetric signal (e.g. telecommunication) lines while rejecting the symmetric (differential mode) signal

Note 1 to entry: An AAN is an AN (artificial network) that provides a simulation of the asymmetric load realized by the telecommunication network.

Note 2 to entry: The term "Y-network" is a synonym for AAN.

Note 3 to entry: The AAN can also be used for immunity testing, where the receiver measurement port becomes the disturbance injection port.

Note 4 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.6

asymmetric voltage

RF voltage appearing between the electrical mid-point of the individual terminals or leads in a two- or multi-wire circuit and reference ground, sometimes called the CM voltage

Note 1 to entry: If, in case of a LV AC mains power port, V_a is the vector voltage between one of the mains terminals and reference ground, and V_b is the vector voltage between the other mains terminal and reference ground, the asymmetric voltage is half the vector sum of V_a and V_b , i.e. $(V_a + V_b)/2$.

3.1.7

symmetric voltage

RF voltage appearing between any pair of wires not comprising the wire at ground potential in a two- or multi-wire circuit, such as a single-phase mains supply or a bundle of twisted pairs in a communication cable, sometimes called the DM voltage

Note 1 to entry: In case of a LV AC mains power port, the symmetric voltage is the vector difference $(V_a - V_b)$.

3.1.8

unsymmetric mode voltage

RF voltage appearing between an individual terminal or lead in a two- or multi-wire circuit and reference ground

Note 1 to entry: The unsymmetric voltage is the voltage measured by the use of an artificial mains V-network. It denotes the amplitude of the vector voltage, V_a or V_b (mentioned in the notes to entry in 3.1.6 and 3.1.7).

3.1.9

auxiliary equipment

AuxEq

peripheral equipment which is part of the system under test

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.10

CDNE-X

coupling decoupling network for emission measurement in the frequency range 30 MHz to 300 MHz; where the "X" suffix can be "M2" for unscreened two-wire mains, DC or control ports, "M3" for unscreened three-wire mains, DC or control ports, and "Sx" for screened cable with x internal wires

Note 1 to entry: See Annex J in CISPR 16-1:2014 for example CDNE-X set-up diagrams.

3.1.11

coaxial cable

cable containing one or more coaxial lines, typically used for a matched connection of ancillary equipment to the measuring equipment or (test-)signal generator providing a specified characteristic impedance and a specified maximum allowable cable transfer impedance

3.1.12

common mode current

vector sum of the currents flowing through two or more conductors at a specified cross-section of a "mathematical" plane intersected by these conductors

3.1.13

continuous disturbance

RF disturbance with a duration of more than 200 ms at the IF-output of a measuring receiver, which causes a deflection on the meter of a measuring receiver in quasi-peak detection mode which does not decrease immediately

3.1.14

differential mode current

half the vector difference of the currents flowing in any two of a specified set of active conductors at a specified cross-section of a "mathematical" plane intersected by these conductors

3.1.15

discontinuous disturbance

for counted clicks, disturbance with a duration of less than 200 ms at the IF-output of a measuring receiver, which causes a transient deflection on the meter of a measuring receiver in quasi-peak detection mode

Note 1 to entry: For impulsive disturbance, see IEC 60050-161:1990, 161-02-08.

3.1.16

(electromagnetic) emission

phenomenon by which electromagnetic energy emanates from a source

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-08]

3.1.17

emission limit (from a disturbance source)

specified maximum emission level of a source of electromagnetic disturbance

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-03-12]

3.1.18

equipment under test

EUT

equipment (devices, appliances and systems) subjected to EMC (emission) compliance tests

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.19 Measurement, scan and sweep times

3.1.19.1

measurement

process of experimentally obtaining one or more quantity values that can reasonably be attributed to a quantity

[SOURCE: JCGM 200:2012, 2.1 [12]¹]

3.1.19.2

measurement time

T_m

effective, coherent time for a measurement result at a single frequency (in some areas also called dwell time)

- for the peak detector, the effective time to detect the maximum of the signal envelope,
- for the quasi-peak detector, the effective time to measure the maximum of the weighted envelope
- for the average detector, the effective time to average the signal envelope
- for the r.m.s. detector, the effective time to determine the r.m.s. of the signal envelope

3.1.19.3

scan

continuous or stepped frequency variation over a given frequency span

3.1.19.4

span

Δf

difference between stop and start frequencies of a sweep or scan

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

3.1.19.5

sweep

continuous frequency variation over a given frequency span

3.1.19.6

sweep time

scan time

T_s

time between start and stop frequencies of a sweep or scan

3.1.19.7

sweep rate

scan rate

frequency span divided by the sweep time or scan time

3.1.19.8

observation time

T_o

sum of measurement times T_m on a certain frequency in case of multiple sweeps

Note 1 to entry: If n is the number of sweeps or scans, then $T_o = n \times T_m$.

3.1.19.9

total observation time

T_{tot}

effective time for an overview of the spectrum (either single or multiple sweeps)

Note 1 to entry: If c is the number of channels within a scan or sweep, then $T_{tot} = c \times n \times T_m$.

3.1.20

measuring receiver

instrument such as a tunable voltmeter, an EMI receiver, a spectrum analyzer or an FFT-based measuring instrument, with or without preselection, that meets the relevant clauses of CISPR 16-1-1

Note 1 to entry: See Annex I of CISPR 16-1-1:2010 for further information.

3.1.21

number of sweeps per time unit

n_s

$1/(\text{sweep time} + \text{retrace time})$

Note 1 to entry: For example, sweeps per second.

3.1.22

product standard

publication specifying EMC requirements for a product or product family, taking into account specific aspects of such a product or product family

3.1.23

protective earthing

earthing a point or points in a system or in an installation or in equipment, for purposes of electrical safety

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-11]

3.1.24

reference ground

reference potential connecting point

Note 1 to entry: There can only be one reference ground in a conducted disturbance measurement system.

3.1.25

reference ground plane

RGP

flat, conductive surface that is at the same electric potential as reference ground, which is used as a common reference, and which contributes to a reproducible parasitic capacitance with the surroundings of the EUT

Note 1 to entry: A reference ground plane is needed for the measurements of conducted disturbances, and serves as reference for the measurement of unsymmetric and asymmetric disturbance voltages.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

Note 3 to entry: In some regions, the term 'reference earth' is used in place of 'reference ground'.

3.1.26

test

technical operation that consists of the determination of one or more characteristics of a given product, process or service according to a specified procedure

Note 1 to entry: A test is carried out to measure or classify a characteristic or a property of an item by applying to the item a set of environmental and operating conditions and/or requirements.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-13]

3.1.27

test configuration

combination that gives the specified measurement arrangement of the EUT in which a disturbance level is measured

3.1.28

total common mode impedance

TCM impedance

impedance between the cable attached to the EUT port under test and the RGP

Note 1 to entry: The complete cable is seen as one wire of the circuit and the ground plane as the other wire of the circuit. The TCM wave is the transmission mode of electrical energy, which can lead to radiation of electrical energy if the cable is exposed in the real application. Vice versa, this is also the dominant mode, which results from exposure of the cable to external electromagnetic fields.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.29

weighting

pulse-repetition-frequency (PRF) dependent conversion (mostly reduction) of a peak-detected impulse voltage level to an indication that corresponds to the interference effect on radio reception

Note 1 to entry: For the analogue receiver, the psychophysical annoyance of the interference is a subjective quantity (audible or visual, usually not a certain number of misunderstandings of a spoken text).

Note 2 to entry: For the digital receiver, the interference effect is an objective quantity that may be defined by the critical bit error ratio (BER) or bit error probability (BEP) for which perfect error correction can still occur or by another, objective and reproducible parameter.

3.1.29.1

weighted disturbance measurement

measurement of disturbance using a weighting detector

3.1.29.2

weighting characteristic

peak voltage level as a function of PRF for a constant effect on a specific radiocommunication system, i.e. the disturbance is weighted by the radiocommunication system itself

3.1.29.3

weighting detector

detector that provides an agreed weighting function

3.1.29.4

weighting factor

value of the weighting function relative to a reference PRF or relative to the peak value

Note 1 to entry: The weighting factor is expressed in dB.

3.1.29.5

weighting function

weighting curve

relationship between input peak voltage level and PRF for constant level indication of a measuring receiver with a weighting detector, i.e. the curve of response of a measuring receiver to repeated pulses

STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of CISPR 16-2-1:2014+AMD1:2017 CSV

3.2 Abbreviations

The following abbreviations, not already provided in 3.1, are used in this standard.

CCM	Converted common mode
CM	Common mode
CMAD	Common mode absorption device
CVP	Capacitive voltage probe
CW	Continuous wave
DM	Differential mode
Δ -AN	Artificial Δ -network (' Δ ' is pronounced 'delta')
EMC	Electromagnetic compatibility
EMI	Electromagnetic interference
FFT	Fast Fourier transform
GCPC	Grid connected power convertor
IF	Intermediate frequency
ISM	Industrial, scientific and medical
LCL	Longitudinal conversion loss
LV	Low voltage
OATS	Open area test site
PE	Protective earth
PRF	Pulse-repetition frequency
RC	Resistor-capacitor
RF	Radio frequency
RFI	Radio frequency interference
SOLT	Short-open-load-through (calibration method)
UM	Unsymmetric mode
V-AMN	Artificial mains V-network
V-AN	Artificial V-network
VDF	Voltage division factor
VDU	Video display unit
Y-AN	Artificial Y-network

4 Types of disturbance to be measured

4.1 General

Clause 4 describes the classification of different types of disturbance and the detectors appropriate for their measurement.

4.2 Types of disturbance

For physical and psychophysical reasons, dependent on the spectral distribution, measuring receiver bandwidth, the duration, rate of occurrence, and degree of annoyance during the assessment and measurement of radio disturbance, distinction is made between the following types of disturbance:

- narrowband continuous disturbance*, i.e. disturbance on discrete frequencies as, for example, the fundamentals and harmonics generated with the intentional application of RF energy with ISM equipment, constituting a frequency spectrum consisting only of individual

spectral lines whose separation is greater than the bandwidth of the measuring receiver so that during the measurement only one line falls into the bandwidth, in contrast to b);

- b) *broadband continuous disturbance*, which normally is unintentionally produced by the repeated impulses of, for example, commutator motors, and which has a repetition frequency which is lower than the bandwidth of the measuring receiver so that during the measurement more than one spectral line falls into the bandwidth; and
- c) *broadband discontinuous disturbance* is also generated unintentionally by mechanical or electronic switching procedures, for example by thermostats or programme controls with a repetition rate lower than 1 Hz (click-rate less than 30/min).

The frequency spectra described in b) and c) are characterized by having a continuous spectrum in the case of individual (single) impulses and a discontinuous spectrum in case of repeated impulses, both spectra being characterized by having a frequency range which is wider than the bandwidth of the measuring receiver specified in CISPR 16-1-1.

4.3 Detector functions

Depending on the types of disturbance, measurements may be carried out using a measuring receiver with:

- a) an average detector generally used in the measurement of narrowband disturbance and signals, and particularly to discriminate between narrowband and broadband disturbance;
- b) a quasi-peak detector provided for the weighted measurement of broadband disturbance for the assessment of audio annoyance to a radio listener, but also usable for narrowband disturbance;
- c) an r.m.s.-average detector provided for the weighted measurement of broadband disturbance for the assessment of the effect of impulsive disturbance to digital radio communication services but also useable for narrowband disturbance;
- d) a peak detector which may be used for either broadband or narrowband disturbance measurement.

Measuring receivers incorporating these detectors are specified in CISPR 16-1-1.

5 Connection of measuring equipment

5.1 General

Clause 5 describes the connection of measuring equipment, measuring receivers and ancillary equipment such as artificial networks (AN) and voltage and current probes.

5.2 Connection of ancillary equipment

The connecting cable between the measuring receiver and the ancillary equipment shall be shielded and its characteristic impedance shall be matched to the input impedance of the measuring receiver. The measurement result shall account for the attenuation of the connecting cable.

The output of the ancillary equipment shall be terminated with the prescribed impedance. A minimum attenuation of 10 dB between the AN output and the measuring receiver input is required in order to fulfill the specified tolerance of the AN impedance at its EUT port. This attenuation may be incorporated in the AN. The use of a transient limiter is recommended for the protection of the receiver input circuits. It shall be designed to provide signals of maximum receiver input level without creating nonlinear effects.

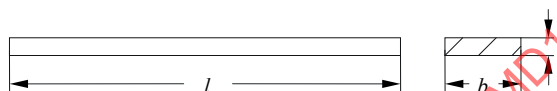
5.3 Connections to reference ground

The artificial network (AN) shall be connected to the reference ground by a low RF impedance, e.g. by direct bonding of the case of the AN to the reference ground of a shielded

room, or with a low impedance conductor as short and as wide as practical (the maximum length to width ratio of which is 3:1, and the inductance of which is less than approximately 50 nH corresponding to an impedance of less than approximately 10 Ω at 30 MHz). An in situ test of the voltage division factor as explained in Annex E is recommended. This will help to find, e.g. a ground strap resonance in the AN grounding.

NOTE 1 A conductor with rectangular cross section (see drawing below) with: length $l = 30$ cm, width $b = 3$ cm, thickness $c = 0,02$ cm will cause an inductance L of approximately 210 nH ($X_L = 40$ Ω at 30 MHz), which is excessive. The value of L was calculated using the following equation:

$$L = 2l \left(\ln \frac{2l}{b+c} + 0,5 + 0,22 \frac{b+c}{l} \right)$$



where

L is the inductance of the conductor in nH

l, b, c are the dimensions of the conductor in cm

If such a length cannot be avoided, a width as large as possible will minimize the inductance.

The measurement of unsymmetric (UM) or terminal voltages and asymmetric (CM) voltages shall be referenced only to the reference ground. Ground loops (common impedance coupling) shall be avoided. Ground loops will negatively affect repeatability of measurement and can, e.g. be detected if grounded components of a test set-up are touch-sensitive. This should also be observed for measuring apparatus (e.g. measuring receivers and connected ancillary equipment, such as oscilloscopes, analyzers, recorders, etc.) fitted with a PE conductor of safety class I equipment.

NOTE 3 A detrimental ground loop can be detected when the components of a test set-up are touch-sensitive, i.e. the reading changes when the component is touched.

The measuring instrumentation shall be provided with RF isolation so that the AN has only one RF connection to reference ground. This can be accomplished by using RF chokes and isolation transformers, or by powering the measuring apparatus from batteries. Figure 1 shows an example of a recommended test set-up with three AMNs and PE chokes for the avoidance of ground loops. In this figure, also the receiver RF connecting cable to the AMN can act as a ground connection if the receiver is grounded. Therefore, either a PE choke is needed at the receiver power input, or, if the receiver is outside a shielded room, a sheath current suppressor is needed on the connecting cable. Each AMN is thus RF-grounded only once.

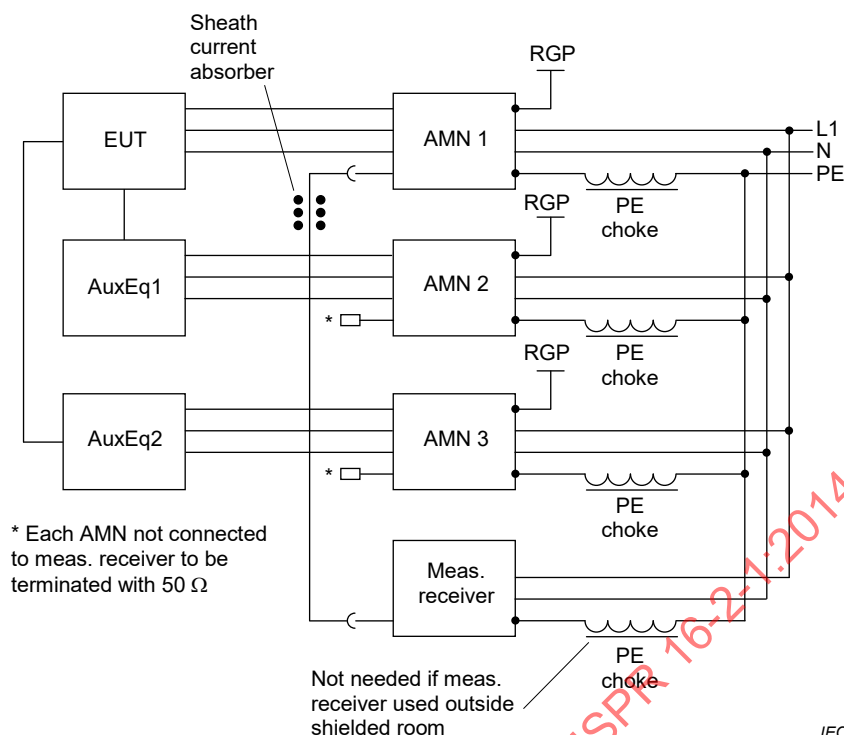


Figure 1 – Example of a recommended test set-up with PE chokes with three AMNs and a sheath current absorber on the RF cable

For safety reasons, PE chokes shall exhibit a low impedance for the power supply voltage at the power frequency and voltage in case of any defect. The short-circuit voltage across the PE choke shall be below 4 V. PE chokes may be incorporated inside the AMN.

The RF impedance of PE chokes and sheath current absorbers in the measurement frequency range should be high compared with the impedance of the AMN connection to the RGP. Commercially available PE chokes have, e.g. an inductance of 1,6 mH at nominal currents up to 36 A but they are not standardized in CISPR 16-1-2. The attenuation can be tested in accordance with Annex E. Some AMNs are available with built-in PE chokes. The difference in potential between PE and RGP shall be minimized to avoid saturation of PE chokes from the resulting DC or low frequency current flowing through the chokes. If the current is unknown, it may have to be measured.

NOTE 2 Sheath currents are RF currents flowing on the shield of shielded (e.g. coaxial) cables, and are a source of measurement uncertainty. Sheath current absorbers serve the purpose of reducing these currents.

For the treatment of PE connection of the EUT to the reference ground, see Clause A.4.

Stationary test configurations of the AMN do not require a connection with the protective earth conductor if the reference ground is connected directly and meets the safety requirements for protective earth conductors (PE connections).

5.4 Connection between the EUT and the artificial network

General guidelines for the selection of grounded and non-grounded connections of the EUT to the AMN are discussed in Annex A. The same guidelines also apply for selection of connections of the EUT to other types of AN used for the termination of ports other than LV AC mains ports.

6 General measurement requirements and conditions

6.1 General

Radio disturbance measurements, within the uncertainties allowed by CISPR 16-4-2, shall be:

- reproducible, i.e. independent of the measurement location and environmental conditions, especially ambient noise;
- free from interactions, i.e. the connection of the EUT to the measuring equipment shall neither influence the function of the EUT nor the accuracy of the measurement equipment.

These requirements may be met by observing the following conditions:

- a) existence of a sufficient signal-to-noise ratio at the desired measurement level, e.g. the level of the relevant disturbance limit;
- b) having a defined measuring set-up, termination and operating conditions of the EUT;
- c) in the case of voltage probe measurements on the supply mains, the probe shall have an impedance of 1,5 k Ω as specified in CISPR 16-1-2; for measurements on other circuits, the impedance may need to be increased (as provided by active voltage probes) to avoid excessive loading of high impedance circuits;
- d) in the case of current probe measurements, the probe shall have an impedance in the measuring circuit of 1 Ω maximum, as specified in CISPR 16-1-2.

6.2 Disturbance not produced by the equipment under test

6.2.1 General

The measurement signal-to-noise ratio with respect to ambient noise shall meet the following requirements. Should the ambient noise level exceed the required level, it shall be recorded in the test report.

6.2.2 Compliance testing

A test site shall permit emissions from the EUT to be distinguished from ambient noise. The ambient noise level should be at least 20 dB below the specified limit. For in situ tests the ambient noise level should be at least 6 dB below the specified limit. In in situ cases, the disturbance plus ambient shall not exceed the limit. If the disturbance plus ambient exceeds the limit, then other methods need to be applied, for example, reduce the bandwidth, apply ambient cancellation, change frequency, etc. The suitability of the site for the permitted ambient level may be determined by measuring the ambient noise level with the EUT in place but not operating.

NOTE Annex A of CISPR 16-2-3:2010 [3] provides recommendations for measurement of disturbances in the presence of ambient emissions.

6.3 Measurement of continuous disturbance

6.3.1 Narrowband continuous disturbance

The measuring receiver shall be kept tuned to the discrete frequency under investigation and retuned if the frequency fluctuates.

6.3.2 Broadband continuous disturbance

For the assessment of broadband continuous disturbance the level of which is fluctuating, the maximum reproducible measurement value shall be found; see 6.5.1 for further details.

6.3.3 Use of spectrum analyzers and scanning receivers

Spectrum analyzers and scanning receivers are useful for disturbance measurements, particularly in order to reduce measuring time. However, special consideration shall be given to certain characteristics of these instruments, which include: overload, linearity, selectivity, normal response to pulses, frequency scan rate, signal interception, sensitivity, amplitude accuracy and peak, average and quasi-peak detection. These characteristics are considered in Annex B.

6.4 EUT arrangement and measurement conditions

6.4.1 EUT arrangement

6.4.1.1 General

Where not specified in the product standard, the EUT shall be configured as described in the following paragraphs.

The EUT shall be installed, arranged and operated in a manner consistent with typical applications. Where the manufacturer has specified or recommended an installation practice, such practice shall be used in the test arrangement, where possible. This arrangement shall be typical of the normal installation practice. Interface cables, loads and devices shall be connected to at least one of each type of interface port of the EUT, and where practical, each cable shall be terminated in a device typical of actual usage.

Where there are multiple interface ports of the same type, additional interconnecting cables, loads and devices may need to be added to the EUT depending upon the results of preliminary tests. The number of additional cables or wires of the same type should be limited to the condition where the addition of another cable or wire does not significantly affect the disturbance level, i.e. varies by less than 2 dB, provided that the EUT remains compliant. The rationale for the selection of the configuration and loading of ports shall be included in the test report.

Interconnecting cables should be of the type and length specified in the individual equipment requirements. If the length can be varied, the length shall be selected to produce maximum disturbance.

If shielded or special cables are used during the tests to achieve compliance, a note shall be included in the instruction manual advising of the need to use such cables.

Excess lengths of cables shall be bundled at the approximate centre of the cable with the bundles 30 cm to 40 cm in length. If it is impractical to do so because of cable bulk or stiffness, the disposition of the excess cable shall be precisely noted in the test report.

Where there are multiple interface ports all of the same type, connecting a cable to just one of that type of port is sufficient, provided it can be shown that the additional cables would not significantly affect the results.

Any set of results shall be accompanied by a complete description of the cable and equipment orientation so that results can be reproduced. If specific conditions of use are required to meet the limits, those conditions shall be specified and documented, for example cable length, cable type, shielding and grounding. These conditions shall be included in the instructions to the user.

Equipment that is populated with multiple modules (such as drawers and plug-in cards) shall be tested with a mix and number representative of that used in a typical installation. The number of additional boards or plug-in cards of the same type should be limited to the condition where the addition of another board or plug-in card does not significantly affect the disturbance level, i.e. varies by less than 2 dB, provided that the EUT remains compliant. The

rationale used for selecting the number and type of modules should be stated in the test report.

A system that consists of a number of separate units shall be configured to form a minimum representative configuration. The number and mix of units included in the test configuration shall normally be representative of that used in a typical installation. The rationale used for selecting units should be stated in the test report.

One module of each type shall be operational in each equipment evaluated in an EUT. For an EUT comprising a system, one of each type of equipment that can be included in the possible system configuration shall be included in the EUT.

The results of an evaluation of EUTs having one of each type of module can be applied to configurations having more than one of each of those modules.

NOTE It has been found that disturbances from identical modules are generally not additive in practice.

The EUT position relative to the RGP shall be equivalent to that occurring in use. Therefore, floor-standing equipment is placed on, but insulated from, an RGP, and tabletop equipment is placed on a non-conductive table.

Equipment designed for wall-mounted operation shall be tested as tabletop EUT. The orientation of the equipment shall be consistent with normal installation practice.

Combinations of the equipment types identified above shall also be arranged in a manner consistent with normal installation practice. Equipment designed for both tabletop and floor standing operation shall be tested as tabletop equipment unless the usual installation is floor standing, then that arrangement shall be used.

The ends of signal cables attached to the EUT that are not connected to another unit or auxiliary equipment (AuxEq) shall be terminated using the correct terminating impedance defined in the product standard. If no product standard can be applied to the particular configuration, the termination shall be defined by the EUT manufacturer and noted in the test report.

Cables or other connections to auxiliary equipment located outside the test site shall drape to the floor, and then be routed to the place where they leave the test site.

Installation of AuxEq shall be in accordance with normal installation practice. Where this means that the AuxEq is located on the test site, it shall be arranged using the same conditions applicable for the EUT (for example, distance from the ground plane and insulation from the ground plane if floor standing, layout of cabling).

6.4.1.2 Arrangement of tabletop equipment

Equipment intended for tabletop use shall be placed on a non-conductive table. The size of the table will nominally be 1,5 m by 1,0 m but may ultimately be dependent on the horizontal dimensions of the EUT.

Intra-unit cables shall be draped over the back of the table. If a cable hangs closer than 0,4 m from the horizontal ground plane (or floor), the excess shall be folded at the cable centre into a bundle no longer than 0,4 m, such that the part of the bundle closest to the horizontal RGP is at least 0,4 m above the plane.

Cables shall be positioned as for normal usage.

If the mains port input cable is less than 0,8 m long (including power supplies integrated in the mains plug), an extension cable shall be used such that the external power supply unit is

placed on the tabletop. The extension cable shall have characteristics similar to the mains cable (including the number of conductors and the presence of a ground connection). The extension cable shall be treated as part of the mains cable.

In the above arrangements, the cable between the EUT and the power accessory shall be arranged on the tabletop in the same manner as other cables connecting components of the EUT.

6.4.1.3 Arrangement of floor-standing equipment

The EUT shall be placed on the horizontal RGP, orientated for normal use, but separated from metallic contact with the RGP by up to 15 cm of insulation.

The cables shall be insulated (by up to 15 cm) from the horizontal RGP. If the equipment requires a dedicated ground connection, then this shall be provided and bonded to the horizontal RGP.

Intra-unit cables (between units forming the EUT or between the EUT and any auxiliary equipment) shall drape to, but remain insulated from, the horizontal RGP. Any excess cable shall either be folded at the cable centre into a bundle no longer than 0,4 m or arranged in a serpentine fashion. If an intra-unit cable length is not long enough to drape to the horizontal RGP but drapes closer than 0,4 m, then the excess shall be folded at the cable centre into a bundle no longer than 0,4 m. The bundle shall be positioned such that it is either 0,4 m above the horizontal RGP or at the height of the cable entry or connection point if this is within 0,4 m of the horizontal RGP.

For equipment with a vertical cable riser, the number of risers shall be typical of installation practice. Where the riser is made of non-conductive material, a minimum spacing of at least 0,2 m shall be maintained between the closest part of the equipment and the nearest vertical cable. Where the riser structure is conductive, the minimum spacing of 0,2 m shall be between the closest parts of the equipment and riser structure.

6.4.1.4 Arrangement for combinations of tabletop and floor-standing equipment

Intra-unit cables between a tabletop unit and a floor-standing unit shall have the excess cable folded into a bundle no longer than 0,4 m. The bundle shall be positioned such that it is either 0,4 m above the horizontal RGP or at the height of the cable entry or connection point if this is within 0,4 m of the horizontal RGP.

6.4.2 Normal load conditions

The normal load conditions shall be as defined in the product standard relevant to the EUT, and for EUTs not covered by a product standard, as indicated in the manufacturer's instructions.

6.4.3 Duration of operation

The duration of operation (during which the disturbance can be measured) shall be, in the case of EUTs with a given rated operating time, in accordance with the marking; in all other cases, the time is not restricted.

6.4.4 Running-in/warm-up time

No specific running-in/warm-up time, prior to testing, is given, but the EUT shall be operated for a sufficient period to ensure that the modes and conditions of operation (e.g. operating temperature is reached, software loading is completed and EUT is ready to perform its intended operation) are typical of those during the life of the equipment. The term "running-in time" relates to EUTs that include electrical motors. For some EUTs, special test conditions may be prescribed in the relevant product publications.

6.4.5 Supply

The EUT shall be operated from a supply having the rated voltage of the EUT. EUTs with more than one rated voltage shall be tested at the rated voltage which causes maximum disturbance. Product standards may call for additional measurements at supply voltages within the rated supply voltage range, if, for example, the levels of disturbances vary considerably with the actual supply voltage used during the measurements.

6.4.6 Mode of operation

The EUT shall be operated under conditions of use intended by the manufacturer which cause the maximum disturbance at the measurement frequency.

6.4.7 Operation of multifunction equipment

Multifunction equipment that is subjected simultaneously to different clauses of a product standard and/or different standards shall be tested with each function operated in isolation, if this can be achieved without modifying the equipment internally. The equipment thus tested shall be deemed to have complied with the requirements of all clauses/standards when each function has satisfied the requirements of the relevant clause/standard.

For equipment that it is not practical to test with each function operated in isolation, or where the isolation of a particular function would result in the equipment being unable to fulfil its primary function, or where the simultaneous operation of several functions would result in saving measurement time, the equipment shall be deemed to have complied if it meets the provisions of the relevant clause/standard with the necessary functions operated.

6.4.8 Determination of EUT arrangement(s) that maximize(s) emissions

Initial testing shall identify the frequency that has the highest disturbance relative to the limit. This identification shall be performed whilst operating the EUT in typical modes of operation and with cable positions in a test arrangement that is representative of typical installation practice.

The frequency of highest disturbance with respect to the limit shall be found by investigating disturbances at a number of significant frequencies. This provides confidence that the probable frequency of maximum disturbance has been found and that the associated cable, EUT arrangement and mode of operation have been identified.

For initial testing, the EUT should be arranged in accordance with the product standards as appropriate.

6.4.9 Recording of measurement results

Of those disturbances above ($L - 20$ dB), where L is the limit level in dB(μ V) or dB(μ A), the disturbance levels and the frequencies of at least the six disturbances having the smallest margin to the limit L shall be recorded.

In addition, the test report shall include the value of the measurement instrumentation uncertainty corresponding to the used test set-up, calculated as per the requirements of CISPR 16-4-2.

6.5 Interpretation of measuring results

6.5.1 Continuous disturbance

The following steps shall be applied when interpreting the results for continuous disturbance measurements:

- a) At each frequency for which the level of disturbance is close to the limit and not steady, the reading on the measuring receiver is observed for at least 15 s for each measurement; the highest readings shall be recorded. Some product standards allow the exclusion of isolated clicks, which shall be ignored (e.g. CISPR 14-1).
- b) If the general level of the disturbance is not steady, but shows a continuous rise or fall of more than 2 dB in the 15 s period, then the disturbance voltage levels shall be observed for a further period and the levels shall be interpreted according to the conditions of normal use of the EUT, as follows:
 - 1) if the EUT is one which may be switched on and off frequently, or the direction of rotation of which can be reversed, then at each frequency of measurement the EUT should be switched on or reversed just before each measurement, and switched off just after each measurement. The maximum level obtained during the first minute at each frequency of measurement shall be recorded;
 - 2) if the EUT is one which in normal use runs for longer periods, then it should remain switched on for the period of the complete test, and at each frequency the level of disturbance shall be recorded only after a steady reading (subject to the provision that item a) has been obtained).
- c) If the pattern of the disturbance from the EUT changes from a steady to a random character part way through a test, then that EUT shall be tested in accordance with item b).
- d) Measurements are taken throughout the complete spectrum and are recorded at least at the frequency with maximum reading and as required by the relevant CISPR publication.

6.5.2 Discontinuous disturbance

Measurement of discontinuous disturbance may be performed at a restricted number of frequencies; for further details, see CISPR 14-1.

6.5.3 Measurement of the duration of disturbances

The duration of a disturbance shall be known in order to measure it correctly and to determine if it is discontinuous. The duration of a disturbance may be measured in one of the following ways:

- through the connection of an oscilloscope to a measuring receiver's IF output to allow monitoring of the disturbance in the time-domain;
- through the tuning of either an EMI receiver or a spectrum analyzer to the disturbance frequency without frequency scanning (i.e. 'zero-span' mode) to allow monitoring of the disturbance in the time-domain; or
- through the use of the time-domain output of an FFT-based measuring receiver.

Guidance for the determination of the appropriate measurement time can be found in 8.3.

6.6 Measurement times and scan rates for continuous disturbance

6.6.1 General

For manual and automated or semi-automated measurements, measurement times and scan rates of measuring and scanning receivers shall be set such that the maximum emissions are measured. Especially, where a peak detector is used for prescans, the measurement times and scan rates have to take the timing of the disturbance under test into account. More detailed guidance on the execution of automated measurements can be found in Clause 8.

6.6.2 Minimum measurement times

The minimum measurement (dwell) times are given in Table 2. The minimum measurement (dwell) times for scanning receivers and FFT-based measuring instruments in Table 2 and the

scan times for spectrum analyzers in Table 1 apply to CW signals. The minimum scan times of Table 1 were derived to perform measurements in the entire CISPR band.

Table 1 – Minimum scan times for the three CISPR bands with peak and quasi-peak detectors

Frequency band		Scan time T_s for peak detection	Scan time T_s for quasi-peak detection
A	9 kHz to 150 kHz	14,1 s	2 820 s = 47 min
B	0,15 MHz to 30 MHz	2,985 s	5 970 s = 99,5 min = 1 h 39 min
C and D	30 MHz to 1 000 MHz	0,97 s	19 400 s = 323,3 min = 5 h 23 min

Table 2 – Minimum measurement times for the four CISPR bands

Frequency band		Minimum measurement time T_m
A	9 kHz to 150 kHz	10,00 ms
B	0,15 MHz to 30 MHz	0,50 ms
C and D	30 MHz to 1 000 MHz	0,06 ms
E	1 GHz to 18 GHz	0,01 ms

Depending on the type of disturbance, the scan time may have to be increased, especially for swept quasi-peak measurements. In extreme cases, the measurement time T_m at a certain frequency may have to be increased to 15 s, if the level of the observed disturbance is not steady (see 6.5.1).

Scan rates and measurement times for use with the average detector will be found in Annex D.

Most product standards call out for quasi-peak detection for compliance measurements which is very time consuming, if no time-saving procedures are applied (see Clause 8). Before time-saving procedures can be applied, the disturbance is detected in a prescan. To ensure that e.g. intermittent signals are not overlooked during an automatic scan, the considerations in 6.6.3 to 6.6.5 need to be taken into account.

6.6.3 Scan rates for scanning receivers and spectrum analyzers

One of two conditions need to be met to ensure that signals are not missed during automatic scans over frequency spans:

- for a single sweep: the measurement time at each frequency shall be larger than the intervals between pulses for intermittent signals;
- for multiple sweeps with maximum hold: the observation time at each frequency should be sufficient for intercepting intermittent signals.

The frequency scan rate is limited by the instrument's resolution bandwidth, and video bandwidth settings. If the scan rate is chosen too fast for the given instrument state, erroneous measurement results will be obtained. Therefore, a sufficiently long sweep time as defined below needs to be chosen for the selected frequency span. Intermittent signals may be intercepted by either a single sweep with sufficient observation time at each frequency or by multiple sweeps with maximum hold. Usually for an overview of unknown emissions, the latter will be highly efficient: as long as the spectrum display changes, there may still be intermittent signals to discover. The observation time is selected according to the periodicity at which interfering signals occur. In some cases, the sweep time may have to be varied in order to avoid synchronization effects.

When determining the minimum sweep time for measurements with a spectrum analyzer or scanning EMI receiver, based on a given instrument setting and using peak detection, two different cases have to be distinguished. If the video bandwidth is selected to be wider than the resolution bandwidth, the following expression can be used to calculate the minimum sweep time:

$$T_{s \min} = (k \times \Delta f) / (B_{\text{res}})^2 \quad (1)$$

where

$T_{s \min}$ is the minimum sweep time

Δf is the frequency span

B_{res} is the resolution bandwidth

k is the constant of proportionality, related to the shape of the resolution filter; this constant assumes a value between 2 and 3 for synchronously-tuned, near-Gaussian filters. For nearly rectangular, stagger-tuned filters, k has a value between 10 and 15.

NOTE Actual values of k are available from instrument manufacturers. The actual values are normally taken into consideration in the coupled mode of the receiver or spectrum analyzer firmware.

If the video bandwidth is selected to be equal to or smaller than the resolution bandwidth, the following expression can be used to calculate the minimum sweep time:

$$T_{s \min} = (k \times \Delta f) / (B_{\text{res}} \times B_{\text{video}}) \quad (2)$$

where B_{video} is the video bandwidth.

Most spectrum analyzers and scanning EMI receivers automatically couple the sweep time to the selected frequency span and the bandwidth settings. Sweep time is adjusted to maintain a calibrated display. The automatic sweep time selection can be overwritten if longer observation times are required, e.g. to intercept slowly varying signals.

In addition, for repetitive sweeps, the number of sweeps per second will be determined by the sweep time $T_{s \min}$ and the retrace time (time needed to retune the local oscillator and to store the measurement results, etc.).

6.6.4 Scan times for stepping receivers

Stepping EMI receivers are consecutively tuned to single frequencies using predefined step sizes. While covering the frequency range of interest in discrete frequency steps, a minimum dwell time at each frequency is required for the instrument to accurately measure the input signal.

For the actual measurement, a frequency step size of roughly 50 % or less of the resolution bandwidth used (depending on the resolution filter shape) is required to reduce measurement uncertainty for narrowband signals due to the stepwidth. Under these assumptions the scan time $T_{s \min}$ for a stepping receiver can be calculated using the following equation:

$$T_{s \min} = T_{m \min} \times \Delta f / (B_{\text{res}} \times 0,5) \quad (3)$$

where $T_{m \min}$ is the minimum measurement (dwell) time at each frequency.

In addition to the measurement time, some time is needed for the synthesizer to switch to the next frequency and for the firmware to store the measurement result, which in most measuring receivers is automatically done so that the selected measurement time is the

effective time for the measurement result. Furthermore, the selected detector, e.g. peak or quasi-peak, determines this time period as well.

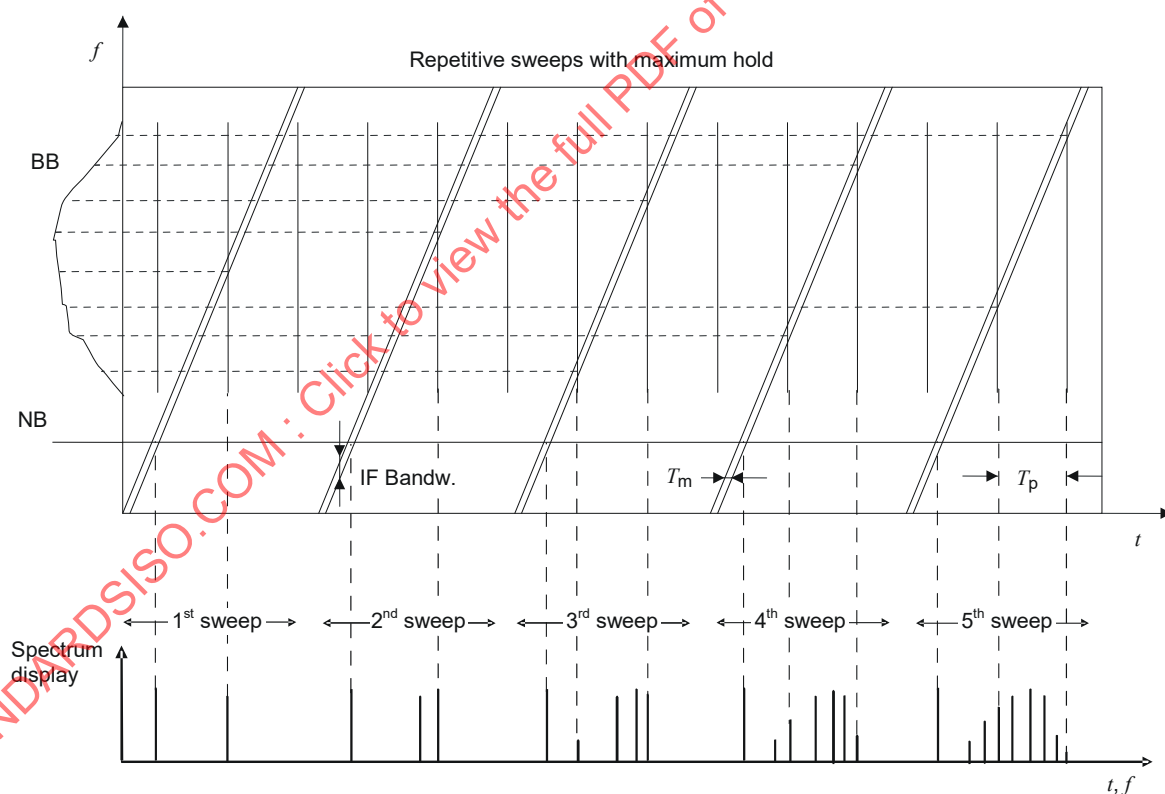
For purely broadband emissions, the frequency step size may be increased. In this case the objective is to find the maxima of the disturbance spectrum only.

6.6.5 Strategies for obtaining a spectrum overview using the peak detector

For each prescan measurement, the probability of intercepting all critical spectral components of the EUT spectrum shall be as close to 100 % as possible. Depending on the type of measuring receiver and the characteristics of the disturbance, which may contain narrowband and broadband elements, two general approaches are proposed:

- stepped scan: the measurement (dwell) time shall be long enough at each frequency to measure the signal peak, e.g. for an impulsive signal the measurement (dwell) time should be longer than the reciprocal of the repetition frequency of the signal;
- swept scan: the measurement time shall be larger than the intervals between intermittent signals (single sweep) and the number of frequency scans during the observation time should be maximized to increase the probability of signal interception.

Figures 2, 3, 4 and 5 show examples of the relationship between various time-varying disturbance spectra and the corresponding display on a measuring receiver. In the cases of Figures 2, 4, and 5, the upper part of the figure shows the position of the receiver bandwidth as it either sweeps or steps through the spectrum.



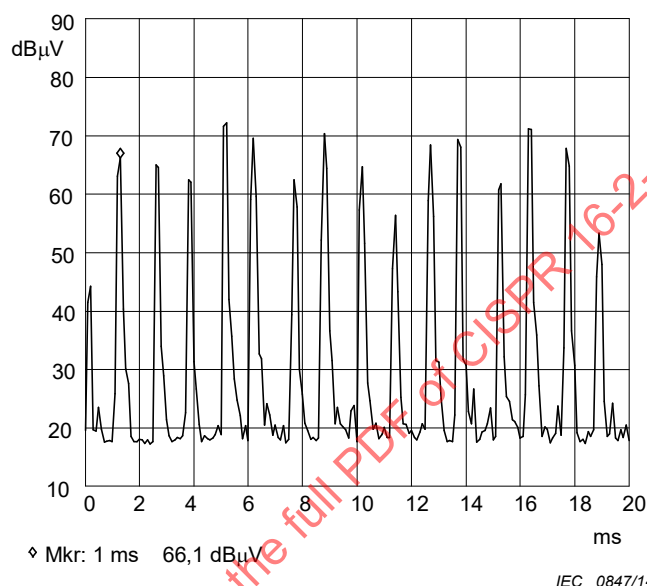
IEC 0846/14

T_p is the pulse-repetition interval of the impulsive signal. A pulse occurs at each vertical line of the spectrum-versus-time display (upper part of the figure).

Figure 2 – Measurement of a combination of a CW signal (“NB”) and an impulsive signal (“BB”) using multiple sweeps with maximum hold

If the type of disturbance is unknown, multiple sweeps with the shortest possible sweep time and peak detection allow the spectrum envelope to be determined. A short single sweep is sufficient to measure the continuous narrowband signal content of the EUT spectrum. For continuous broadband and intermittent narrowband signals, multiple sweeps at various scan rates using a “maximum hold” function may be necessary to determine the spectrum envelope. For low repetition impulsive signals, many sweeps will be necessary to fill up the spectrum envelope of the broadband component.

The reduction of measurement time requires a timing analysis of the signals to be measured. This can be done either with a measuring receiver which provides a graphical signal display, used in zero-span mode or using an oscilloscope connected to the receiver's IF or video output as shown for example in Figure 3.



Example results for disturbance from a DC collector motor. Due to the number of collector segments the pulse repetition frequency is high (approximately 800 Hz) and the pulse amplitude varies strongly. Therefore for this example, the recommended measurement (dwell) time with the peak detector is > 10 ms.

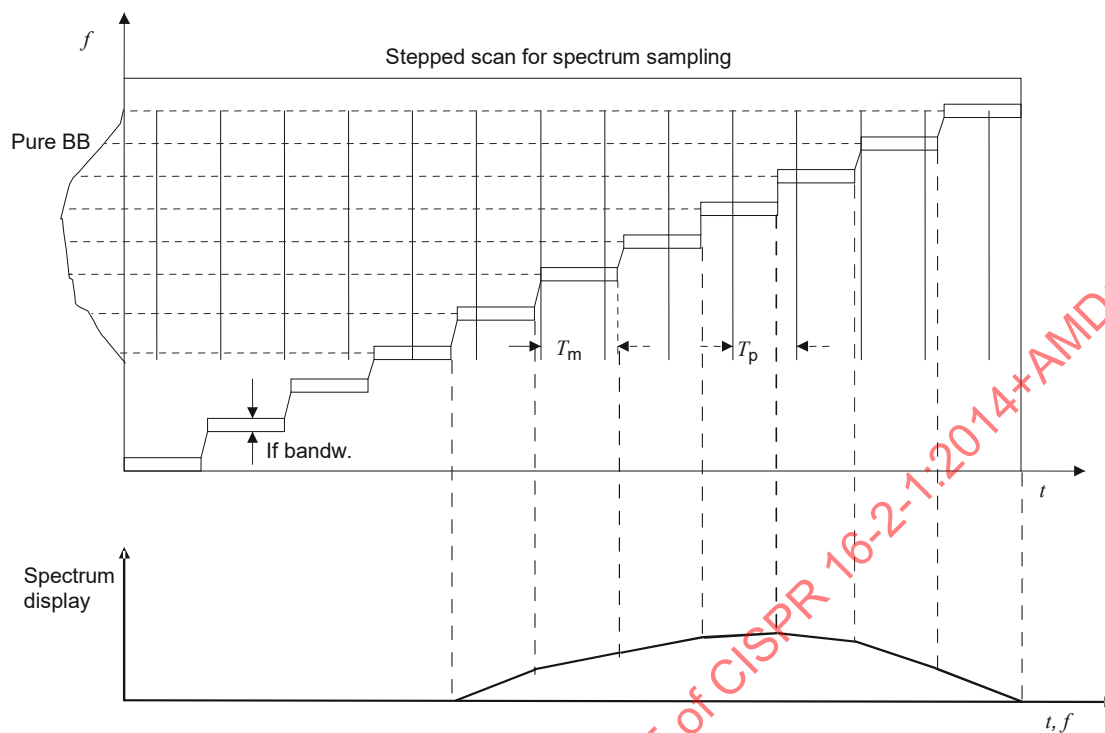
Figure 3 – Example of a timing analysis

From the timing analysis, pulse durations and pulse repetition frequencies can be determined and scan rates or dwell times selected accordingly:

- for **continuous unmodulated narrowband** disturbances, the fastest scan time possible for the selected instrument settings may be used;
- for **pure continuous broadband** disturbances, e.g. from ignition motors, arc welding equipment, and collector motors, a stepped scan (with peak or even quasi-peak detection) for sampling of the disturbance spectrum may be used. In this case, the knowledge of the type of disturbance is used to draw a polyline curve as the spectrum envelope (see Figure 4). The step size is chosen so that no significant variations in the spectrum envelope are missed. A single swept measurement – if performed slowly enough – will also yield the spectrum envelope;
- for **intermittent narrowband** disturbances with unknown frequencies either fast short sweeps involving a “maximum hold” function (see Figure 5) or a slow single sweep may be used. A timing analysis may be required prior to the actual measurement to ensure proper signal interception.

Intermittent broadband disturbances shall be measured with a disturbance analyzer that complies with CISPR 16-1-1. For explanation of related measurement procedures, see CISPR 14-1.

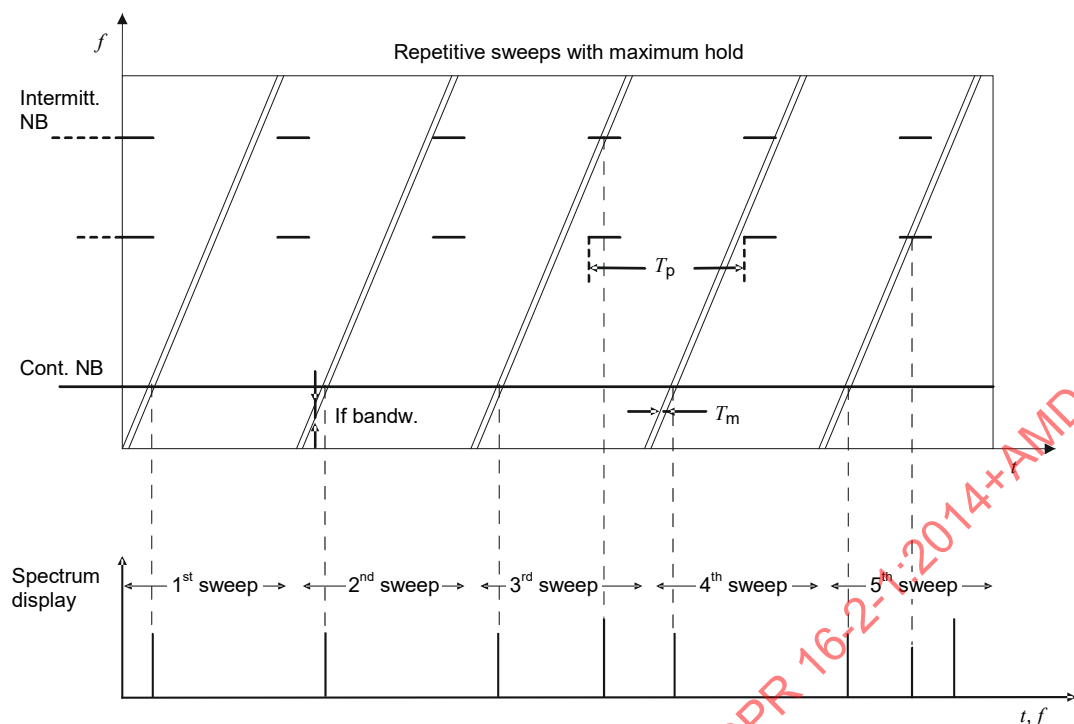
NOTE In the example of Figure 5, five sweeps are required until all spectral components are intercepted. The number of sweeps required or the sweep time may have to be increased, depending on pulse duration and pulse repetition interval.



IEC 0848/14

The measurement (dwell) time T_m should be longer than the pulse repetition interval T_p , which is the inverse of the pulse repetition frequency.

Figure 4 – A broadband spectrum measured with a stepped receiver



IEC 0849/14

Figure 5 – Intermittent narrowband disturbances measured using fast short repetitive sweeps with maximum hold function to obtain an overview of the disturbance spectrum

6.6.6 Timing considerations using FFT-based instruments

FFT-based measuring instruments may combine the parallel calculation at N frequencies and a stepped scan. For this purpose, the frequency range of interest is subdivided into a number of segments N_{seg} that are scanned sequentially. The procedure is shown in Figure 6 for three segments. The total scan time for the frequency range of interest T_{scan} is calculated as:

$$T_{\text{scan}} = T_m N_{\text{seg}} \quad (4)$$

where

T_m is the measurement time for each segment, and

N_{seg} is the number of segments.

FFT-based measuring instruments may also provide methods to improve the frequency resolution across a given frequency range. In general, an FFT-based measuring instrument will have a fixed frequency step $f_{\text{step FFT}}$ that is determined by the number of frequencies of the FFT. Increased frequency resolution is achieved by performing repeat calculations over a given frequency range. For each repeat calculation, the lowest frequency is incremented by a step ratio, $f_{\text{step final}}$.

Hence the first calculation over the given frequency range considers the following frequencies:

$$\begin{aligned} &f_{\text{min}}, \\ &f_{\text{min}} + f_{\text{step FFT}}, \\ &f_{\text{min}} + 2f_{\text{step FFT}}, \\ &f_{\text{min}} + 3f_{\text{step FFT}} \dots \end{aligned}$$

The second calculation over the given frequency range considers the following frequencies:

$$f_{\text{min}} + f_{\text{step final}},$$

$f_{\min} + f_{\text{step final}} + f_{\text{step FFT}}$,
 $f_{\min} + f_{\text{step final}} + 2f_{\text{step FFT}}$,
 $f_{\min} + f_{\text{step final}} + 3f_{\text{step FFT}} \dots$

This procedure, applied for a step ratio of 3, is displayed in Figure 7.

The scan time T_{scan} is calculated as:

$$T_{\text{scan}} = T_m \frac{f_{\text{step FFT}}}{f_{\text{step final}}} \quad (5)$$

where

T_m is the measurement time, and

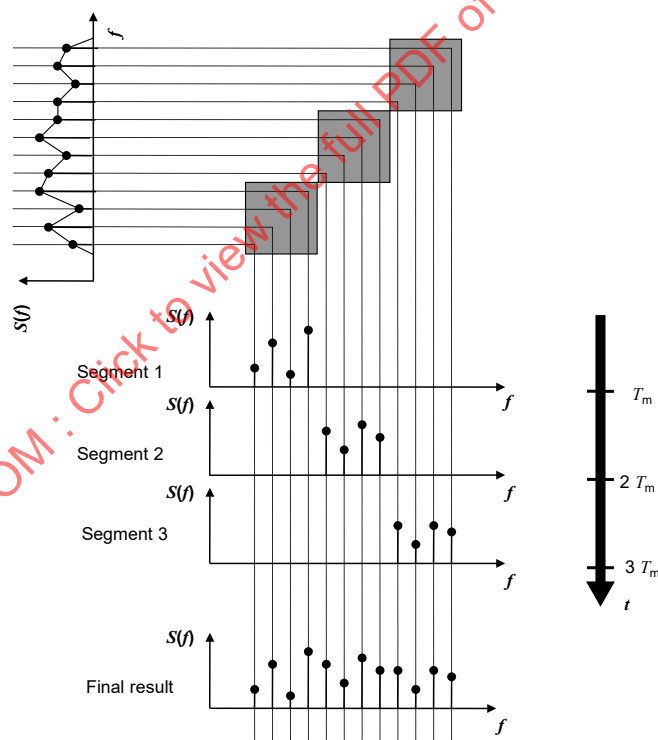
$\frac{f_{\text{step FFT}}}{f_{\text{step final}}}$ is the step ratio.

For a system that combines both methods, the scan time T_{scan} is calculated as:

$$T_{\text{scan}} = T_m N_{\text{seg}} \frac{f_{\text{step FFT}}}{f_{\text{step final}}} \quad (6)$$

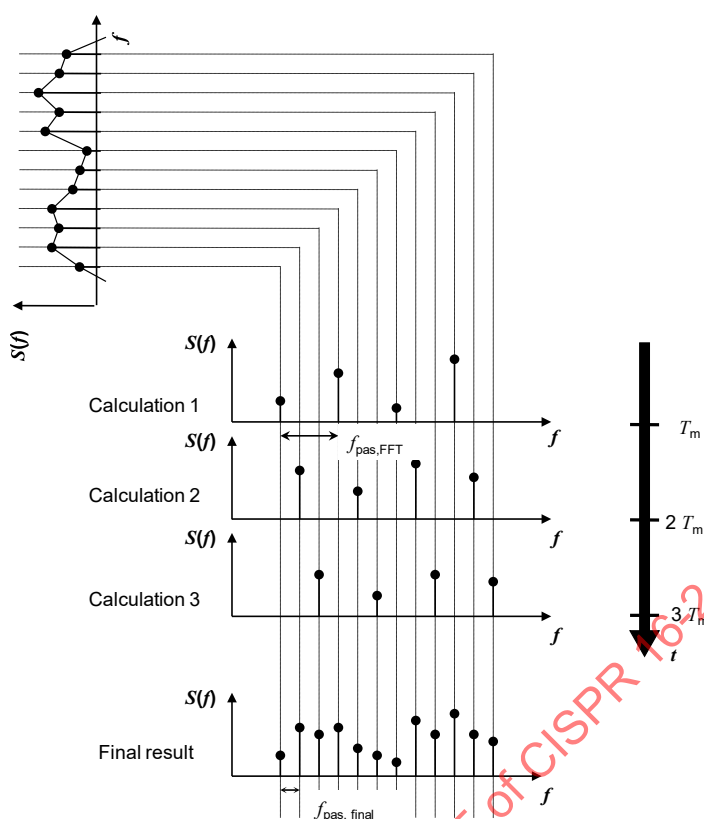
NOTE 1 FFT-based measuring instruments may combine both methods, i.e. the stepped scan as well as a method to improve the frequency resolution.

NOTE 2 Additional background information is provided in CISPR/TR 16-3 [4].



IEC 0850/14

Figure 6 – FFT scan in segments



IEC 0851/14

Figure 7 – Frequency resolution enhanced by FFT-based measuring instrument

7 Measurement of disturbances conducted along leads, 9 kHz to 30 MHz

7.1 General

When testing for compliance with disturbance limits for electromagnetic disturbances conducted along leads, the following items shall be considered as minimum, both in the standardized situation (type tests) and at the place of installation (in situ tests):

- a) *the types of disturbance*: there are two methods of measuring conducted disturbances, either as a voltage (prevailing method for CISPR measurements) or as a current. Both methods can be used to measure the three types of conducted disturbance, i.e.:
 - common mode (also called asymmetric mode, i.e. the vector sum of voltages/currents in bundle or group of wires in relation to reference ground);
 - differential mode (also called symmetric mode);
 - unsymmetric mode (voltage between a terminal of the port under test and reference ground).

NOTE The unsymmetric voltage is primarily measured at the LV AC mains power port. The CM voltage (or current) is measured primarily at telecommunication, signal and control ports.

- b) *the measuring equipment*: the type of measuring equipment is chosen in relation to the disturbance properties to be determined (see 7.2);
- c) *the ancillary equipment*: the type of ancillary equipment, i.e. artificial networks, current probes or voltage probes, is chosen in accordance with the type of disturbance to be measured in accordance with 7.1 a). Each type of ancillary equipment presents RF loading to the measured signals and ports (see 7.3);

- d) *RF load conditions of the disturbance source*: the test set-up will present certain RF load impedances to the disturbance source(s) in the EUT. These impedances are standardized in type tests or might depend on the conditions at the place of installation in the case of in situ tests (see 7.3 and 7.4);
- e) *the test configuration of EUT*: a standardized test configuration shall specify the reference ground, the position of the EUT and ancillary measuring equipment with respect to that reference ground, connections to that reference ground and interconnections of the EUT with the associated equipment in an unambiguous way (see 7.4 and 7.5).

7.2 Measuring equipment (receivers, etc.)

7.2.1 General

In general, a distinction is drawn between continuous and discontinuous disturbances. Continuous radio-frequency disturbances are predominantly measured in terms of frequency domain parameters. Discontinuous disturbances are also measured in terms of frequency domain parameters but may need additional time domain measurements.

The measuring receivers and other measuring equipment specified in CISPR 16-1-1 shall be used. For time domain measurements oscilloscopes etc. may be used.

7.2.2 Use of detectors for conducted disturbance measurements

CISPR 16-1-1 specifies the characteristics of detectors that are required to perform measurements per product specifications. Several of these product specifications require the use of both quasi-peak and average detectors for conducted disturbance measurements. The time constants of these two detectors are very long and make automated measurements time-consuming.

A peak detector with shorter time constants may be used to make initial measurements and to determine compliance with a limit. But if the measured disturbance levels are above a limit they shall be followed by measurements with the quasi-peak and average detectors.

Annex C provides guidance on how these measurements may be performed efficiently.

7.3 Ancillary measuring equipment

7.3.1 General

Ancillary measuring equipment for conducted disturbance measurement is divided into two categories:

- a) voltage measuring sensors, such as artificial networks (ANs) and voltage probes;

NOTE Some standards use the terms impedance stabilization network (ISN) for ANs for disturbance measurements on telecommunication ports (i.e. AANs or Y-networks).

- b) current measuring sensors, such as current probes.

7.3.2 Artificial networks (ANs)

7.3.2.1 General

The CM, DM and UM impedances of actual networks, such as power mains and telecommunication networks, are location dependent and, in general, time varying. Therefore, type testing of disturbance requires standardized impedance simulation networks, referred to as artificial networks (ANs). The AN provides standardized RF load impedances to the EUT and simultaneously decouples the laboratory LV AC mains and/or DC power source or other type of peripheral and ancillary equipment, like a signal simulator, from the EUT. For this purpose, the AN is inserted between the terminals of the EUT and the actual network or signal simulator. In this way, the AN simulates extended networks (long lines) with defined impedances.

7.3.2.2 Types of artificial networks

The ANs specified in CISPR 16-1-2 shall be used, unless specific reasons call for another construction. In general three types of AN can be distinguished:

- a) *V-AN (typically used as V-AMN, or LISN)*: in a defined frequency range, the RF impedances between each of the EUT terminals to be measured and the reference ground have a defined value, whereas no additional separate impedance component is connected directly between these terminals. The construction defines (indirectly) the measurement of the vector sum of both the symmetric (DM) and asymmetric (CM) voltages, i.e. of the composite unsymmetric (UM or terminal) disturbance voltage. In principle, there is no limit for the number of EUT terminals, i.e. for the number of lines to be measured by V-ANs;
- b) *Δ-AN*: in a defined frequency range, the RF impedances between a pair of EUT terminals to be measured (and not comprising the grounding terminal) and between the electrical mid-point of these terminals and the reference ground have defined values. This construction defines directly both the symmetric (DM) and the asymmetric (CM) RF load impedances. Addition of a balance/unbalance transformer makes it possible to measure the symmetric (DM) and asymmetric (CM) disturbance voltages separately. Practical implementations of Δ-ANs are presently (2016) furnished only with connectors for a total of three individual EUT terminals, inclusive of common ground;
- c) *Y-AN (also called the asymmetric artificial network, AAN, or ISN)*: in a defined frequency range, the CM RF impedance between the electrical mid-point of a pair of EUT terminals to be measured and the reference ground has a defined value. In general, no defined differential load impedance is included in a Y-AN as such. The defined DM impedance shall then be provided by the external circuit connected to the supply (line) terminals of the Y-AN. This type of AN is used to measure CM disturbance voltages only.

7.3.3 Voltage probes

For specifications of voltage probes, see CISPR 16-1-2.

Disturbance voltages on terminals which are not to be measured with an AN can be measured with a voltage probe. Examples of such terminals are connecting jacks for antennas, control lines, signal lines and load lines. In general the voltage probe is used to measure the unsymmetric disturbance voltage. The probe presents a high RF impedance between the terminal to be measured and the reference ground.

The capacitive voltage probe (CVP) is used to measure the asymmetric (common mode) voltage of a number of conductors without making direct conductive contact. It is constructed so that it can be clamped around the conductors to be measured. Clamping the CVP around an individual conductor will allow the measurement of the unsymmetric disturbance voltage.

7.3.4 Current probes

Current probes or current transformers allow the measurement of all three types of disturbance current (see 7.1 and CISPR 16-1-2) on mains and other power supply leads, signal lines, load lines, etc. A clip-on construction of the probe will facilitate its use.

The common mode current on leads is measured when the current probe is clipped around those leads, regardless of the number of wires. In this situation, the differential mode currents on the leads will induce signals with equal magnitude but opposite sign, so that these signals cancel to a high degree. The latter effect allows the measurement of a common mode current with a small amplitude in the presence of differential mode (operating) currents with large amplitude.

The current probe cannot be used for the measurement of the converted common mode (CCM) current between an AAN and the EUT. The CCM shall only be measured by the voltage at the output of the AAN (see 7.3.2.2 c)).

For already defined (and standardized) current probes, see CISPR 16-1-2.

NOTE The purpose of the AAN is to simulate the disturbance potential of the network cabling that is attached to the telecommunication port of the EUT. Thus, in response to the differential-mode voltage launched onto the network at the telecommunication port of the EUT, the AAN generates an internal common-mode voltage that represents the converted common-mode (CCM) voltage that would be generated by the attached network cabling. This internally generated common-mode voltage has an associated common-mode current (I_{CCM} in Figure 8). This current undergoes current division within the AAN (into I_{CCM1} and I_{CCM2} in Figure 8). The current division is determined by the common mode impedance of the AAN output (Z_T on Figure 8) and the common mode impedance presented at the AAN's EUT terminal (Z_E in Figure 8). The common-mode impedance of the AAN output is controlled and hence the common-mode voltage at the AAN output (V_{CCM} in Figure 8) is the measure of the disturbance potential of the connected network. The common mode impedance presented at the AAN's EUT port is not controlled: rather, it varies with frequency and depends upon the EUT size and the EUT arrangement. Hence this CCM current (I_{CCM2} in Figure 8) cannot be measured with a current probe because, for IT equipment of typical size, the magnitude of Z_E varies from around 2 k Ω to around 200 Ω , in the frequency range from 150 kHz to 30 MHz.

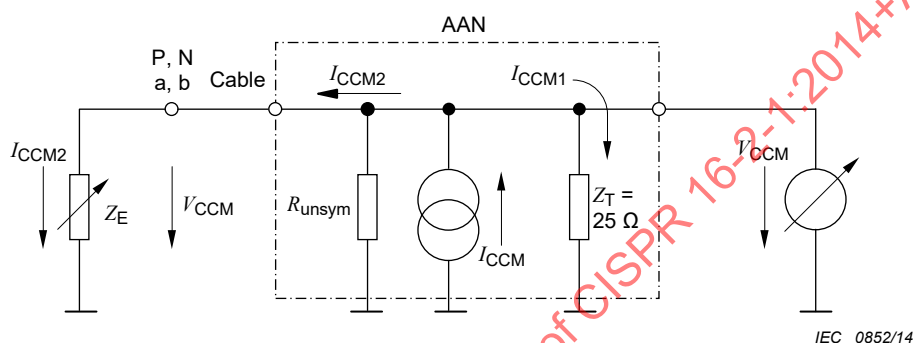


Figure 8 – Illustration of current I_{CCM}

7.4 Configuration of the EUT and method of measurement

7.4.1 Arrangement of the EUT and its connection to the AN

For measurement of the disturbance voltage, the EUT is connected to the laboratory LV AC and/or DC power supply and any other extended network via one or more AN(s) in accordance with the following requirements. In general, the V-AMN is used for the LV AC mains power port (see Figure 9) in accordance with the following requirements. For termination of LV DC power ports under test, 150 Ω Δ -ANs per CISPR 16-1-2 can be used (see Figure 26). CISPR product publications supply additional test details relevant to particular EUTs.

An EUT, whether intended to be grounded or not, and which is to be used on a table is configured as follows:

- either the bottom or the rear of the EUT shall be at a controlled distance of 40 cm from an RGP. This ground plane is normally the wall or floor of a shielded room. It may also be a grounded metal sheet with dimensions of at least 2 m by 2 m. This is physically accomplished as follows:
 - place the EUT on a table of non-conducting material which is at least 80 cm high; place the EUT so that it is 40 cm from the wall of the shielded room, or
 - place the EUT on a table of non-conducting material which is 40 cm high so that the bottom of the EUT is 40 cm above the ground plane;
- all other conductive surfaces of the EUT shall be more than 40 cm away from the RGP;
- the ANs are placed on the floor as shown in Figure 9 in such a way that one side of the AN housing is 40 cm from the vertical RGP and other metallic parts. V-AMNs and Y-ANs (AANs) are shown in Figures 9 and 10. If Δ -ANs are used, then they shall be placed on the floor in the same or similar way as the V-AMNs (see Figure 26).
- the EUT cable connections shall be as shown in Figure 9;

- the optional test configuration for table-top EUT with only a power cord attached is shown in Figure 11.

NOTE The configuration in Figure 11 may cause an ambiguity due to the fact that with some EUTs, the metallic disturbance source is not in the center of the nonmetallic housing (see CISPR 16-4-1 [5]).

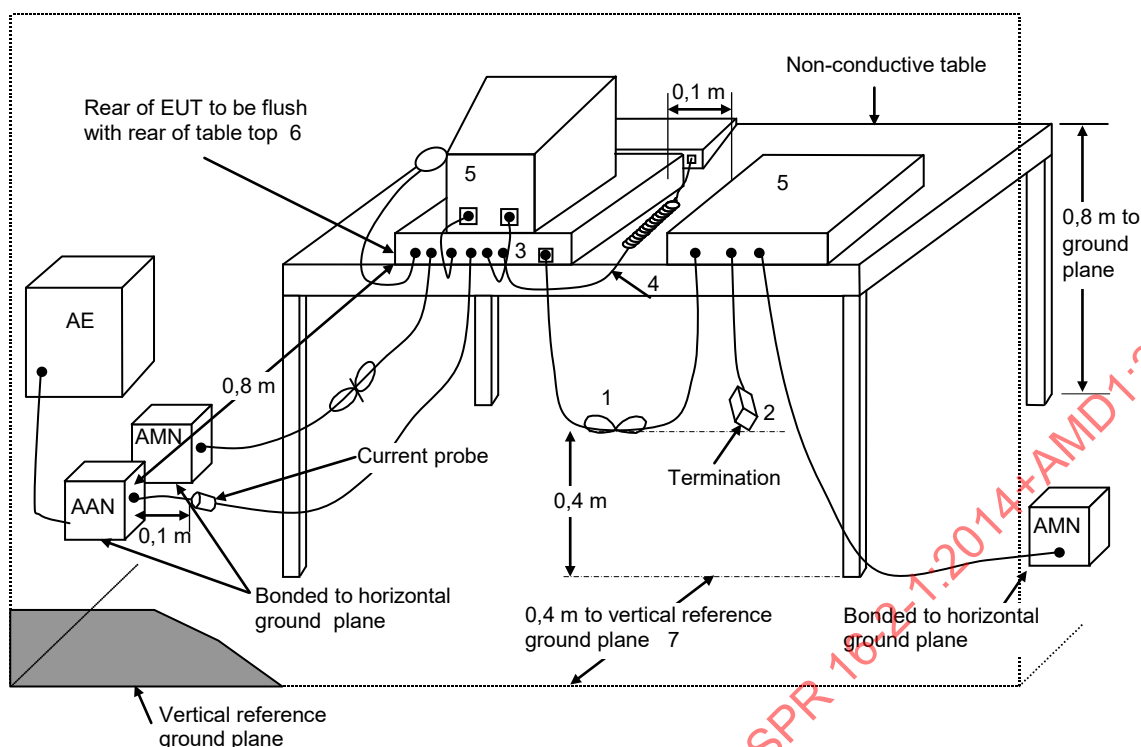
Floor-standing EUTs are subject to the same provisions as above with the exception that they shall be placed on a floor, the points of contact being consistent with normal use. A ground-connected floor of metal shall be used which shall not make metallic contact with the floor support(s) of the EUT, but which shall make contact with intentional ground conductors of the EUT. The metal floor may be used as the RGP and shall extend at least 50 cm beyond the boundaries of the EUT and have minimum dimensions of 2 m by 2 m. For examples of test configurations, see Figures 12 and 13.

The AN is RF bonded to the RGP by a low RF impedance connection (as explained in 5.2). The "low" RF impedance value should preferably be less than 10 Ω at 30 MHz. This can, for example, be achieved if the housing of the AN is mounted directly to the RGP or its connection strap has a length-to-width ratio not more than 3:1. Resonances in the AN grounding can be identified by an in situ test of the voltage division factor (see Annex E).

The EUT is arranged as shown in Figures 9 through 13. The reference distance between the boundary of the EUT and the closest surface of the AN is 80 cm. A good approach for table-top EUTs as in Figures 9 and 13 is the AN mounted in the ground plane – the front panel being flush with the ground plane.

The power leads to an AN and the connecting cable from the network to the measuring receiver should be arranged in such a way that their locations do not influence the measurement results. EUTs, which are not equipped with fixed connecting leads, are connected to the AN with a 1 m long lead or as specified in the relevant equipment documentation. The 1 m length is preferred as it gives a lower standard compliance uncertainty.

Unless the EUT has specific requirements for ground lead impedance, the following instructions shall apply. If the EUT is to be connected to a reference ground, this shall be done by means of a lead running parallel to the EUT mains lead and of the same length at a distance of not more than 10 cm from it, unless a ground conductor is contained in the mains lead itself. If a fixed lead is attached to the EUT it shall be 1 m long, or if in excess of 1 m, part of the lead is folded back and forth in the shape of a meander between 30 cm and 40 cm in length, and arranged in the form of a non-inductive serpentine in such a way that the total length of the lead does not exceed 1 m (see also Figure 14). However, when the bundled lead may influence the measurement results, a shortening of the length to 1 m is recommended.



IEC 0853/14

Key

- 1 Interconnecting cables that hang closer than 40 cm to the ground plane shall be folded back and forth forming a bundle 40 cm long or less, hanging approximately in the middle between the ground plane and the table. The minimum bend radius of the cable shall not be exceeded. If the bend radius causes the bundle length to exceed 40 cm, the bend radius shall determine the bundle length.
- 2 I/O cables that are connected to a peripheral shall be bundled in the centre. The end of the cable may be terminated if required using correct terminating impedance. The total length shall not exceed 1 m – if possible.
- 3 The EUT is connected to one AMN. Measurement terminals of AMNs and AANs shall be terminated with 50 Ω if not connected to the measuring receiver. AMNs are placed directly on the horizontal ground plane 0,8 m from the EUT and 40 cm from vertical ground plane if the vertical ground plane is the RGP (see also Figure 10 a)). Alternatively (as shown in Figure 10 b)), AMNs are placed on the vertical ground plane 0,8 m from the EUT, if the horizontal ground plane is the RGP, which is 40 cm below the EUT. To reach the 0,8 m distance, the AMNs may have to be moved to the side. All auxiliary equipment is connected to a second AMN if this second AMN is capable of supplying the necessary power. In cases where a single AMN is not capable of supplying the necessary power, several AMNs may be used to supply the auxiliary equipment. AANs are used for unshielded twisted pair cables containing 1, 2, 3 or 4 pairs, and current probes may be used for other cables (unshielded or shielded).
- 4 Cables of hand-operated devices, such as keyboards, mice, etc., shall be placed as close as possible to the host.
- 5 Non-EUT components being tested.
- 6 Rear of EUT, including peripherals, shall all be aligned and flush with rear of table-top.
- 7 Rear of table-top shall be at a distance of 40 cm from a vertical conducting plane that is bonded to the floor ground plane.

Tolerances of cable lengths and distances are as practical as possible.

Figure 9 – Test configuration: table-top EUT for conducted disturbance measurements on LV AC mains power ports and on analogue/digital data ports

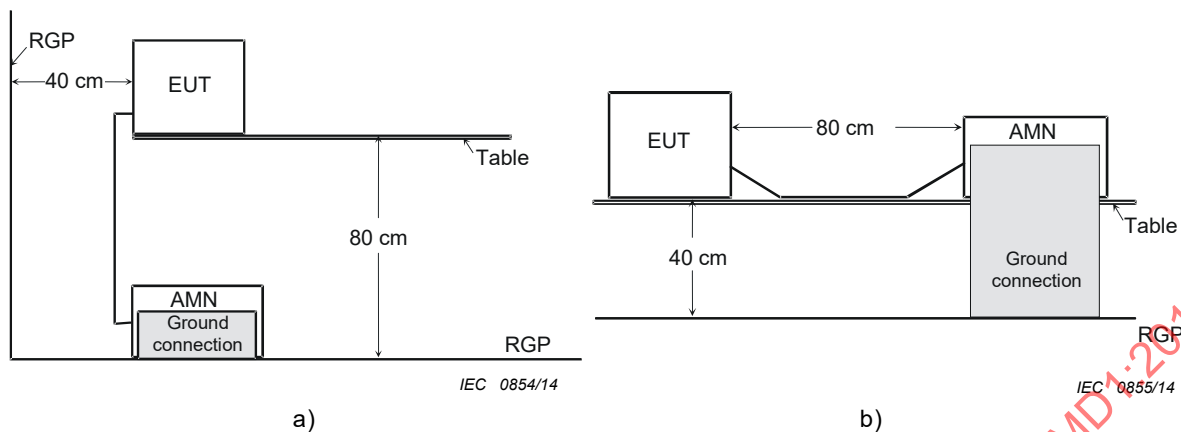
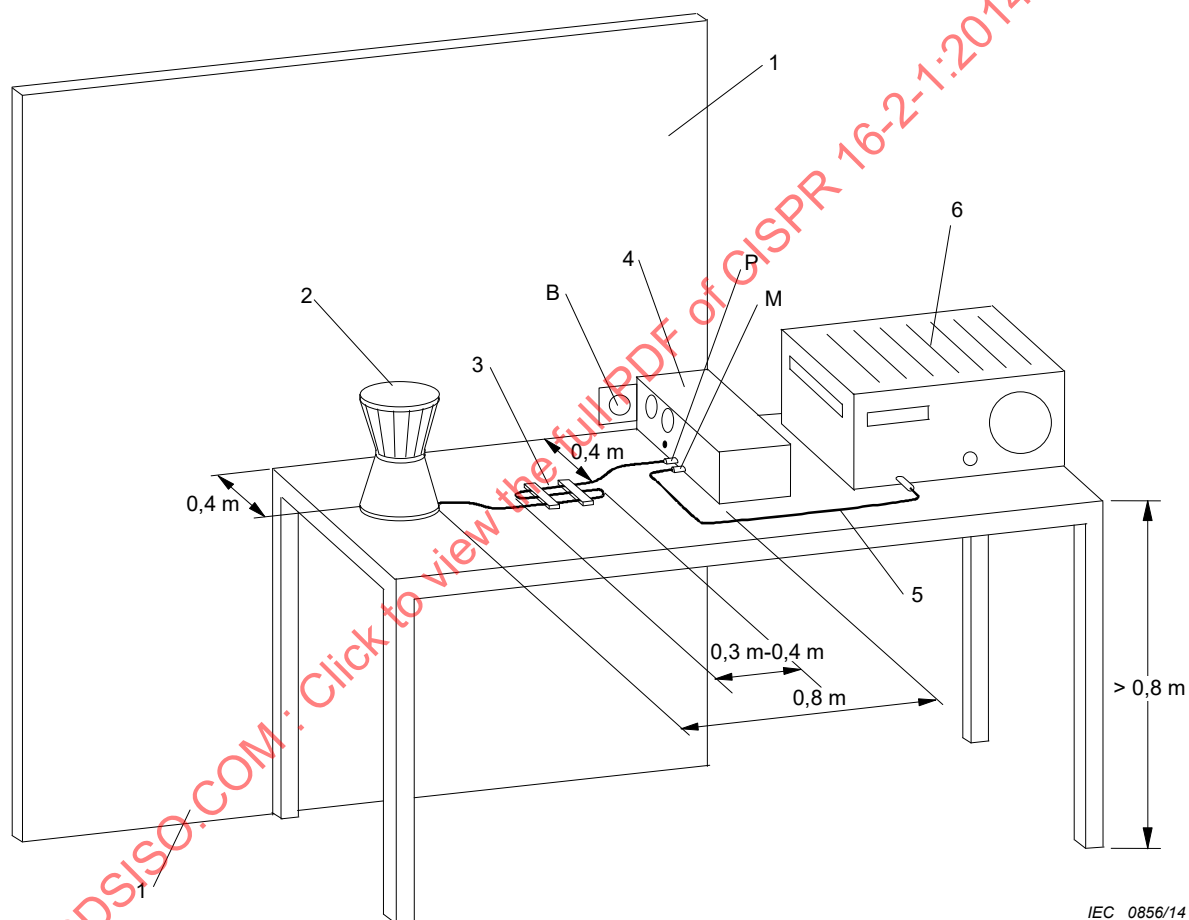


**Figure 10 – Arrangement of EUT and AMN at 40 cm distance, with
a) vertical RGP and b) horizontal RGP**



Key

- 1 Metallic wall 2 m by 2 m
- 2 EUT
- 3 Excess power cord (e.g. 0,02 m by 0,3 m forming a meander)
- 4 AMN
- 5 Coaxial cable
- 6 Measuring receiver
- B Reference ground connection
- M Measuring receiver port
- P Power to EUT

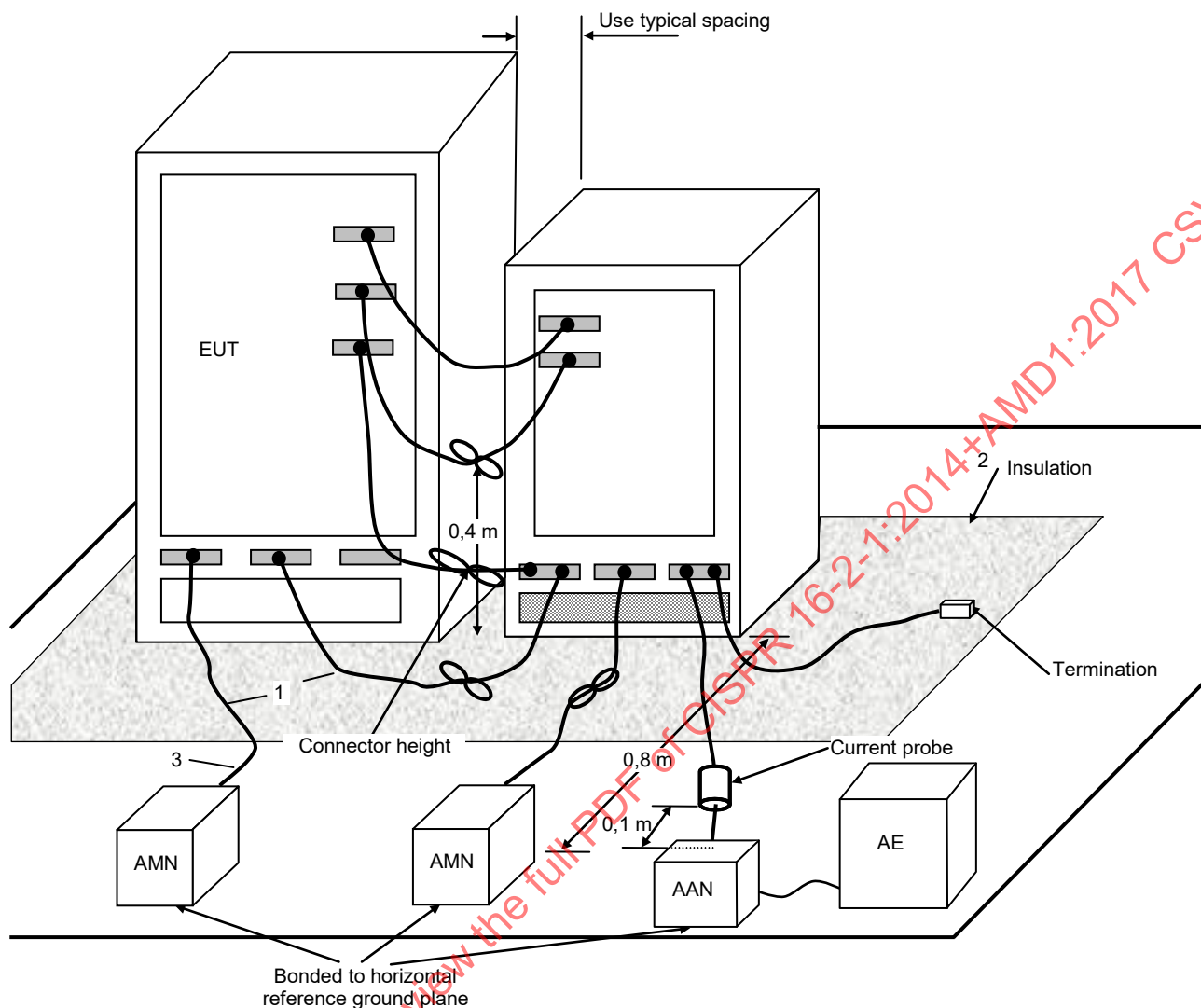
Tolerances of cable lengths and distances are as practical as possible.

**Figure 11 – Optional example test configuration for an EUT
with only a power cord attached**



NOTE The Δ -AN is a 150 Ω Δ -AN as defined in CISPR 16-1-2

Figure 26 – Test configuration: table-top EUT for conducted disturbance measurements on the LV AC mains and LV DC power port of a GCPC

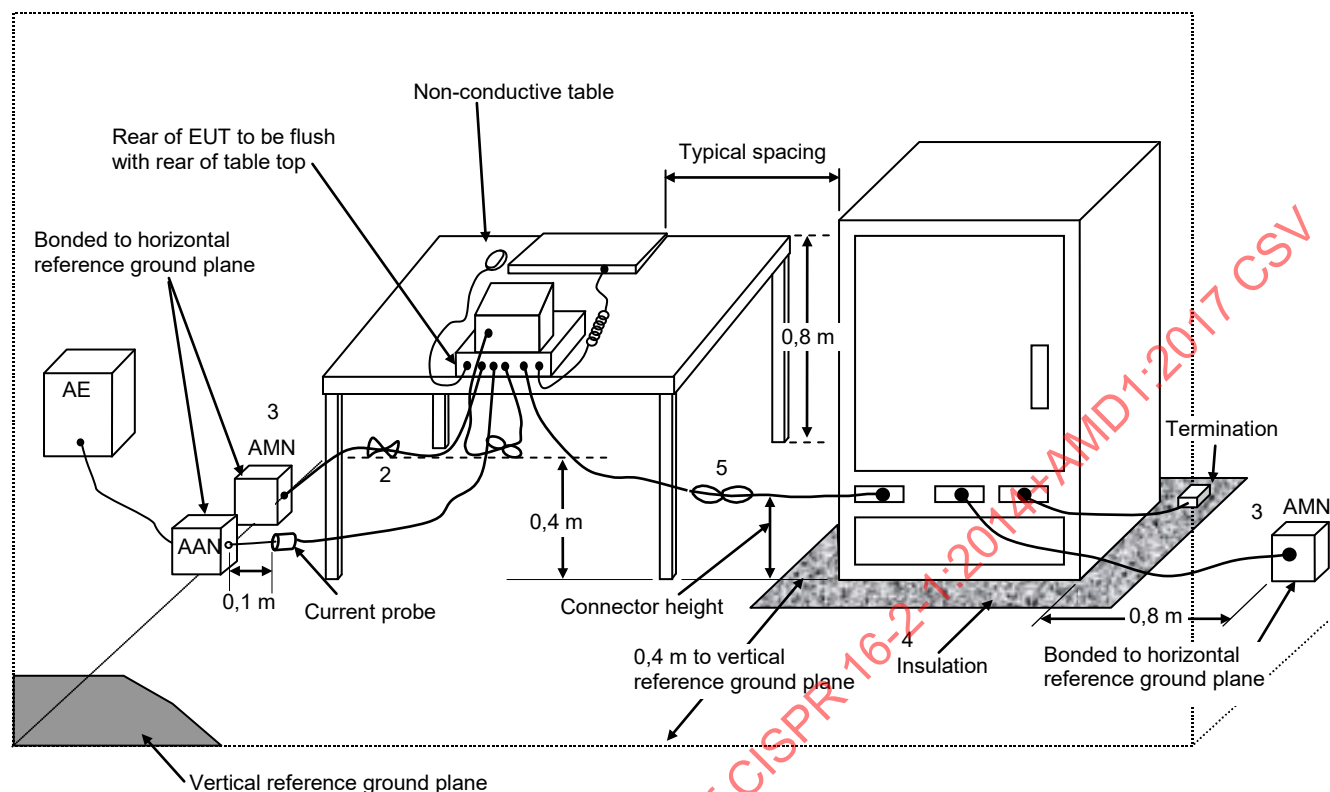


IEC 0857/14

Key

- 1 Excess cables shall be bundled in the centre or shortened to appropriate length.
 - 2 The EUT and cables shall be insulated (up to 15 cm) from the ground plane.
 - 3 The EUT is connected to one AMN. The AMN can be placed on top of or immediately beneath the ground plane. All other equipment is powered from the second AMN. Refer also to comment 3 in Figure 9.
- Tolerances of cable lengths and distances are as practical as possible.

Figure 12 – Test configuration: floor-standing equipment (see 7.4.1 and 7.5.2.3)



IEC 0858/14

Key

- 1 The interconnecting cables which hang closer than 40 cm to the ground plane shall be folded back and forth forming a bundle 30 cm to 40 cm long or less, hanging approximately in the middle between the ground plane and the table.
- 2 Excess power cords shall be bundled in the centre or shortened to appropriate length.
- 3 The EUT is connected to one AMN. The AMN may alternatively be connected to the vertical reference plane. All other equipment is powered from the second AMN. To reach the 0,8 m distance, the AMNs may have to be moved to the side. Refer also to comment 3 in Figure 9.
- 4 The EUT and the cables shall be insulated (up to 15 cm) from the ground plane.
- 5 The I/O cable to the floor standing unit drapes to the ground plane and the excess is bundled. Cables not reaching the ground plane are dropped to the height of the connector or 40 cm, whichever is lower.

Tolerances of cable lengths and distances are as practical as possible.

**Figure 13 – Example test configuration: floor-standing and table-top equipment
(see 7.4.1 and 7.5.2.3)**

7.4.2 Procedure for the measurement of disturbance voltages with ANs

7.4.2.1 General

Generally, the measurement of disturbance voltages using ANs is the preferred CISPR measurement method. Only if, e.g. an AMN or other AN causes the EUT not to work, then measurements with current probes or voltage probes should be made.

The disturbance voltage at the LV AC or DC power port or any other port of an EUT can be measured using an AN suitable for the respective port. Disturbance voltages at the LV AC or DC power port can be measured either using a V-AN or a Δ -AN as appropriate and as further detailed in the product standard. By default, either type of AN specified in CISPR 16-1-2 for use with power ports can be specified in product standards.

Using the specific type of AN implies the following:

- where unsymmetric disturbance voltages are measured, compliance with the limits in the respective product standard is verified if the two (or more) unsymmetric disturbance voltage levels measured between each individual power terminal and reference ground meet the specified limits;
- where asymmetric (CM) and symmetric (DM) disturbance voltages are measured, compliance with the limits in the respective product standard is verified if the measured disturbance voltage levels of both modes, i.e. for the level of the asymmetric disturbance voltage as well as for the level of the symmetric disturbance voltage, meet the specified limits.

In any case, the assessment of the RFI potential of a given power port under test in the frequency range up to 30 MHz is only completed if measurement results were obtained and recorded either for the two (or more) composite unsymmetric disturbance components, or for both the asymmetric and the (one or more) symmetric disturbance components as well.

NOTE Proven by practical experience, it can be stated that the limits for LV AC mains power ports specified in CISPR product standards can be applied as reference for the assessment of unsymmetric, asymmetric or symmetric disturbance components, without further adjustment to the actual specific measurement used.

In principle, any type of AN specified in CISPR 16-1-2 can be used for termination of a given LV AC or DC power port under test with a defined RF load impedance. One should bear in mind however that application of a certain type of AN with measurements at a specific type of power port (AC power port or DC power port) may require the use of modified limits in order to get valid and fully comparable test results. This is due to the different RF load impedances provided by the different types of available ANs.

In case of doubt, one should therefore rely on the findings of the respective product committee for use of ANs according to CISPR 16-1-2 in type testing with EUTs of the product family concerned. This basic standard presently does not cover respective conversion factors. As a rule, the limits should be adjusted assuming the same permitted disturbance current level as can be calculated from the CM termination impedance of the type of AN for which the limits in the respective product standard were originally derived.

Disturbance voltages at an EUT having more than one type of power port, such as one having a LV AC power port and another LV DC power port, shall be measured with the respective ports connected to the respective power supply networks (or other appropriate load) via appropriate ANs.

7.4.2.2 Set-up of EUTs with ground connection

For an EUT that is required to be grounded during its operation, or the conductive housing of which can come into contact with ground, the unsymmetric disturbance voltage of the individual LV AC mains or other kind of power lead is measured with reference to the RGP (general ground of the measuring equipment) to which the housing of the EUT is connected via its protective ground conductor and the ground connection of the AMN (see the equivalent circuit in Figure 15). Asymmetric disturbance voltages at all power leads in the respective cable to the power port under test are also measured with reference to reference ground. The symmetric disturbance voltage does not have relation to reference ground as it is the disturbance voltage measured between two individual leads or terminals of the power port under test not comprising the grounding terminal or PE wire.

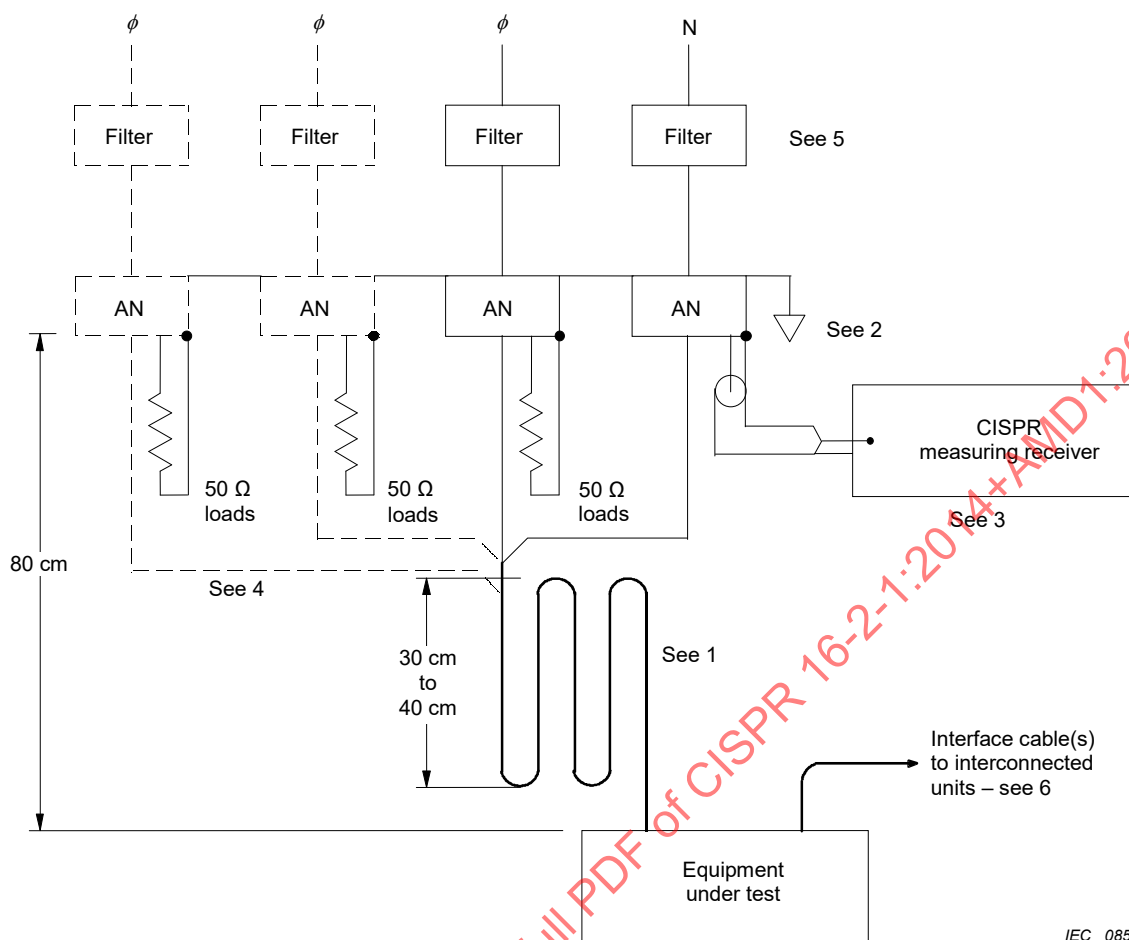
The parameters determining the interference potential of grounded EUTs are discussed in Clause A.3.

For EUTs with two or more power and safety conductors or special ground connections, the measurement result depends much on the termination conditions of the mains and other power terminals and the grounding conditions (refer also to 7.5 on measurement in systems).

As the ground safety conductors in the actual mains power supply installation may have a considerable length, and therefore do not guarantee a ground impedance as low and effective as in the standard test set-up with only a 1 m long ground wire connection to the reference ground, and moreover, because safety conductors need not be used on every product per IEC 60364-4 [8], disturbance voltage measurements on pluggable safety-class I appliances shall be carried out according to 7.4.2.3, also without the safety or ground wire being connected (non-grounded measurement). If however for safety reasons it is necessary to maintain the safety function of ground wires, this can be achieved by the use of a PE choke or impedance equal to the network impedance of a V-network in the safety wire path.

Exceptions may be made for non-radiating or well-screened EUTs which have to be grounded according to special requirements or instructions (see A.2.1 and A 4.1).

STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of CISPR 16-2-1:2014+AMD1:2017 CSV



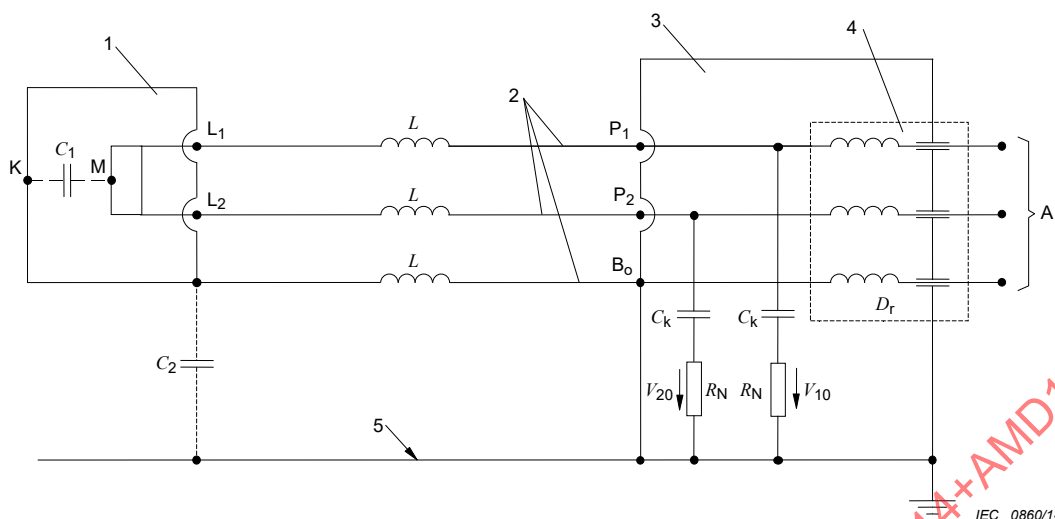
IEC 0859/14

Key

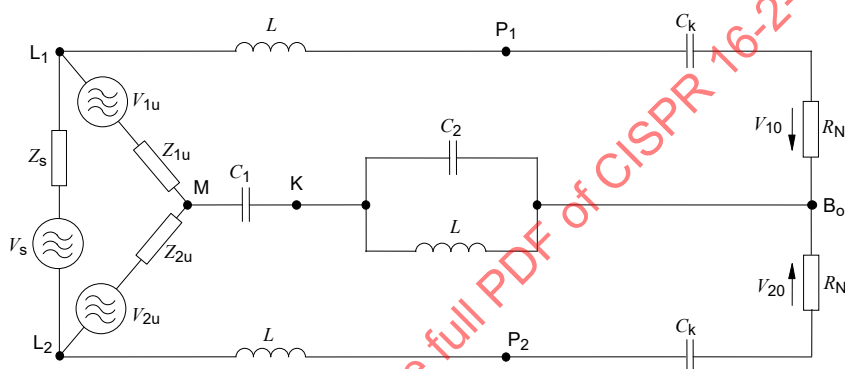
- 1 The length of the EUT power cord in excess of 80 cm shall be folded into a serpentine-like bundle and not coiled.
- 2 Connection of the AN to the ground plane shall provide a low impedance path at high frequencies. It shall be made using a solid flat metal conductor that has a length-to-width ratio of not more than 3:1.
- 3 The CISPR measuring receiver shall be isolated from the AMN using a sheath current absorber on the coaxial cable (example in E.2).
- 4 Dotted lines represent the test set-up for the three-phase power.
- 5 Optional filter hook-up; replace with shorts if not used.
- 6 Interconnected units may be attached to a single AN via a power junction strip or box.
- 7 A table mounted or handheld EUT shall be 40 cm from any grounded conducting surface of at least 2 m square and at least 80 cm from any other conductive objects, including devices that are part of the system or instrumentation.

NOTE A similar arrangement is used for defined termination of LV DC power ports under test.

**Figure 14 – Schematic of disturbance voltage measurement configuration
(see also 7.5.2.3)**



a) Schematic for measurement and power circuit



b) Equivalent voltage source and measurement circuit

Key

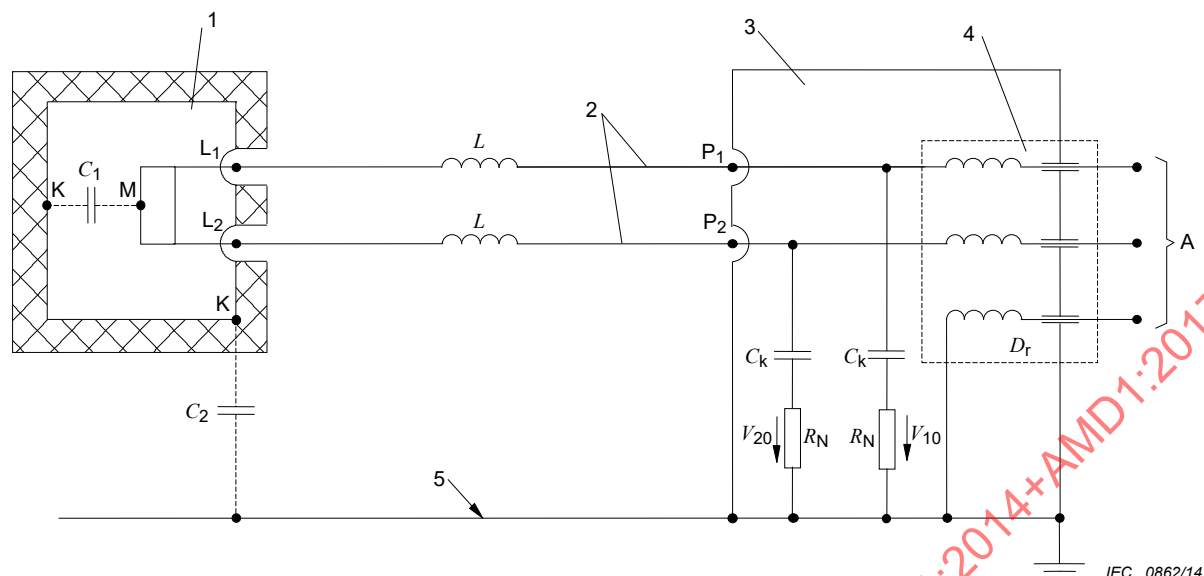
- 1 EUT
- 2 Power cord
- 3 AMN (here, V-AMN)
- 4 Inductor and decoupling capacitor
- 5 Metallic wall
- A Power input
- B₀ Reference ground connection
- L₁, L₂ Power cord connection (100 cm)
- P₁, P₂ EUT plug to mains network
- C₁ Stray capacitance within EUT to metallic parts
- C₂ Stray capacitance of EUT to metallic wall (ground)
- C_k Coupling capacitors within mains network
- D_r Inductor (PE choke) for safety ground wire
- K Conductive structural parts of the EUT
- L Inductance of connecting wires
- M Fictitious mid-point of the internal voltages
- R_N Simulation resistances (50 Ω or 150 Ω)
- Z_s Symmetric internal impedance of EUT
- Z_{1u}, Z_{2u} Internal impedances of the EUT
- V_s Symmetric internal voltage of the EUT
- V_{1u}, V_{2u} Internal voltages of the EUT
- V₁₀, V₂₀ External measurable unsymmetric voltage

Figure 15 – Equivalent circuit for measurement of unsymmetric disturbance voltage for safety-class I (grounded) EUT

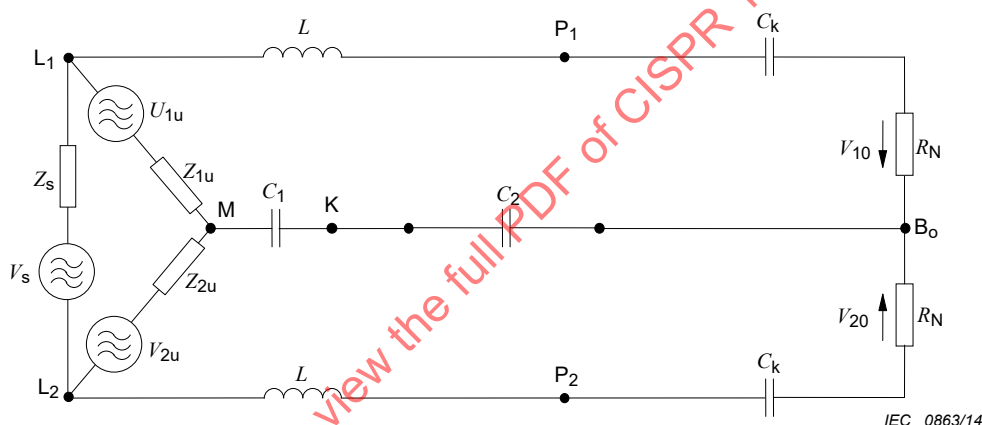
7.4.2.3 Set-up of EUTs without ground connection

Devices without ground connection comprise electrical devices with protective insulation (safety-class II) and devices which can be operated without ground or safety conductor (device of safety-class III) and also pluggable safety-class I devices connected via an isolating transformer. For these devices, the unsymmetric disturbance voltage of the individual conductors shall be measured with respect to the metal reference ground of the measurement arrangement as shown in the equivalent circuit of Figure 16. Devices without ground connection comprise electrical devices with protective insulation (safety-class II) and devices which can be operated without ground or safety conductor (device of safety-class III) and also pluggable safety-class I devices connected via an isolating transformer. For these devices, the unsymmetric disturbance voltage of the individual conductors shall be measured with respect to the metal reference ground of the measurement arrangement as shown in the equivalent circuit of Figure 16. Asymmetric and symmetric disturbance voltages shall be measured with a Δ -AN replacing the V-AN shown at the right-hand side of Figure 16.

Because in the long-wave and medium-wave bands (0,15 MHz to 2 MHz) the results of measurement can be considerably influenced by the low series capacitance C_2 between the EUT and the reference ground, and because the capacitance is determined by the specified distance, the arrangement shall be exactly followed and other external influences such as body and hand capacitance, for example, should be avoided.



a) Schematic for power and measurement circuit



b) Equivalent RFI source and measurement circuit

NOTE Refer to Figure 15 for explanation of symbols.

Figure 16 – Equivalent circuit for measurement of unsymmetric disturbance voltage for safety-class II (ungrounded) EUT

7.4.2.4 Arrangement of handheld equipment without a ground connection

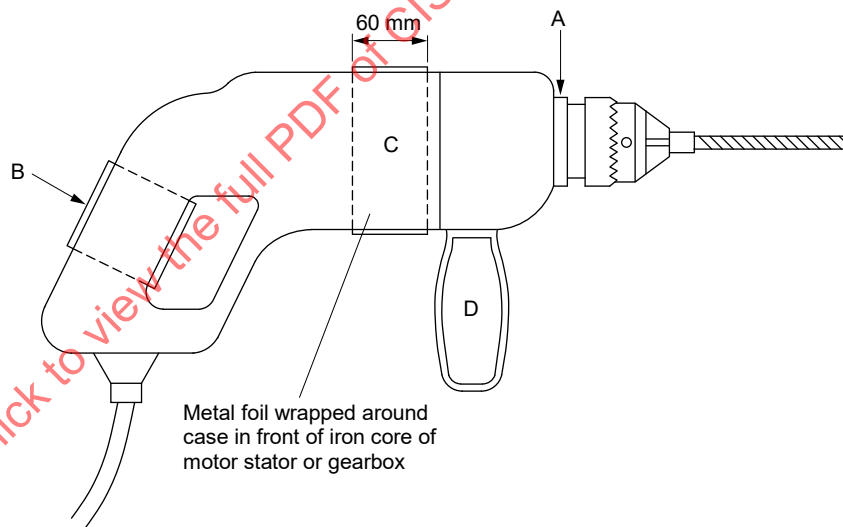
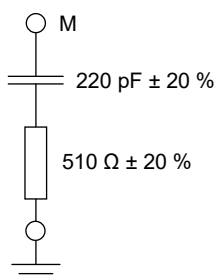
Measurements shall first be made in accordance with 7.4.2.3. Additional measurements shall then be made using the artificial hand (other details are described in CISPR 16-1-2).

The general principle to be followed in the application of the artificial hand is shown in Figure 18. Terminal M of the RC element shall be connected to any exposed non-rotating metal work and to metal foil wrapped around all handles, both fixed and detachable, supplied with the EUT. Metalwork which is covered with paint or lacquer is considered as exposed metalwork and shall be directly connected to the RC element.

The artificial hand shall consist of metal foil wrapped around the case, or part thereof, as specified below. The foil shall be connected to one terminal (terminal M) of an RC element (see Figure 17) consisting of a capacitor of $220 \text{ pF} \pm 20 \%$ in series with a resistor of $510 \Omega \pm 10 \%$; the other terminal of the RC element shall be connected to the reference ground of the measuring system.

The artificial hand is to be applied in the following way:

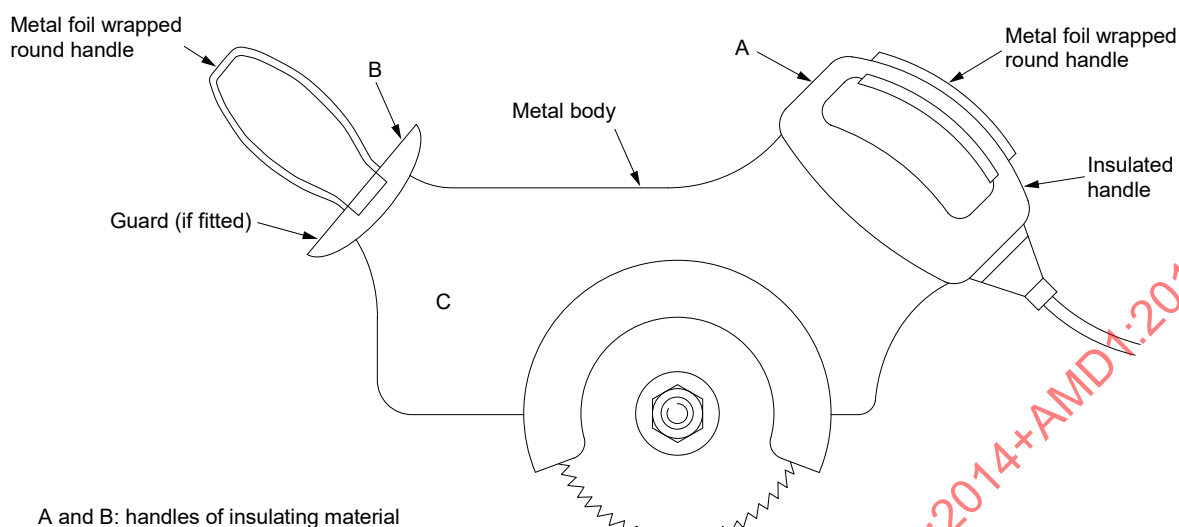
- a) when the case of the EUT is entirely of metal, no metal foil is needed, but the terminal M of the RC element shall be connected directly to the body of the EUT;
- b) when the case of the EUT is of insulating material, metal foil shall be wrapped around the handle B (Figure 18), and also around the second handle D, if present. Metal foil 60 mm wide shall also be wrapped around the body C at that point where the iron core of the motor stator is located or around the gearbox if this gives a higher disturbance level. All these pieces of metal foil, and the ring or bushing A, if present, shall be connected together and to the terminal M of the RC element;
- c) when the case of the EUT is partly metal and partly insulating material, and has insulating handles, metal foil shall be wrapped around the handles B and D (Figure 18). If the case is non-metallic at the location of the motor, a metal foil 60 mm wide shall be wrapped around the body C at that point where the iron core of the motor stator is located, or alternatively around the gearbox, if this is of insulating material and a higher disturbance level is obtained. The metal part of the body, the point A, the metal foil round the handles B and D and the metal foil on the body C shall be connected together and to the terminal M of the RC element;
- d) when the EUT has two handles of insulating material A and B and a case of metal C, for example an electric saw (Figure 19), metal foil shall be wrapped around the handles A and B. The metal foil at A and B and the metal body C shall be connected together and to the terminal M of the RC element.



IEC 0864/14

Figure 17 – RC element for artificial hand

Figure 18 – Portable electric drill with artificial hand



IEC 0865/14

Figure 19 – Portable electric saw with artificial hand

7.4.2.5 Arrangement of keyboards, electrodes and other equipment sensitive to human touch

For keyboards, electrodes and other equipment sensitive to human touch, the artificial hand shall be applied as required by the product standards, and in general according to 7.4.2.4.

7.4.2.6 Arrangement of equipment with external suppression components

If interference suppression devices are attached outside the EUT (e.g. in a plug device for connection to the mains) or as an element inserted in the connecting cable (power cord disturbance suppression device), or if shielded power cords are used, an additional 1 m long unshielded cable shall be connected between the suppression device and the AN for measurement of the disturbance voltage. The line between the AN and the disturbance suppression device shall be placed in the direct proximity of the EUT.

7.4.2.7 Arrangement of equipment having auxiliary equipment (AuxEq) connected at the end of a lead other than the mains lead

Regulating controls incorporating semiconductor devices are excluded from 7.4.2.7; the provisions of 7.4.4.1 shall apply.

When the AuxEq is not essential to the operation of the EUT and has a separate test procedure specified elsewhere, 7.4.2.7 does not apply. The main EUT is tested as an individual EUT.

The ultimate decision whether to measure and apply limits is to be made in the relevant CISPR product publication.

Connecting leads exceeding 1 m in length shall be bundled in accordance with 7.4.1.

Measurements are not required when the connecting lead between the EUT and the AuxEq is permanently fixed on both ends and is either shorter than 2 m or is shielded, provided that in the latter case the shielded lead is connected at both ends to the metal housing of the EUT and to that of the AuxEq. Leads with removable plugs and sockets are considered to be extendable to a length of more than 2 m and measurements are required.

The EUT shall be arranged in accordance with 7.4.2.1 through 7.4.2.6, with the following additional requirements:

- a) the AuxEq shall be placed at the same height as, and at the same distance from, the grounded conducting surface and if the lead is long enough it is to be treated in accordance with 7.4.1. If the auxiliary lead is shorter than 0,8 m, its length shall be maintained, and the AuxEq shall be placed as far away as possible from the main EUT. When the AuxEq is a control unit, the arrangements for its operation shall not affect the level of disturbance;
- b) if an EUT having an AuxEq is grounded, no artificial hand shall be connected. If the EUT itself is made to be held in the hand, the artificial hand shall be connected to the EUT and not to any AuxEq;
- c) if the EUT is not made to be held in the hand, an AuxEq which is not grounded and is made to be held in the hand shall be connected to the artificial hand. If the AuxEq is not made to be held in the hand either, it shall be placed in relation to a grounded conducting surface as described in 7.4.1.

In addition to the measurement on the terminals for the mains connection, measurements are performed on all other terminals for incoming and outgoing leads (e.g. control and load lines) using a voltage probe connected to the input of the measuring receiver.

The AuxEq, control, or load is connected to allow measurements to be made under all provided operating conditions, and during interactions between the EUT and the AuxEq.

Measurements are performed both on the power input terminals of the EUT and the power input terminals of the AuxEq.

7.4.3 Measurement of common mode voltages at differential mode signal terminals

7.4.3.1 General

Generally, the measurement of disturbance voltages using ANs is the preferred CISPR measurement method. If e.g. an AN causes the EUT not to work, then measurements with current probes or capacitive voltage probes should be made.

7.4.3.2 Measurement using the Δ -AN

The asymmetric (CM) disturbance voltage at the terminals for symmetric (DM) signal lines of telecommunication, data processing and other equipment is measured with Δ -ANs in accordance with CISPR 16-1-2, in the frequency range 150 kHz to 30 MHz. The Δ -ANs specified in CISPR 16-1-2 could be constructed so as to allow signal and DC current paths needed for the proper functioning of the EUT, as long as the requirements for DM and CM termination impedances of CISPR 16-1-2 are met.

When using the Δ -AN for measurements on signal terminals, the differential mode rejection (DMR) or longitudinal conversion loss (LCL) of the Δ -AN shall be as high as needed so as not to give erroneous results when measuring an asymmetric disturbance voltage at the same frequency as the operational DM signal.

When the EUT is to be measured on its power supply terminals using a V-AMN, all voltage measurements shall be carried out with both networks connected simultaneously. The provisions prescribed in 7.4.1 and 7.4.2 shall be observed.

NOTE The measurement frequency range of the Δ -AN can be extended to 9 kHz using the same network impedance if decoupling of the connected signal line and coupling to the measuring receiver are designed accordingly.

7.4.3.3 Measurements using the Y-type network

Alternatively an asymmetric (common mode) artificial network (AAN), i.e. a Y-type network according to CISPR 16-1-2, can be used for the measurement of common mode disturbance voltages in the frequency range 9 kHz to 30 MHz.

NOTE Y-type networks are frequently (e.g. in CISPR 22) called impedance stabilization networks (ISNs).

In contrast to the delta-network, which provides a differential mode and a common mode termination with equal simulation impedances of $150\ \Omega$, the Y-network provides only a common mode termination of $150\ \Omega$, and with the communication line terminated with its characteristic impedance and a differential to common mode rejection characteristic of the telecommunication network to which the EUT is intended to be connected.

At the supply side of the Y-type network, a signal simulator, load circuits for d.c. or the operational signal frequency of the EUT, or other circuits needed for the operation of the EUT can be connected. These circuits shall either themselves provide a differential mode RF resistance of $100\ \Omega$ to $150\ \Omega$, as required for the particular EUT, or with a termination to provide this resistance. When no external circuit is specified for the operation of the EUT, a resistor of $150\ \Omega$ shall be connected as differential mode RF termination to the Y-type network. If no suitable Y-network is available, the telecommunication port is terminated with AuxEq.

When an EUT with telecommunication port is to be measured on its power supply terminals using an AMN, the disturbance voltage measurements shall be carried out with AMN connected to the power port and Y-network connected to the telecommunication port simultaneously, or with the associated equipment directly connected to the EUT. Figure 9 shows the measurement arrangement with AMNs and Y-networks (ISNs). The provisions prescribed in 7.4.1 and 7.4.2 shall be observed.

7.4.4 Measurements using voltage probes

7.4.4.1 General

For measurements of conducted disturbance voltages, voltage probes can be used if the usual AN cannot be used for various reasons including, but not limited to, constraints in the rated throughput current.

In case of measurement of unsymmetric disturbance voltages, the probe is to be connected in succession between each individual line (or terminal) of the respective port under test and the chosen reference ground. Each individual unsymmetric disturbance voltage shall be measured.

Compliance with the limits of a given product standard can be shown in verifying that the limits of the disturbance voltage at the power ports specified in that product standard are met. In case of measurement of unsymmetric disturbance voltages, compliance with the limits needs to be demonstrated for each of the measured disturbance voltages.

With a Δ -AN used as voltage probe and with a capacitive voltage probe (CVP, see also 7.4.5), one can also measure asymmetric disturbance voltages at a pair or more of individual power or signal leads accommodated in the respective cable. In this case, compliance with the limits of a given product standard can be shown in verifying that the measured asymmetric disturbance voltage level meets the specified limits.

7.4.4.2 Voltage probe measurements with an AMN

To test devices and systems with several connected or connectable lines, the disturbance voltage at the line connections that cannot be measured with an appropriate AN, such as a V-AMN (e.g. for connecting lines between parts of components which are separated from the mains), as well as at the connecting jacks for antennas, control and load lines, shall be

measured with a voltage probe (see 7.3.3) with a high input impedance (1 500 Ω or more) to ensure that the lines are not loaded by the probe.

For these cases, however, the primary LV AC mains power input wires shall be isolated and RF terminated with the AMN. For the remaining lines, also those not to be measured with the probe, the corresponding conditions of 7.4.1 and the operating conditions laid down for the individual EUTs in the respective product standards (e.g. CISPR 11 [1] and CISPR 14-1) shall be observed regarding arrangement and length. The voltage probe is connected to the measuring receiver via a coaxial cable, the screen of which is connected to the reference ground and the case of the voltage probe. No connection shall be made directly from this case to live parts of the EUT.

7.4.4.3 Voltage probe measurements without an AMN

During testing of EUTs that cannot be measured with AMNs or other appropriate ANs, the disturbance voltage is measured across a defined simulation resistance (e.g. artificial fence simulation in CISPR 14-1 or under open-circuit conditions with an exactly defined arrangement and line layout taking into consideration the specifications of 7.4.1). The disturbance voltage is measured with a high-impedance voltage probe.

7.4.4.4 AMN or other appropriate AN used as a voltage probe

Where the current rating of an EUT exceeds the rating of available AMNs or other appropriate ANs, the AMN or AN can be used as a voltage probe. The EUT port of the AMN or AN used during the measurements is connected to each of the power lines of the EUT (i.e. to the AC single phase or three-phase leads, or to the DC plus and minus leads); see also Figure 27.

Prior to connecting an AMN to the laboratory LV AC or DC mains supply or power source, it shall be safely connected to the local PE.

WARNING: Before disconnecting the PE, the AMN shall be disconnected from the mains supply. The mains port of the AMN is left open. When the AMN is connected as a voltage probe, the pins on the AMN power input connector/plug will be energized by the supply voltage. The pins on the plug shall be made safe with an insulated protective cover or other means.

In the frequency range of 150 kHz to 30 MHz, the respective LV AC and/or DC power supply lines of the EUT shall be connected to the laboratory LV AC mains and/or DC power supply via an inductance of 30 μ H to 50 μ H (see Figure 27 and Figure A.8, configuration 2). The inductance may be realized by using a choke, a line of 50 m length, or a transformer. Other means for decoupling of conducted common mode disturbances caused by the laboratory LV AC and/or DC power supply from the measurement arrangement such as ferrite cores, CMADs and CDNs, may also be used. However, the insertion loss of those components in the frequency range below 30 MHz has not yet been investigated in CISPR/A. In the frequency range of 9 kHz to 150 kHz, a greater inductance will normally be required for decoupling from the mains. This guarantees also a reduction of noise from the mains network (see Clause A.5).

Because measurements are preferable with AMNs and other types of AN in their standard configuration, the AMN or AN as a voltage probe should only be used for in situ tests and where practical current limitations are exceeded. The AMN as a voltage source shall not be used for testing per a product standard unless it is referred to in the product standard as an alternative measuring method.

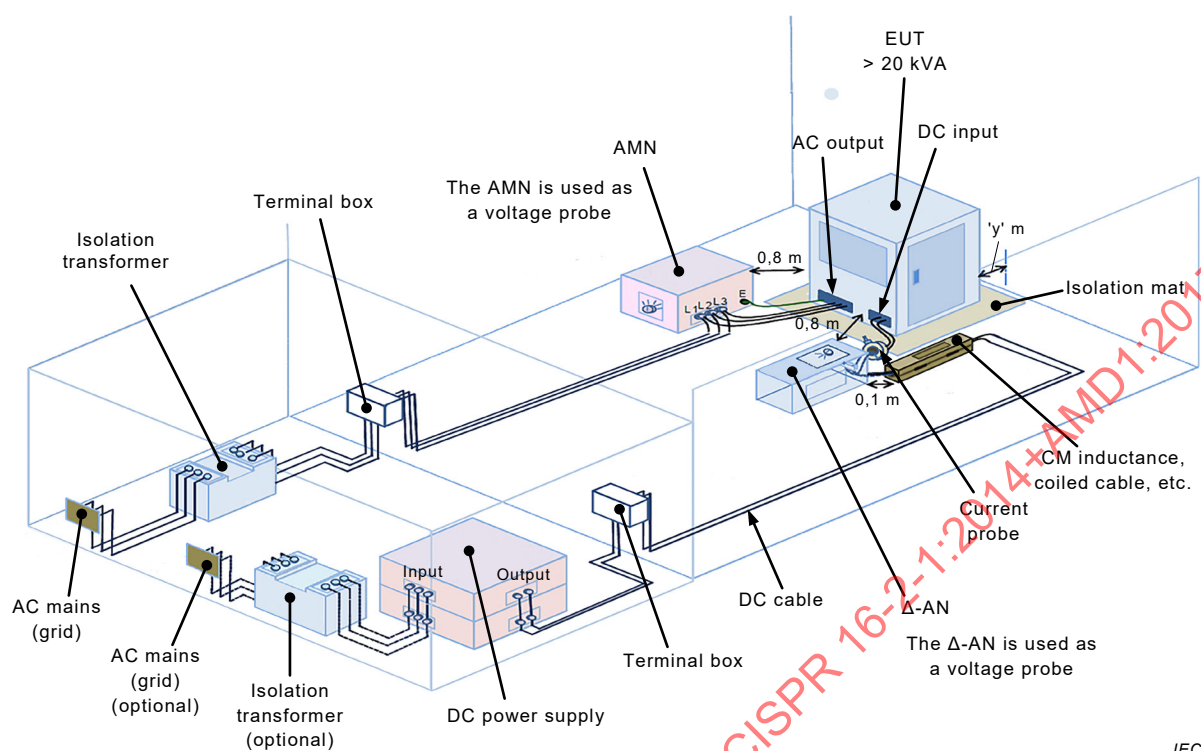


Figure 27 – Typical arrangement for measurement of conducted disturbances at LV AC mains and DC power ports of floor standing equipment with an AMN and a Δ -AN used as voltage probes, and with a current probe

7.4.5 Measurement using a capacitive voltage probe (CVP)

Disturbance voltage measurements on unshielded signal and telecommunication cables with more than four symmetrical pairs can be made using a CVP. The measurement can be combined with a current probe measurement to measure disturbance voltage and current simultaneously. The disadvantage of this method is a lack of isolation between the EUT and the actual network or simulator.

The CVP body shall be bonded to the RGP using a ground connection as short as possible.

7.4.6 Measurements using current probes

Disturbance current measurements may be useful for several reasons. The first is that in some devices it may not be possible to insert an AN. This is particularly true when tests are performed on installed systems, or where the EUT has very high currents. A second reason for the use of the current probe is that at the lower end of the frequency range the mains impedance becomes very low, so the disturbance source is a current generator. The measurement of this current can be made by means of a current transformer, without interrupting or disconnecting the mains connection.

Current probes shall conform to the requirements of CISPR 16-1-2.

Current probes enable the direct measurement of the common mode components of the disturbance current by enclosing the cable containing all leads. Therefore, common mode disturbance currents can be easily separated from differential mode operating currents.

If measurements are performed with known load and source impedances, the disturbance voltage can be calculated.

If only one conductor is enclosed, the superposition of the differential and common mode disturbance current components is measured. If, in this case, any extremely high (above 200 A) operating current exists, there is a risk of false data because the magnetic core of the current probe may saturate.

7.5 System test configuration for conducted emissions measurements

7.5.1 General approach to system measurements

The general objective of defining a system test configuration for conducted disturbance measurements has the following key points:

- avoiding CM disturbance ground loops;
- defining a configuration that is easily duplicated;
- decoupling lines not being measured from the line being measured;
- placing of lines to achieve decoupling;
- arranging lines to minimize the influence of magnetic fields on disturbance measurements;
- duplicating requirements in 7.1 to 7.4 for the system test to the maximum extent possible.

Whenever possible, the disturbance voltage on a system line shall be measured with an AN. For currents up to 200 A, AMNs can be used quite easily. The AN shall be installed within 80 cm of the system equipment being measured, where practical. Each wire of a multi-wire LV AC power mains or other power supply circuit shall be routed through an AMN or another suitable AN. Each AN shall be terminated with a 50 Ω resistor at the receiver port.

Further guidelines for connection of electrical equipment to the AMN are found in Annex A. These guidelines apply also for connection of the equipment to other types of AN used for termination of power lines.

The EUT shall be arranged and connected with cables terminated in accordance with the manufacturer's instructions.

For some measurements, relevant product publications may state a specific load to be used together with load voltage probes, instead of an AMN or other type of AN. A voltage probe may also be used for conducted measurements, when the AC mains or other power supply current is above 200 A and an appropriate AMN or other type of AN is not available. However, in this latter case, test results with an AMN or AN shall be preferred.

For some measurements, the use of current probes may be specified in the relevant product publication.

7.5.2 System configuration

7.5.2.1 General

The system shall be carefully configured, installed, arranged and operated in a manner that is most representative of the system as typically used (i.e. as specified in the instruction manual), or as specified herein. Equipment that typically operates within a system made up of multiple interconnected units should be tested as part of such a typical operational system.

Generally, the system that is tested shall be of the same type that is supplied to the end user. If the marketing information is not available, or it is not practical to assemble extraordinary amounts of equipment to replicate a complete product installation, the test shall be performed using the best judgement of the test engineer, in consultation with the design engineering staff. The results of any such discussion and decision process shall be documented in the test report.

The selection and placement of cables, a.c. line cords, host and peripherals depends on the type of EUT and shall be representative of expected equipment installation. The separation between different units shall be 10 cm, unless this is not possible due to their construction. Then the units should be placed as closely together as possible (greater than 10 cm), and the set-up shall be documented in the test report. Three types of set-ups are distinguished. First, there are systems normally used entirely on one table-top; see e.g. Figure 9. A second type of system consists of equipment normally used in a floor-standing configuration. These include systems mounted over a specially designed raised floor which facilitates intra-system connection under the raised floor. Equipment making up the floor-standing system can be interconnected with cabling lying on the floor, under the floor in a raised floor installation, or overhead according to normal installation. Third, there are systems that are a combination of floor-standing and table-top systems. The remainder of 7.5.2 provides instructions for the testing of each of these systems. In addition, the specific requirements in 7.1 to 7.4 shall be observed.

Equipment in a system, normally being floor-standing, shall be placed on a floor in accordance with 7.4.1. Equipment designed for both table-top and floor operation shall be tested only in the table-top configuration.

7.5.2.2 Operating conditions

The system shall be operated at the rated (nominal) operating voltage and typical load conditions – mechanical or electrical, or both – for which it is designed. Loads may be actual or simulated, as described in the individual equipment requirements. For some systems, it may be necessary to develop a set of explicit requirements specifying the test conditions, operations, etc., to be used in testing a specific system.

If the system includes a visual display unit or monitor, the following operating conditions apply, unless the product standard specifies otherwise:

- a) set the contrast control to maximum;
- b) set the brightness control to maximum, or at raster extinction if raster extinction occurs at less than maximum brightness;
- c) for colour monitors, use white letters on a black background to represent all colours;
- d) select the worst case of positive or negative video, if both are available;
- e) set character size and number of characters per line so that the maximum number of characters per screen is displayed;
- f) for a monitor that has no graphics capabilities, regardless of the video card used, a pattern consisting of random text shall be displayed;
- g) for a monitor with graphics capabilities, even though another video card may be needed to accomplish a graphic display, a pattern consisting of a line of scrolling Hs should be displayed;
- h) if a monitor has no text capabilities, use a typical display.

7.5.2.3 Interfacing equipments, simulators and cables

Compliance testing is performed with peripheral and cable placement which is judged realistic and likely to be found in the final installation. Figures 9, 12 and 13 describe standardized test set-ups which will provide a basis for reproducibility among testing laboratories and is consistent with the requirement for a realistic system and cable orientation. Therefore, measurements with an actual interfacing unit shall be preferred. Because a system is required to interact functionally with other units, the actual interfacing units should be used. Simulators may be used to provide representative operating conditions, provided the effects of the simulator used in lieu of an actual interfacing unit properly represent the electrical, and in some cases the mechanical, characteristics of the interfacing units, especially concerning RF signals, impedances, and shield terminations. Because of the added degree of uncertainty when a simulator is used, such use should be avoided if possible. Accordingly, measurements made with an actual interfacing unit shall be preferred. If a device is designed for use with

only a specific host computer or peripheral, it should be tested with that computer or peripheral.

Interfacing cables should be typical of normal use as supplied with the normal system, and at least 2 m long, unless the manufacturer's user manual specifies shorter cables. The same type of cable (that is, non-shielded, braided shield, foil shield, etc.) specified in the user manual should be used throughout the tests. Excessive lengths of cable shall be folded into a serpentine-like bundle at the approximate centre of the cable, with the bundles 40 cm or less in length so that the effective length between EUT and AE does not exceed 1 m, if possible.

If shielded or special cables are used during the tests to achieve compliance, then a statement shall be included in the test report and in the instruction manual advising of the need to use those types of cables.

If magnetic fields are generated by components of the system (e.g. by VDUs), loops between ground connections and measurement lines may pick up these fields, and measurement results may be erroneous due to voltages coupled into these loops. To avoid magnetic field pickup, connecting lines (ground and measurement lines) should be as short as possible and twisted.

Interface ports (connectors) shall have a cable connected to one of each type of functional interface port of the system, and each cable shall be terminated in a device typical of actual usage. Where there are multiple interface ports all of the same type, additional connecting cables shall be added to the system to determine the effect these cables have on emissions from the system. Measurements on power ports using V-networks shall be made with telecommunication ports simultaneously terminated with Y-networks (see 7.4.3.3).

Normally, the loading of similar ports is limited to the following:

- a) availability of multiple loads (for large systems);
- b) reasonableness of multiple loads representing a typical installation.

The rationale for the selection of the configuration and loading of ports shall be included in the test report; that is, 25 % of possible cables were connected and the emissions did not increase by more than 2 dB when one or more cables were added. Additional ports on support units, interfacing units, or simulators, other than those associated with the system or the minimum required system, need not be connected or used during testing.

7.5.2.4 Connection to the LV AC mains power supply

If the system is an assembly of equipment each having its own power cords, the point of connection for the AMNs is determined from the following rules:

- a) each power cord which terminates in a mains supply plug of a standard design (e.g. IEC/TR 60083 [7]) shall be tested separately;
- b) power cords or terminals which are not specified by the manufacturer to be connected via a host unit shall be tested separately;
- c) power cords or field wiring terminals that are specified by the manufacturer to be connected to a host unit or other power-supplying equipment, shall be connected to that host unit or other power-supplying equipment, and the terminals or cords of that host unit or other power-supplying equipment are connected to the AMNs and tested;
- d) where a special mains connection is specified, the necessary connection hardware to the AMN shall be supplied by the manufacturer for the purpose of the test.

The ground safety conductor of units separately powered shall be isolated from the equipment under test by a 50 μ H AN in the frequency range 0,15 MHz to 30 MHz. The normal AMN mains input is connected to the reference ground in this use of the AMN as a filter.

7.5.2.5 Additional connection to a LV DC power supply

If the system under test is also to be provided with LV DC power during the measurements, then connection to the laboratory LV DC power supply shall be made such as not to corrupt the connecting conditions provided by adherence to the advice in 7.5.2.4. In particular, CM current loops about the RGP used during the measurements shall be avoided.

For measurements on grid connected transformerless power electronic devices, only DC power sources with protective insulation (safety-class II) should be used. If such a laboratory DC power supply (as e.g. a set of batteries) is not available, then the necessary LV AC mains power per 7.5.2.4 may be provided via an extra isolation transformer; see also Figure 27.

7.5.3 Measurements of interconnecting lines

In addition to the measurement on the terminals for the mains connection, measurements may need to be performed with a voltage probe on other terminals for incoming and outgoing leads (for example control and load lines). If the function of the equipment under test is affected by the 1 500 Ω impedance of the probe, the impedance at 50 Hz/60 Hz and at radio frequencies may need to be increased (for example 15 k Ω in series with 500 pF). In place of a voltage measurement, a current measurement with a current probe may also be used, if required (or offered as an option) in the product specification.

During the measurement, the ANs on the mains and/or other power supply leads remain in place, to provide a defined isolation to the AC mains and other power sources and a defined RF termination. The auxiliary apparatus (control, actual or artificial load, etc.) is connected to allow measurements to be made under all provided operating conditions and during interactions between components of the equipment. Measurements are made on the specified terminals of each piece of equipment.

If the connecting lines between components of the equipment are permanently fixed on both ends, and are either shorter than 2 m or are shielded, no measurements are necessary, provided that in the latter case the shielded cable is connected at both ends to the reference ground, that is the metal housing of the equipment. Non-shielded connecting lines with plug(s) or socket(s) are considered to be extendable to a length of more than 2 m, and therefore shall be extended by at least 2 m and shall be tested. Shielded cables shall be at least 2 m long, unless the user manual specifies shorter cables.

7.5.4 Decoupling of system components

One of the sources of inaccurate conducted measurements in a system is any ground-circulating current. This ground current may be interrupted by installing a 50 μ H AN (PE choke) in the frequency range 0,15 MHz to 30 MHz in the ground safety conductor to the EUT.

An additional source of circulating currents can be the shields of interconnecting cables between units. Therefore, the ground safety conductor to these units shall also be isolated by a 50 μ H AN.

The measurement receiver should be referenced to ground only at the measurement point, to prevent ground loops. (Caution: shock hazard may exist if the measuring receiver is not supplied with an isolation transformer.)

7.6 In situ measurements

7.6.1 General

Where allowed by the relevant product standard, in situ measurements may be made for the evaluation of compliance, if technical reasons prohibit disturbance measurement on a standard test site. Such technical reasons may include excessive size and/or weight of the EUT, or situations where the interconnection to the infrastructure for the EUT is too expensive for the measurement on standard test sites. In situ measurement results of an EUT type will

likely deviate from site to site, or from results obtained on a standard test site, and should therefore not be used for type testing. The applicable product standard takes precedence.

The disturbance voltage shall be measured under the existing conduction conditions with non-reactive pick-up devices (high resistance voltage probes). The conduction conditions and measurement results are affected by:

- the existing reference ground used during measurement. Neither a conducting ground plane nor an AN shall be installed for user's installation testing, unless one or both are to be a permanent part of the installation;
- the RF characteristics and loading conditions for the power mains conduction;
- the ambient RF environment;
- the input impedance of the pick-up device; and
- the magnetic fields caused by the EUT or in the vicinity.

7.6.2 Reference ground

The existing ground at the place of installation should be used as reference ground. This should be selected by taking high-frequency (RF) criteria into consideration. Generally, this is accomplished by connecting the EUT via wide straps, with a length-to-width ratio not exceeding a factor of three, to structural conductive parts of buildings that are connected to earth. These include metallic water pipes, central heating pipes, lightning wires to earth, concrete reinforcing steel, and steel beams.

In general, the safety and neutral conductors of the power installation are not suitable as reference ground because these may carry extraneous disturbance voltages and can have undefined RF impedances.

If no suitable reference ground is available in the surroundings of the test object or at the place of measurement, sufficiently large conductive structures such as metal foils, metal sheets or wire meshes set up in the proximity, can be used as reference ground for measurement.

The general requirements of 7.4.2.2 and of Annex A should be observed.

7.6.3 Measurement with voltage probes

Testing of conducted disturbance voltage is made with the voltage probe. Special precautions shall be taken to establish a reference ground for the measurements.

Any voltage decrease caused by loading of the circuit to be measured can be determined qualitatively by varying the voltage probe input impedance. If the input impedance of the voltage probe is high compared to the internal impedance of the test point or of the tested network, then only slight differences in the measurement of the disturbance voltage occur when the probe input impedance is increased. The input impedance of the probe can be doubled by series connection of a 1 500 Ω resistor. If the disturbance voltage is then reduced by an amount between 5 dB and 6 dB, then the 1 500 Ω probe can be used to measure the disturbance voltage.

7.6.4 Selection of measuring points

7.6.4.1 General

Radio disturbance voltage measurements at the place of installation are carried out at the boundaries of the user's premises, of industrial areas, or at points to be specified within the influence area of the receiving system.

7.6.4.2 Measurements on mains and other supply leads

In power supply networks it is sufficient to measure the unsymmetric disturbance voltage with the voltage probe at accessible power outlets near the power entrance to the building.

7.6.4.3 Measurements on unshielded and shielded cables

In the case of non-shielded and shielded signal, control and load leads with non-grounded shield leaving the boundaries, the unsymmetric disturbance voltage shall be measured with a high-impedance voltage probe on the individual wires or the shields with respect to the reference ground. Common mode disturbance voltage can be measured with a capacitive voltage probe.

In the case of shielded cables with grounded shield, the common mode disturbance current is measured at a distance greater than one-tenth wavelength from the connecting and grounding points using a current probe.

8 Automated measurement of disturbances

8.1 Precautions for automating measurements

Much of the tedium of making repeated EMI measurements can be removed by automation. Operator errors in reading and recording measurement values are minimized. By using a computer to collect data, however, new forms of error can be introduced that may have been detected by an operator. Automated testing can lead, in some situations, to greater measurement uncertainty in the collected data than manual measurements performed by a skilled operator. Fundamentally, there is no difference in the accuracy with which a disturbance value is measured whether manually or under software control. In both cases the measurement uncertainty is based on the accuracy specifications of the equipment used in the test set-up. Difficulties may arise, however, when the current measurement situation is different from the scenarios the software was configured for.

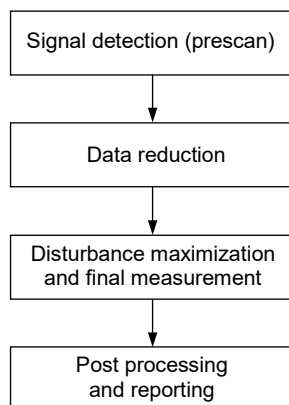
For example, an EUT disturbance adjacent in frequency to a high level ambient signal may not be measured accurately, if the ambient signal is present during the time of the automated test. A knowledgeable tester, however, is more likely to distinguish between the actual disturbance and the ambient signal; therefore the method for measuring the EUT disturbance can be adapted as required. However, valuable test time can be saved by performing ambient scans prior to the actual disturbance measurement with the EUT turned off to record ambient signals present on the OATS. In this case the software may be able to warn the operator of the potential presence of ambient signals at certain frequencies by applying appropriate signal identification algorithms.

Operator interaction is recommended if the EUT disturbance is slowly varying, if the EUT disturbance has a low on-off cycle or when transient ambient signals (e.g. arc welding transients) may occur.

8.2 Generic measurement procedure

Signals need to be intercepted by the EMI receiver before they can be maximized and measured. The use of the quasi-peak detector during the disturbance maximization process for all frequencies in the spectrum of interest leads to excessive test times (see 6.6.2). Time-consuming processes like antenna height scans are not required for each disturbance frequency. They should be limited to frequencies at which the measured peak amplitude of the disturbance is above or near the emission limit. Therefore, only the disturbances at critical frequencies whose amplitudes are close to or exceed the limit will be maximized and measured.

The following generic process will yield a reduction in measurement time (see Figure 22):



IEC 0868/14

Figure 22 – Generic process to help reduce measurement time

8.3 Prescan measurements

This initial step in the overall measurement procedure serves multiple purposes. Prescan places the least number of restrictions and requirements upon the test system because its main purpose is to gather a minimal amount of information upon which the parameters of additional testing or scanning will be based. This measurement mode can be used to test a new product, where the familiarity with its disturbance spectrum is very low. In general, prescan is a data acquisition procedure used to determine where in the frequency range of interest, significant signals are located. Improved frequency accuracy and data reduction through amplitude comparison may be necessary. These factors define the measurement sequence during the execution of prescan. In any case, the results will be stored in a signal list for further processing.

When a prescan measurement is made to quickly obtain information on an EUT's unknown disturbance spectrum, frequency scanning can be performed by applying the considerations of 6.6.

Determination of the required measurement time:

If the disturbance spectrum and especially the maximum pulse repetition interval T_p of the EUT is not known, the measurement time T_m is investigated to assure it is not shorter than T_p . The intermittent character of the EUT's disturbance is especially relevant for critical peaks of the disturbance spectrum. First should be determined at which frequencies the amplitude of the disturbance is not steady. This can be done by comparing the max-hold with a min-hold or clear/write function of the measuring equipment or software, and observing the disturbance for a period of 15 s. During this period no change of lead should be made. Signals with e.g. more than 2 dB difference between the max-hold result and min-hold result are marked as intermittent signals. (Care should be taken not to mark noise as intermittent signals.) The measurement is repeated, to reduce the risk that certain intermittent peaks are not found because they remain below noise level. From each intermittent signal, the pulse repetition period T_p can be measured, by applying zero span or using an oscilloscope connected to the IF-output of the measurement receiver. The correct measurement time can also be determined by increasing it until the difference between max-hold and clear/write displays is below e.g. 2 dB. During further measurements (maximization and final measurement), it has to be assured for each part of the frequency range that the measuring time T_m is not smaller than the applicable pulse repetition period T_p .

For **conducted disturbance measurements**, the prescan is defined as either performed on a representative lead, for example lead "L" of the power line, or on each lead using peak detection and the fastest scan time possible. If multiple leads are measured, a "maximum hold" function should be used to retain the highest emissions found during the measurement.

8.4 Data reduction

The second step in the overall measurement procedure is used to reduce the number of signals collected during prescan and thus aimed at further reduction of the overall measurement time. These processes can accomplish different tasks, e.g. determination of significant signals in the spectrum, discrimination between ambient or auxiliary equipment signals and EUT emissions, comparison of signals to limit lines, or data reduction based on user-definable rules. Another example of data-reduction methods involving the sequential use of different detectors and amplitude versus limit comparisons is given by the decision tree in Annex C of this standard. Data reduction may be performed fully automated or interactively, involving software tools or manual operator interaction. It need not be a separate section of the automated test, i.e. it may be part of a prescan.

In certain frequency ranges, an acoustic ambient discrimination is very effective. This requires signals to be demodulated to be able to listen to their modulation content. If an output list of prescan contains a large number of signals and acoustic discrimination is needed, it can be a rather lengthy process. However, if the frequency ranges for tuning and listening can be specified, only signals within these ranges will be demodulated. The results of the data reduction process are stored in a separate signal list for further processing.

8.5 Disturbance maximization and final measurement

During the final test the emissions are maximized to determine their highest level. After the maximization of the signals, the disturbance amplitude is measured using quasi-peak detection and/or average detection, allowing for the appropriate measurement time (at least 15 s if the reading shows fluctuations close to the limit).

For **conducted disturbance** measurements: the maximization process is defined by comparison of the disturbance amplitudes on the different leads of the EUT power cord and retention of the maximum levels.

NOTE Using an FFT-based measuring instrument, the final measurement will be performed at several frequencies in parallel.

8.6 Post processing and reporting

The last part of the test procedure addresses documentation requirements. The functionality for defining sorting and comparison routines which then can be automatically or interactively applied to signal lists supports a user in compiling the necessary reports and documentation. The corrected peak, quasi-peak or average signal amplitudes should be available as sorting or selection criteria. The results of these processes are stored in separate output lists or can be combined in a single list and are available for documentation or further processing.

Results shall be available in tabular or graphics format, or a combination of both, for use in a test report. Furthermore, information about the test system itself, e.g. transducers used, measuring instrumentation, and documentation of the EUT set-up as required by the product standard should also be part of the test report.

8.7 Disturbance measurement strategies with FFT-based measuring instruments

Depending on the implementation, FFT-based measuring instruments may perform weighted measurements significantly faster than the tuneable selective voltmeters. A weighted measurement over the frequency range of interest may then be faster than a measurement consisting of a prescan and final scan performed with a superheterodyne receiver (as described in 8.2).

9 Test set-up and measurement procedure using the CDNE in the frequency range 30 MHz to 300 MHz

9.1 General

Clause 9 contains requirements for the test set-ups and the procedure for measurement of the asymmetric disturbance voltage V_{dis} in the frequency range from 30 MHz to 300 MHz using the CDNE described in CISPR 16-1-2.

The CDNE method can be used for disturbance measurements if the radiation via connected cables is dominant.

The method is not applicable to an EUT under the following conditions:

- a) when the largest dimension of the EUT enclosure is larger than a quarter wavelength at the highest frequency of measurement, unless otherwise specified by the product committee;
- b) with a rated supply voltage exceeding 600 V;
- c) with more than two cables.

The interference potential of an EUT having only one mains lead and no other external leads can be assessed by the asymmetric voltage on this lead. This asymmetric voltage is nearly equal to that supplied by the EUT to a suitable CDNE. Direct radiation from the EUT enclosure is not taken into account.

Equipment having one additional external lead other than a mains lead can radiate interfering energy from this shielded or unshielded lead in the same manner as radiation from the mains lead. CDNE measurements can be performed on this lead as well. The precise measuring procedure and its applicability have to be specified for each category of products in the product standard.

In general the level of asymmetric voltage is higher than the level of unintentional symmetric voltage. Therefore a minimum longitudinal conversion loss (LCL) value of 20 dB is adequate to prevent any influences of the symmetric voltage on the measurement results. The CDNE, with a defined minimum LCL of 20 dB, is not appropriate for EUTs with an intentional differential mode on the mains network.

9.2 Test set-up

The test set-up is placed on the RGP, which is connected to the protective earth for safety of personnel and equipment. The distance of the EUT to any other metallic object shall be $\geq 0,8$ m. For a shorter distance, but not less than 0,4 m, an additional uncertainty of 0,2 dB shall be added.

NOTE 1 – The conductive floor of a shielded room is an example of an implementation of the RGP.

The CDNE is connected to the RGP via its metallic enclosure. RF grounding can be improved by using additional pressure on the enclosure. In addition a reliable connection to protective earth is needed for safety purposes, and therefore shall be made using screws or similar means. The back of the CDNE shall be positioned at least 200 mm from the edge of the ground plane.

The EUT is positioned $100 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ above the RGP and supported by non-conductive material that has relative permittivity ϵ_r less than 1,4 (e.g. polystyrene foam). The edge of the RGP shall be at least 200 mm beyond the perimeter of the EUT.

A distance of $200 \text{ mm} \pm 20 \text{ mm}$ shall be maintained between the CDNE and EUT. The CDNE shall be positioned on the side of the EUT at which the cable under test is connected, to minimize the cable length. The cable shall not be meandered or bundled.

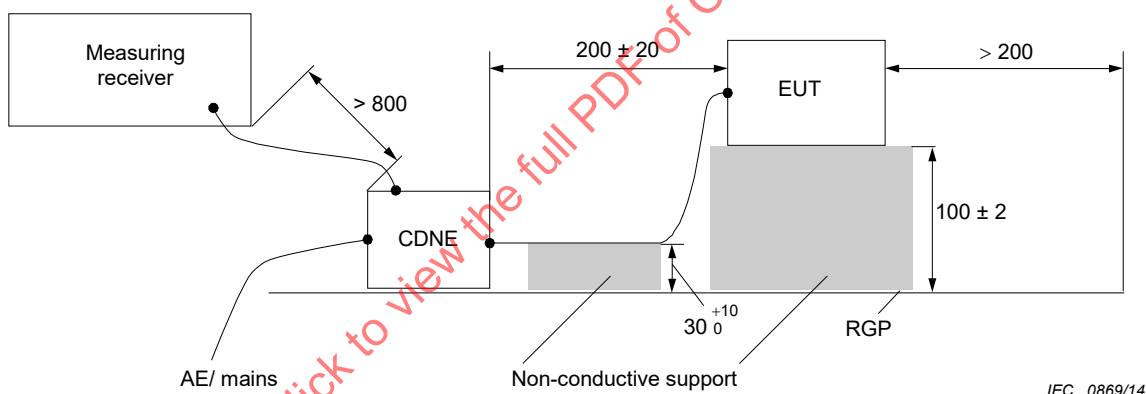
The cable connected to the EUT shall run down vertically from the EUT for a distance of about 30 mm to the RGP, and horizontally to the EUT port of the CDNE (see Figure 23).

The AE/mains port of the CDNE connects to the associated equipment, i.e. the mains for the CDNE-M2 and CDNE-M3, and a control unit for CDNE-S_x. The receiver port of the CDNE connects to the input port of the measuring receiver.

Figure 24 shows a test set-up for an EUT with two connected cables. Actual set-ups will depend on which EUT surfaces the cables are connected to; Figure 24 illustrates an arrangement of an EUT with cable connections on adjacent sides.

When two cables are connected to an EUT on the same surface, the two CDNEs shall be positioned next to this side of the EUT (see Figure 25). The CDNEs are positioned $2 \text{ cm} \pm 1 \text{ cm}$ from each other. For the cable that is not under test, the receiver port of the CDNE that is not connected to the measuring receiver is terminated with a 50Ω load.

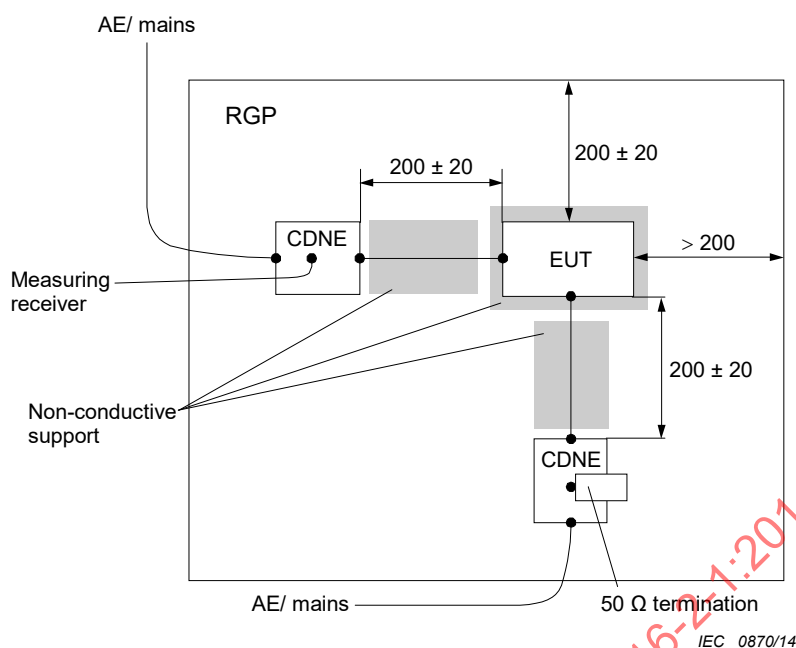
NOTE 2 The measurement set-ups shown in Figures 24 and 25 are not applicable on a mains network with dominant differential-mode signals. Differential mode cross-talk components will cause significant measurement errors.



“AE/mains” may include AC mains, DC supply as well as control/communication lines.

NOTE All dimensions are in mm.

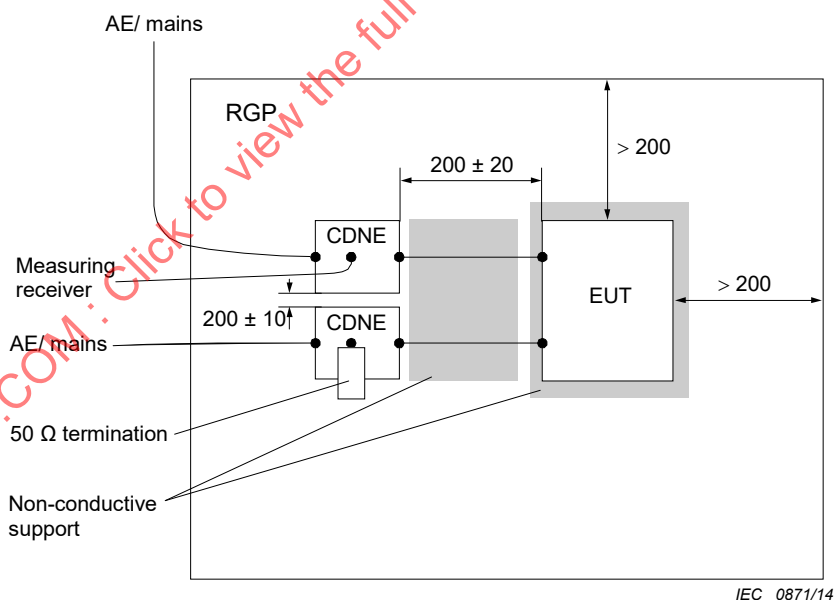
Figure 23 – Test set-up for measurement of an EUT with one cable



"AE/mains" may include AC mains, DC supply as well as control/communication lines.

NOTE All dimensions are in mm.

Figure 24 – Test set-up for measurement of an EUT with two cables connected adjacent surfaces of the EUT



"AE/mains" may include AC mains, DC supply as well as control/communication lines.

NOTE All dimensions are in mm.

Figure 25 – Test set-up for measurement of an EUT with two cables connected on the same surface of the EUT

9.3 Measurement procedure

Clause 6 as well as 6.2 shall be taken into account for measurements using a CDNE. Accordingly, the following provisions are applicable:

- a) The operating conditions of the EUT shall be selected as described by the manufacturer.
- b) The necessary warm-up time for the EUT shall be selected and monitored.
- c) For the verification of the measurement result, the ambient emissions shall be checked to ensure that the ratio of disturbance signal to ambient emission is larger than 20 dB.
- d) The detector, as specified in 7.2.2, and measurement time selected for the measuring receiver, shall be determined from the preliminary and final measurements. For the preliminary measurement, at least the peak detector shall be used. During the final measurement, the asymmetric disturbance voltage V_{dis} shall be measured with a detector as specified in the product standard.
- e) The CDNE voltage division factor F_{CDNE} , in dB, shall be added to the measuring receiver reading V_{meas} , in dB(μV), for measurement of the disturbance voltage V_{dis} , i.e.
$$V_{\text{dis}} = V_{\text{meas}} + F_{\text{CDNE}} \text{ in dB}(\mu\text{V}).$$
- f) For an EUT with two connected cables, each cable is measured separately, then the maximum reading of the two cables shall be taken as the measurement result of V_{dis} .

STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of CISPR 16-2-1:2014+AMD1:2017 CSV

Annex A (informative)

Guidelines for connection of electrical equipment to the artificial mains network

NOTE Annex A supplements the provisions of Clause 5.

A.1 General

Annex A is intended to give general guidance on the techniques which can be used to evaluate the disturbance generated by certain electrical equipment in the frequency range 9 kHz to 30 MHz. It provides information on methods of connection of such equipment to the artificial mains network for the measurement of terminal voltages. A table is provided giving a general presentation of various cases encountered in practice, for such cases, enabling a suitable technique to be selected.

The cases described in Clause A.2 identify propagation of the EUT disturbance either:

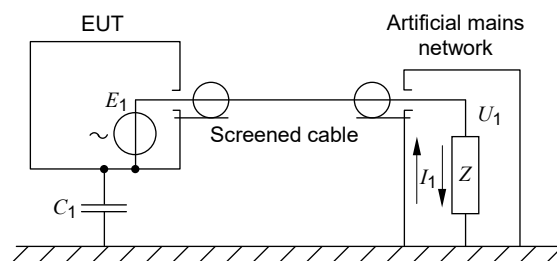
- by **conduction** along the connected mains leads (designated with E_1 and I_1 in the equivalent circuit diagrams), or
- by **radiation** and coupled to the connected mains lead (designated with E_2 and I_2 in the equivalent circuit diagrams).

Whether conducted or radiated disturbance dominates is partly dependent on the arrangement of the EUT with respect to the reference ground (including the type of connection to the reference ground) and on the type of connection from the EUT to the artificial mains network (shielded or non-shielded cable).

A.2 Classification of the possible cases

A.2.1 Well-shielded but poorly filtered EUT (Figures A.1 and A.2)

In this case, the conducted disturbance component represented by the current I_1 dominates. The disturbance current I_1 is fed from the EUT to the artificial mains network Z . Consequently, the voltage U_1 increases when capacitance C_1 between the EUT shield and the reference ground increases (see Figure A.1). The voltage U_1 is maximized ($U_1 = ZI_1 = E_1$) when the impedance of the current return path is minimized by short-circuiting C_1 , either directly or by using shielded cables to supply the EUT (see Figure A.2). (Also, see the discussion in Clause A.3.)



IEC 0872/14

Figure A.1 – Basic schematic of well-shielded but poorly filtered EUT

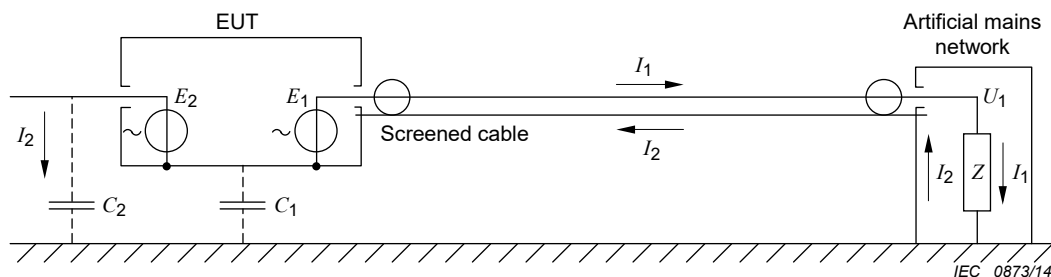


Figure A.2 – Detail of well-shielded but poorly filtered EUT

A.2.2 Well-filtered but incompletely shielded EUT (Figures A.3 and A.4)

In this case, the disturbance current fed to the mains is reduced practically to zero, and the voltage across the artificial mains network may be dominated by undesirable radiation, either from gaps in an incomplete shield or from a protruding conductor acting as an antenna. Such leakage can be represented schematically by an external capacitor C_2 connected between an internal disturbance source of e.m.f., E_2 and the reference ground. This capacitance C_2 passes a current I_2 . Part of the current I_2 , which flows through C_2 to the reference ground, returns via C_1 and a part of I_2 returns via the artificial mains network. If the supply leads are unshielded (see Figure A.3), and the impedance of C_1 is large compared with the artificial mains impedance Z ($ZC_1 \omega \ll 1$), then I'_2 is nearly equal to I_2 and the voltage U_2 is nearly equal to $I_2 Z$ ($U_2 = ZI_2$).

If C_1 is increased, Z is shunted and U_2 will decrease. At the limit, when C_1 is short-circuited by supplying the EUT through shielded cables (see Figure A.4), so that no part of I_2 flows through Z , then U_2 will be zero.

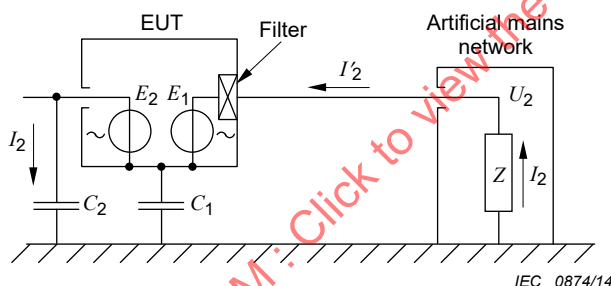


Figure A.3 – Well-filtered but incompletely shielded EUT

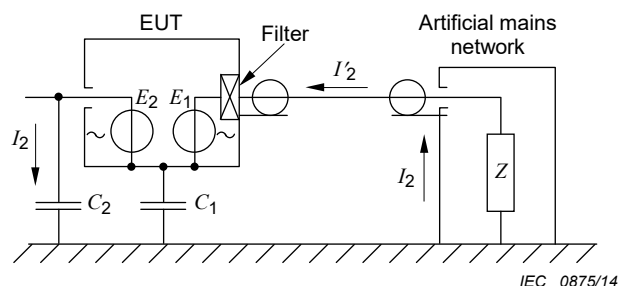


Figure A.4 – Well-filtered but incompletely shielded EUT, with U_2 reduced to zero

A.2.3 Practical general case

A.2.3.1 General

In practice, neither the shielding nor the filtering described in the preceding subclauses are perfect; the two effects then occur simultaneously and are additive. Under these conditions, the three following cases may be encountered.

A.2.3.2 Supply through shielded conductors (Figure A.5)

The current I_1 caused by leakage due to radiation flows in a circuit closed through the ground and the external surfaces of the screening of the artificial mains network and of the supply conductors; it has no effect on Z .

The voltage U_1 , which may be measured across Z , is solely due to the current I_1 injected into the supply conductors and returning through the internal surfaces of the screening of the artificial mains network and these conductors. The voltage U_1 is then maximum:

$$U_1 = ZI_1 \approx E_1$$

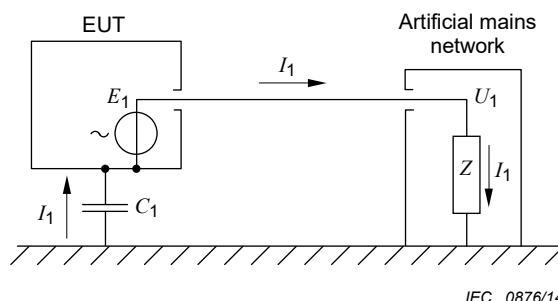


Figure A.5 – Disturbance supply through shielded conductors

A.2.3.3 Supply through unshielded but filtered conductors (Figure A.6)

If a highly efficient low-pass filter is connected to the input of the EUT, with its screening directly connected to the screening of the EUT, the current I_1 fed by source E_1 to the mains conductors will be stopped by the filter.

As in the case represented in Figure A.6, the current I_2 due to the radiation returns through Z and the conductors (if $ZC_1\omega \ll 1$); the voltage U_2 measured across Z is then produced solely by the radiation.

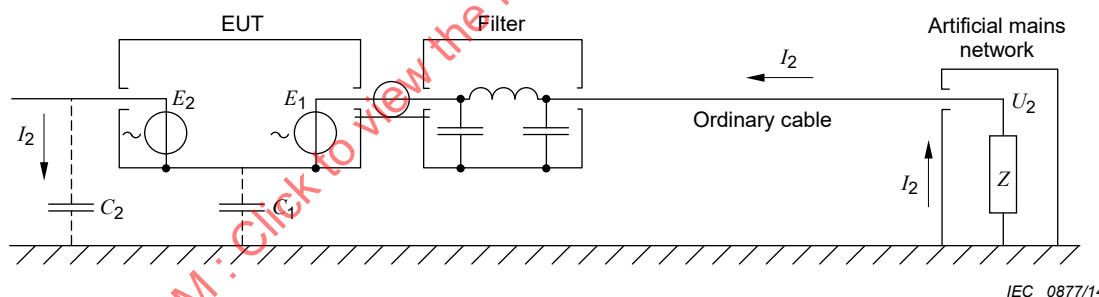


Figure A.6 – Disturbance supply through unshielded but filtered conductors

A.2.3.4 Supply through ordinary conductors (Figure A.7)

Should the filter in Figure A.6 be removed, the current I_1 from source E_1 reappears on the conductors (Figure A.7). In comparison to Figure A.5 (with the maximum possible value of I_1 for the supply of a non-filtered EUT through shielded conductors) the value of I_1 in Figure A.7 (supply of a non-filtered EUT through ordinary, i.e. unshielded conductors) is reduced to a minimum value in the ratio of I_1 (EUT unshielded) / I_1 (EUT shielded) = $ZC_1\omega$ referred to its minimum value (Figure A.2), if $ZC_1\omega \ll 1$. The current I_2 is the same as in the previous cases, but because the conductors are not shielded, it also passes through Z and the mains conductors.

The voltage U across the artificial mains network results then from the superposition of currents I_1 and I_2 . When electromotive forces E_1 and E_2 are themselves produced by a common internal source, these currents are synchronous, and the voltage U depends not only on the current values but also on their phases. For certain frequencies, it may occur that currents I_1 and I_2 are in opposition, and if they are also of approximately the same magnitude,

the voltage U may become very small even if I_1 and I_2 are individually quite large. Moreover, if the frequency of the source varies, the phase opposition may not remain constant, and voltage U may show rapid and considerable variations.

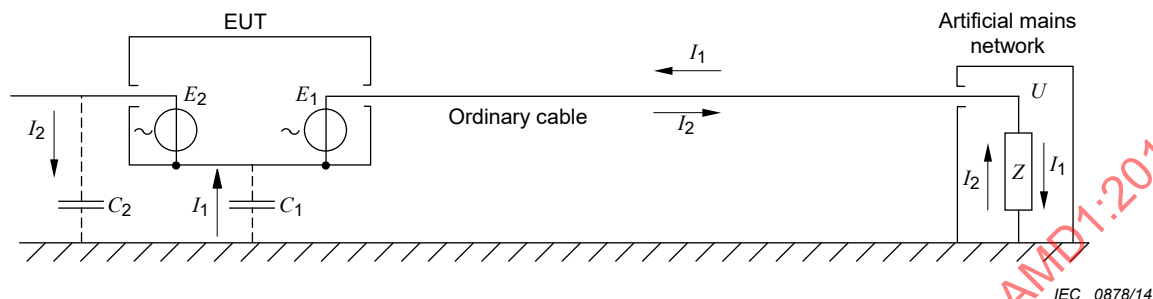


Figure A.7 – Disturbance supply through ordinary conductors

A.3 Method of grounding

In the preceding subclauses, the connection to ground of the EUT was assumed to be made through connection of the shielding of the supply conductors to the reference ground.

This is the only correct solution to obtain a grounding allowing a clear distinction between the two kinds of currents I_1 and I_2 , as indicated above. It may be applied, without exception, to all frequencies.

For frequencies below 1,6 MHz practically the same result may be achieved by grounding through a straight lead of small length (1 m maximum), running parallel to the mains lead, and not more than 10 cm distant from it.

For frequencies above a few MHz, this simplified solution should only be used with care, especially at the higher frequencies. It is then strongly recommended that screened conductors be used in all cases. At the higher frequencies, it may be necessary to take into account the characteristic impedance of the conductor.

A.4 Conditions of grounding

A.4.1 General

A.4.1.1 General rules

It appears from the considerations in the preceding subclauses that the behaviour of the measuring circuit for the voltage across the artificial mains network and hence the result of these measurements, is largely dependent on how the frame of the EUT being tested is connected to ground. It is therefore essential to specify these conditions closely.

Essentially, the principal effect of grounding is to separate the two currents I_1 and I_2 , and possibly to cause opposing variations of their respective actions on the measuring apparatus (which measures voltage U across Z). In the limiting case of a direct connection from the body of the EUT to ground, which short-circuits C_1 , the values of current I_1 , and thus of voltage $U_1 = ZI_1 \approx E_1$, are maximum; on the contrary, the current I_2 due to radiation passes entirely through this short-circuit, and the corresponding voltage U_2 is reduced to zero.

From these considerations, the following general rules are drawn.

Direct grounding should always be used when testing:

- a) a non-radiating EUT (e.g. a motor) because in such a case, the measurement yields the maximum value of the disturbance voltage which may be met in practice;
- b) a poorly filtered radiating EUT when, without troubling to measure the radiation, it is wished to measure solely the disturbance voltage due to direct injection into the supply conductors:
 - 1) either for assessing the efficiency of the filter (for instance, for the time base circuits of television receivers);
 - 2) or for evaluating, in the laboratory, the actual disturbance produced by an apparatus whose radiation in normal operation will be suppressed by shielding (e.g. a transformer for the ignition system of fuel for boilers).

A.4.1.2 Direct grounding

Direct grounding should not be used when testing under item b) 1) of A.4.1.1 for a very well-filtered EUT that generates considerable radiation (e.g. ozonizer, medical apparatus with damped oscillations, arc welder). In all these cases, the voltage across the artificial mains network becomes very small with direct grounding, while without such grounding the voltage may be quite large or unsteady. The measurement may then be meaningless, and it may become necessary to make the grounding through a specified impedance to simulate the actual impedance of the safety ground (protective earth) conductor, e.g. by a protective ground choke which additionally provides some RF isolation from the "polluted" and therefore "poor" protective earth (see the lower part of Table A.2).

The impedance of such an "electrically long" conductor is, in case of an EUT of safety-class I normally equal to the mains simulation impedance specified as termination for the mains terminals of the EUT provided by the artificial mains network (constituted by the network of $50 \mu\text{H} + 1 \Omega$ which, due to thermal problems in case of high current loads, may be reduced to a network of $50 \mu\text{H}$).

A.4.1.3 No grounding

Without any grounding, the voltage across the artificial mains network results from the addition of both currents I_1 and I_2 . A measurement can only be obtained when one of these currents is reduced to zero, either with a very well-screened shielded but poorly filtered EUT (e.g. a motor) or with a very well-filtered but radiating EUT (e.g. a television receiver, an ozonizer, etc.).

If in case of an EUT of safety-class I for the purpose of analysis of I_2 , for the reduction of I_1 the impedance according to the note under A.4.1.2 is not sufficient; a high impedance RF choke (1,6 mH) may be inserted into the ground conductor path.

The measurement usually yields only the value of the total disturbance, without allowing any discrimination, the results being only valid for the conditions used during the test. Such conditions should then be very well defined, namely the values of the capacitance to the ground plane of the various elements of the EUT (for instance, the capacitance of the transmission line from the antenna in the case of a television receiver). Moreover, a single measurement for one arbitrary frequency has no significance if, for this frequency, the currents I_1 and I_2 are in opposition. As a matter of principle, then, it is necessary to make measurements at a number of frequencies.

A.4.2 Classification of typical testing conditions

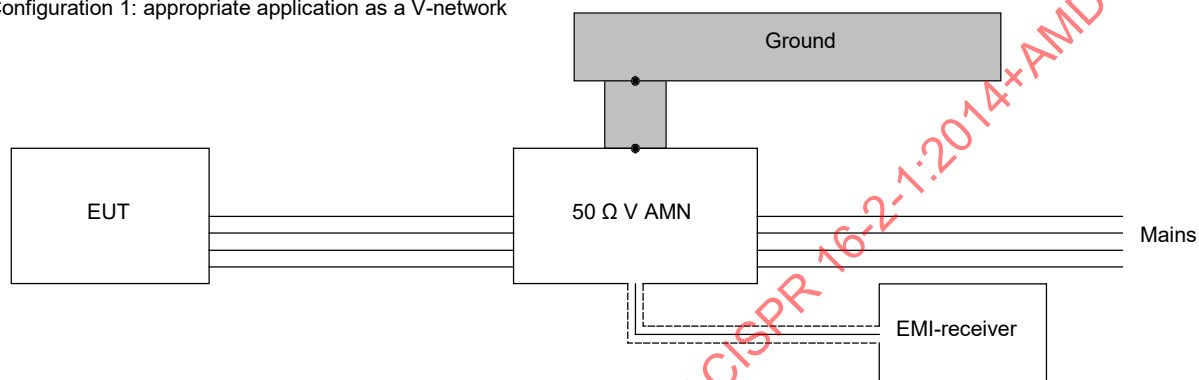
Tables A.1 and A.2 summarize the various testing conditions and the types of EUTs for which they are suitable. These tables also give the meaning of the measurement, that is, the physical quantity which corresponds to the voltage U measured across the artificial mains network Z , and also the precautions to be taken when making the measurement.

A.5 Connection of the AMN as a voltage probe

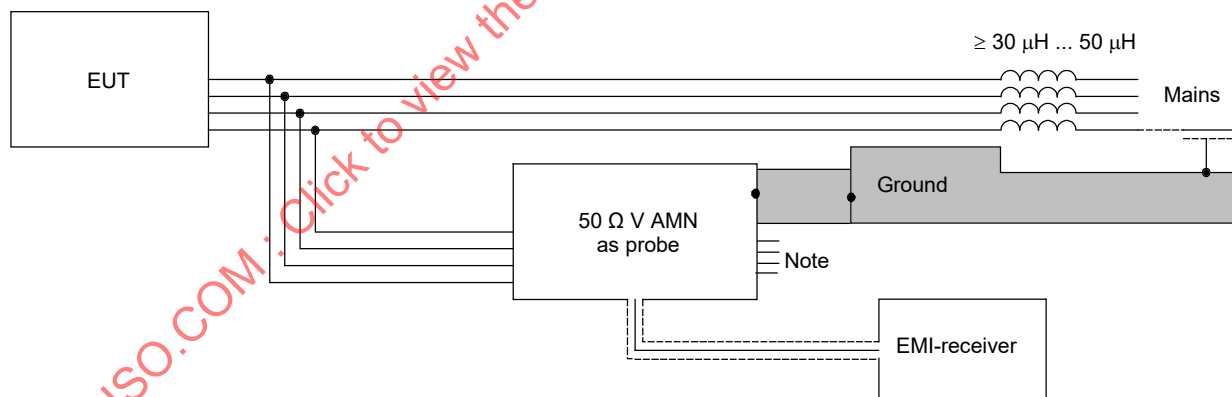
Conducted disturbance measurements of EUTs with high operational currents may cause difficulties. AMNs for the frequency range 9 kHz to 150 kHz (30 MHz) are available for up to approximately 25 A nominal current. AMNs for the frequency range 150 kHz to 30 MHz (50 μ H parallel to 50 Ω) are available for up to approximately 200 A.

EUTs with higher current rating may be tested using the AMN as a voltage probe. This alternative solution is also helpful for in situ measurement, if referred to in the applicable product standard.

Configuration 1: appropriate application as a V-network



Configuration 2: application as a voltage probe



NOTE Exposed pins are made safe.

IEC 0879/14

Figure A.8 – AMN configurations

Table A.1 – Testing conditions for types of EUTs – Ordinary cable

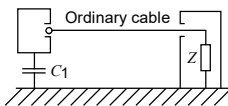
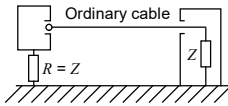
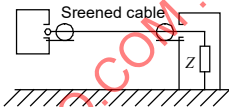
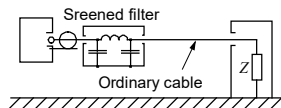
Method of connection	Types of apparatus			Quantity measured	Details of the measurement	
	Examples	Essential characteristics				
		Grounding	Radiation			Filtering
 	Motors, electro-domestic appliances	Without	Weak	Moderate	Actual disturbance (reduced) solely due to injected current C_1	The disturbance depends on C_1
	Ozonizers		Strong	Very good	Actual disturbance solely due to radiation current I_2	It is necessary to state accurately the position of the appliance with regard to ground or to quote the value of C_1
	Medical apparatus			Moderate	Total overall disturbance resulting from the superposition of the two preceding effects (I_1 and I_2)	
	Arc-welders				These two effects (I_1 and I_2) may be in phase opposition at certain frequencies	Measurement should be repeated, the frequency being varied
	Television receivers (time-base)					
		With	Very good	Actual disturbance produced with a ground connection of usual length	The position of the appliance with regard to ground should be specified in order that $RC_1\omega < 1$	

Table A.2 – Testing conditions for types of EUTs – Screened cable

Method of connection	Types of apparatus	Quantity measured	Examples	Details of the measurement
	Non-radiating appliances provided with an ground terminal	Maximum actual disturbance as C_1 is short-circuited	All motors provided with an ground terminal	
	Radiating appliances when it is desired to measure only the disturbance caused by current feed to mains	Check on the efficiency of the screening	Television receivers, medical apparatus, ozonizers, arc-welders	
		Actual disturbance caused by an appliance which, in normal use, must be carefully screened	Transformer for the ignition system of oil burners; part of a screened assembly separately tested	
	Poorly filtered appliances when it is desired to measure only the disturbance caused by radiation	Check on the efficiency of the screening	Television receivers; high-frequency industrial apparatus	The position of the appliance with regard to ground should be specified in order that $ZC_1\omega < 1$
		Actual disturbance caused by an appliance which, in normal use, is provided with a good filter	Fluorescent lighting	

Annex B (informative)

Use of spectrum analyzers and scanning receivers

NOTE Annex B supplements the provisions of Clause 6.

B.1 General

The following characteristics should be taken into account when using spectrum analyzers and scanning measuring receivers.

B.2 Overload

Most spectrum analyzers have no RF preselection in the frequency range up to 2 000 MHz; that is, the input signal is directly fed to a broadband mixer. To avoid overload, to prevent damage, and to operate a spectrum analyzer linearly, the signal amplitude at the mixer should typically be less than 150 mV peak. RF attenuation, or additional RF preselection, may be required to reduce the input signal to this level.

B.3 Linearity test

Linearity can be measured by measuring the level of the specific signal under investigation, then repeating this measurement after an X dB attenuator has been inserted at the input of the measuring receiver or, if used, at the input of the preamplifier ($X \geq 6$ dB), if used. The new reading of the measuring receiver display should differ by X dB not more than $\pm 0,5$ dB from the first reading when the measuring system is linear.

B.4 Selectivity

The spectrum analyzer and scanning measuring receiver should have the bandwidth specified in CISPR 16-1-1, to correctly measure broadband and impulsive signals and narrowband disturbance with several spectrum components within the standardized bandwidth.

B.5 Normal response to pulses

The response of a spectrum analyzer and scanning measuring receiver with quasi-peak detection can be verified with the calibration test pulses specified in CISPR 16-1-1. The large peak voltage of the calibration test pulses typically requires an insertion of RF attenuation of 40 dB or more to satisfy the linearity requirements. This decreases the sensitivity, and makes the measurement of low repetition rate and isolated calibration test pulses impossible for bands B, C and D. If a preselecting filter is used ahead of the measuring receiver, then the RF attenuation can be decreased. The filter limits the spectrum width of the calibration test pulse as seen by the mixer.

B.6 Peak detection

The normal (peak) detection mode of spectrum analyzers provides a display indication which, in principal, is never less than the quasi-peak indication. It is convenient to measure emissions using peak-detection, because it allows faster frequency scans than quasi-peak detection. Then those signals that are close to the emission limits need to be remeasured using quasi-peak detection, to record quasi-peak amplitudes.

B.7 Frequency scan rate

The scan rate of a spectrum analyzer or a scanning measuring receiver should be adjusted for the CISPR frequency band and the detection mode used. The minimum sweep time/frequency, or the fastest scan rate, is listed in Table B.1:

Table B.1 – Sweep time/frequency or fastest scan rate

Band	Peak-detection	Quasi-peak detection
A	100 ms/kHz	20 s/kHz
B	100 ms/MHz	200 s/MHz
C and D	1 ms/MHz	20 s/MHz

For a spectrum analyzer or scanning measuring receiver used in a fixed tuned non-scanning mode, the display sweep time may be adjusted independently of the detection mode, and according to the needs for observing the behaviour of the disturbance. If the level of disturbance is not steady, the reading on the measuring receiver should be observed for at least 15 s to determine the maximum (see 6.5.1).

B.8 Signal interception

The spectrum of intermittent emissions may be captured with peak-detection, and digital display storage if provided. Multiple, fast frequency scans reduce the time to intercept a disturbance, compared to a single, slow frequency scan. The starting time of the scans should be varied to avoid any synchronism with the disturbance and thereby hiding it. The total observation time for a given frequency range should be longer than the time between the emissions. Depending upon the kind of disturbance being measured, the peak detection measurements can replace all or part of the measurements needed using quasi-peak detection. Re-tests using a quasi-peak detector should then be made at frequencies where disturbance maxima have been found.

B.9 Average detection

Average detection with a spectrum analyzer is obtained by reducing the video bandwidth until no further smoothing of the displayed signal is observed. The sweep time should be increased with reductions in video bandwidth, to maintain amplitude calibration. For such measurements, the measuring receiver shall be used in the linear mode of the detector. After linear detection is made, the signal may be processed logarithmically for display, in which case the value is corrected even though it is the logarithm of the linearly detected signal.

A logarithmic amplitude display mode may be used, for example, to distinguish more easily between narrowband and broadband signals. The displayed value is the average of the logarithmically distorted IF signal envelope. A logarithmic amplitude display mode results in a larger attenuation of broadband signals than in the linear detection mode without affecting the display of narrowband signals. Video filtering in log-mode is, therefore, especially useful for estimating the narrowband component in a spectrum containing both.

B.10 Sensitivity

Sensitivity can be increased with low noise RF pre-amplification ahead of the spectrum analyzer. The input signal level to the amplifier should be adjustable with an attenuator to test the linearity of the overall system for the signal under examination.

The sensitivity to extremely broadband emissions, which require large RF attenuation for system linearity, is increased with RF pre-selecting filters ahead of the spectrum analyzer. The filters reduce the peak amplitude of the broadband emissions and less RF attenuation can be used. Such filters may also be necessary to reject or attenuate strong out-of-band signals and the intermodulation products they cause. If such filters are used, they should be calibrated with broadband signals.

B.11 Amplitude accuracy

The amplitude accuracy of a spectrum analyzer or a scanning measuring receiver may be verified by using a signal generator, power meter, and precision attenuator. The characteristics of these instruments, cable and mismatch losses have to be analyzed, to estimate the errors in the verification test.

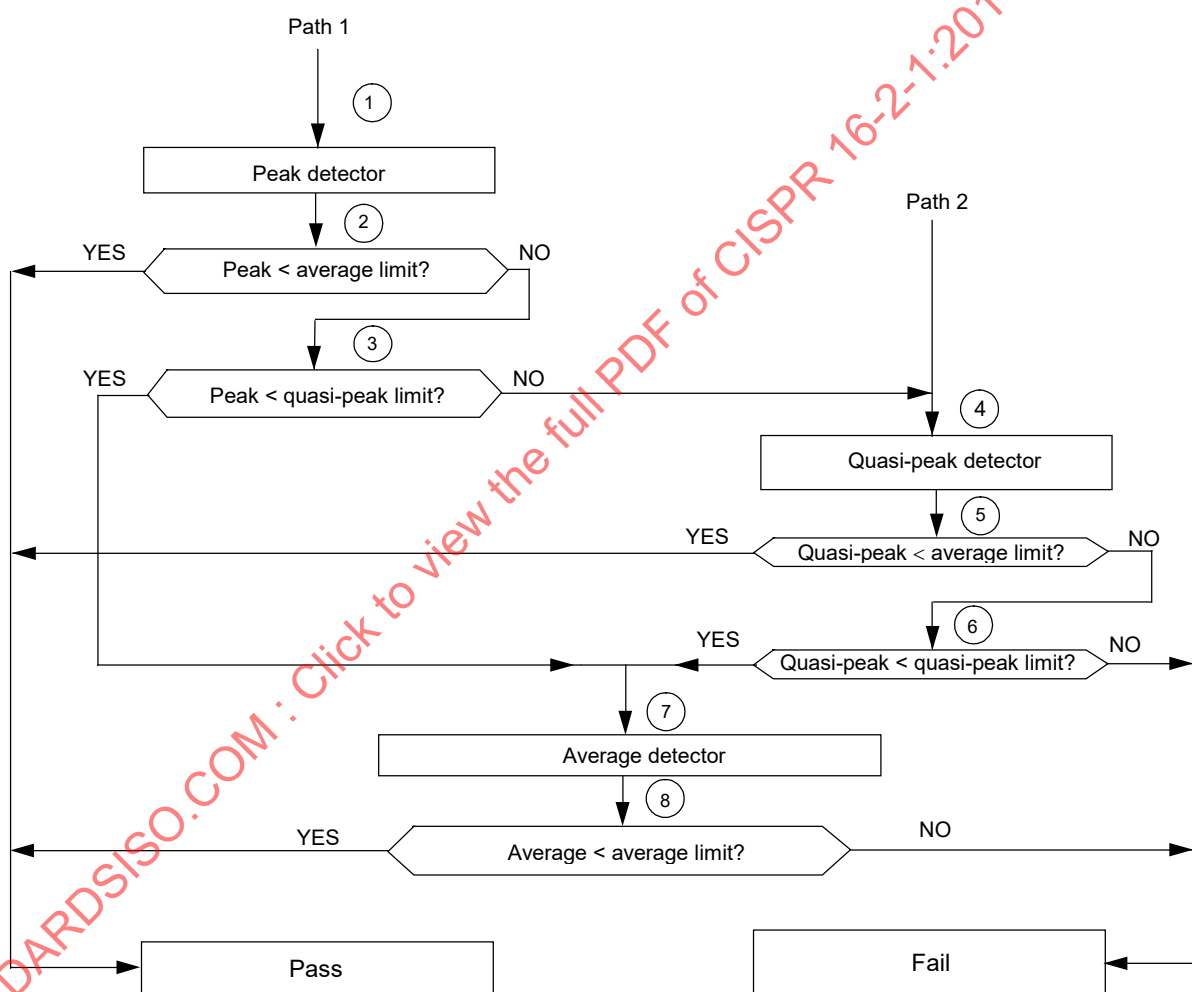
STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of CISPR 16-2-1:2014+AMD1:2017 CSV

Annex C (informative)

Decision tree for use of detectors for conducted disturbance measurements

NOTE Annex C supplements the provisions of Clause 6.

The following decision tree and text provide guidance on the pass/fail criteria and the use of detectors for conducted disturbance measurements when the product standard requires measurements with both the quasi-peak and average detectors. For efficiency in performing these measurements, path 1 in Figure C.1 showing the use of the peak detector is recommended.



IEC 0880/14

Figure C.1 – Decision tree for optimizing speed of conducted disturbance measurements with peak, quasi-peak and average detectors

For the EUT to pass, the measured conducted disturbance should comply with both the quasi-peak and average limits. The tests may be performed using either path 1 or path 2; however, to optimize the speed of conducted disturbance measurements path 1 is recommended. Path 2, starting with a quasi-peak measurement, is slower in situations where compliance with the quasi-peak limit could already be determined from a peak measurement.

- 1) Start measurement with peak detector for rapid measurement.
- 2) Compare peak disturbance level to average limit.
If emissions are above limit: go to step 3).
If emissions are below limit: EUT passes.
- 3) Compare peak disturbance level with quasi-peak limit.
If emissions are above limit: go to step 4).
If emissions are below limit: go to step 7).
- 4) Measurement with quasi-peak detector.
- 5) Compare quasi-peak disturbance level to the average limit.
If emissions are above limit: go to step 6).
If emissions are below limit: EUT passes.
- 6) Compare quasi-peak disturbance level to the quasi-peak limit.
If emissions are above limit: EUT fails.
If emissions are below limit: go to step 7).
- 7) Measurement with average detector.
- 8) Compare average disturbance level to the average limit.
If emissions are above limit: EUT fails.
If emissions are below limit: EUT passes.

When frequency scanning is used during the peak measurement, the scan rate of the spectrum analyzer or scanning receiver should be adjusted not to exceed the fastest scan rate listed in Annex B.

Annex D (informative)

Scan rates and measurement times for use with the average detector

D.1 General

Annex B is intended to give guidance on the selection of scan rates and measurement times when measuring impulsive disturbance with the average detector.

The average detector serves the following purposes:

- a) to suppress impulsive noise and thus to enhance the measurement of CW components in disturbance signals to be measured;
- b) to suppress amplitude modulation (AM) in order to measure the carrier level of amplitude modulated signals;
- c) to show the weighted peak reading for intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances using a standardized meter time constant.

CISPR 16-1-1 defines the average measuring receiver for the frequency range 9 kHz to 1 GHz.

In order to select the proper video bandwidth and the corresponding scan rate or measurement time, the following considerations apply.

D.2 Suppression of impulsive disturbance

D.2.1 General

The pulse duration T_p of impulsive disturbance is often determined by the IF bandwidth B_{res} : $T_p = 1/B_{res}$. For the suppression of such noise, the suppression factor a is then determined by the video bandwidth B_{video} relative to the IF bandwidth: $a = 20 \lg (B_{res}/B_{video})$. B_{video} is determined by the bandwidth of the lowpass filter following the envelope detector. For longer pulses, the suppression factor will be lower than a . The minimum scan time $T_{s \min}$ (and maximum scan rate $R_{s \max}$) is determined using:

$$T_{s \min} = (k \times \Delta f) / (B_{res} \times B_{video}) \quad (D.1)$$

$$R_{s \max} = \Delta f / T_{s \min} = (B_{res} \times B_{video}) / k \quad (D.2)$$

where Δf is the frequency span and k is a proportionality factor which depends on the speed of the measuring receiver.

For the longer scan times, k is very close to 1. If a video bandwidth of 100 Hz is selected, the maximum scan rates and pulse suppression factors in Table D.1 will be obtained.

This suppression can be applied for product standards calling out quasi-peak and average limits in Bands B (and C) if short pulses are expected in the disturbance signal. Compliance of the EUT with both limits shall be demonstrated. If the pulse repetition frequency is greater than 100 Hz and the quasi-peak limit is not exceeded by the impulsive disturbance, then the short pulses are sufficiently suppressed for average detection with a video bandwidth of 100 Hz.

Table D.1 – Pulse suppression factors and scan rates for a 100 Hz video bandwidth

	Band A	Band B	Bands C and D
Frequency range	9 kHz to 150 kHz	150 kHz to 30 MHz	30 MHz to 1 000 MHz
IF bandwidth B_{res}	200 Hz	9 kHz	120 kHz
Video bandwidth B_{video}	100 Hz	100 Hz	100 Hz
Max. scan rate	17,4 kHz/s	0,9 MHz/s	12 MHz/s
Max. suppression factor	6 dB	39 dB	61,5 dB

D.2.2 Suppression of impulsive disturbance by digital averaging

Average detection may be done by digital averaging of the signal amplitude. An equivalent suppression effect can be achieved if the averaging time is equal to the inverse of the video filter bandwidth. In this case, the suppression factor is $a = 20 \lg (T_{\text{av}} \times B_{\text{res}})$, where T_{av} is the averaging (or measuring) time at a certain frequency. Consequently a measurement time of 10 ms will result in the same suppression factor as the video bandwidth of 100 Hz. Digital averaging has the advantage of zero delay time, when switching from one frequency to another. On the other hand, for averaging of a certain pulse repetition frequency f_p , the result may vary depending on whether n or $n+1$ pulses are averaged. This effect is less than 1 dB, if $T_{\text{av}} \times f_p > 10$.

D.3 Suppression of amplitude modulation

To measure the carrier of a modulated signal, the modulation is suppressed by signal averaging over a sufficiently long time, or by using a video filter of sufficient attenuation at the lowest frequency. If f_m is the lowest modulation frequency, and if for the case that the maximum measurement error due to the 100 % modulation is limited to 1 dB, then the measurement time T_m should be $T_m = 10 / f_m$.

D.4 Measurement of slowly intermittent, unsteady or drifting narrowband disturbances

In CISPR 16-1-1, the response to intermittent, unsteady, or drifting narrowband disturbances is defined using the peak reading with meter time constants of 160 ms (for bands A and B) and 100 ms (for bands C and D). These time constants correspond to second order video filter bandwidths of 0,64 Hz or 1 Hz respectively. For correct measurements, these bandwidths would require very long measurement times (see Table D.2).

This applies however only for pulse repetition frequencies of 5 Hz or less. For all higher pulse widths and modulation frequencies, higher video filter bandwidths may be used (see D.2.1). Figures D.1 and D.2 show the weighting function of a pulse with 10 ms pulse duration versus pulse repetition frequency f_p with peak reading ("CISPR AV") and with true averaging ("AV") for meter time constants of 160 ms (Figure D.1) and 100 ms (Figure D.2).

Figures D.1 and D.2 imply that the difference between average with peak reading ("CISPR AV") and without peak reading ("AV") is increasing as the pulse repetition frequency f_p decreases. Figures D.3 and D.4 show the difference for $f_p = 1$ Hz as a function of pulse width.

Table D.2 – Meter time constants and the corresponding video bandwidths and maximum scan rates

	Band A	Band B	Bands C and D
Frequency range	9 kHz to 150 kHz	150 kHz to 30 MHz	30 MHz to 1 000 MHz
IF bandwidth B_{res}	200 Hz	9 kHz	120 kHz
Meter time constant	160 ms	160 ms	100 ms
Video bandwidth B_{video}	0,64 Hz	0,64 Hz	1 Hz
Maximum scan rate	8,9 s/kHz	172 s/MHz	8,3 s/MHz

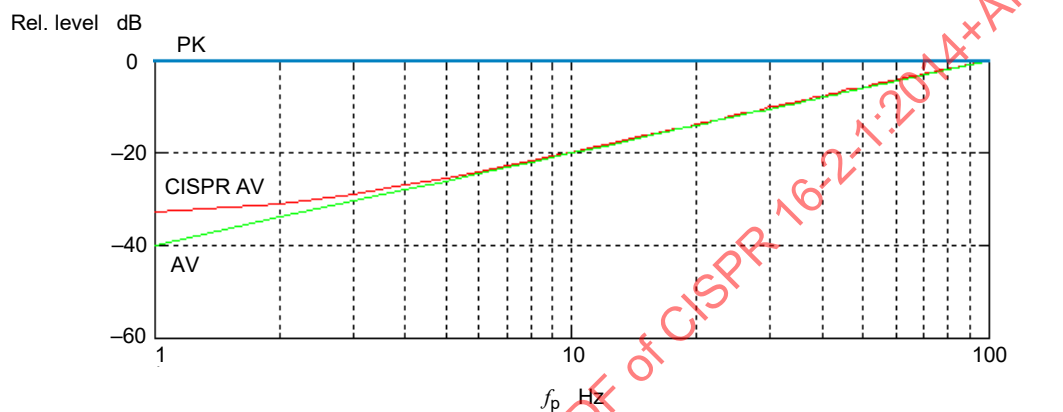


Figure D.1 – Weighting function of a 10 ms pulse for peak (“PK”) and average detections with (“CISPR AV”) and without (“AV”) peak reading; meter time constant 160 ms

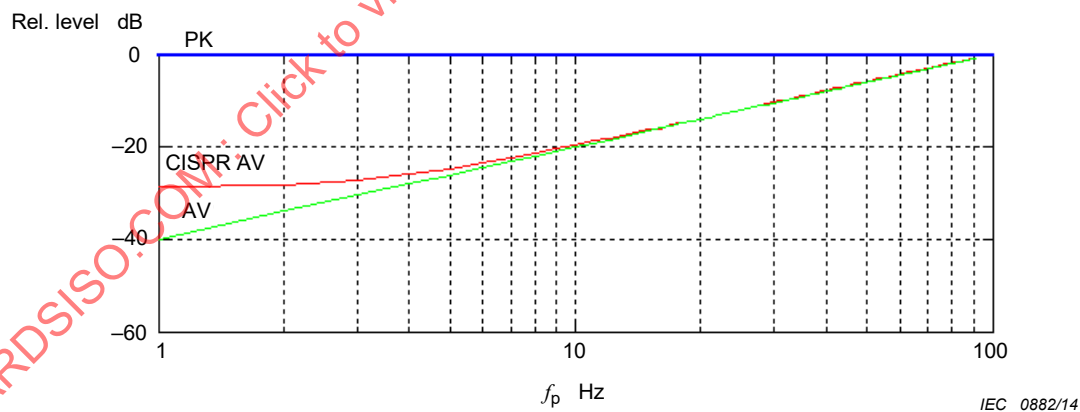


Figure D.2 – Weighting functions of a 10 ms pulse for peak (“PK”) and average detections with (“CISPR AV”) and without (“AV”) peak reading; meter time constant 100 ms

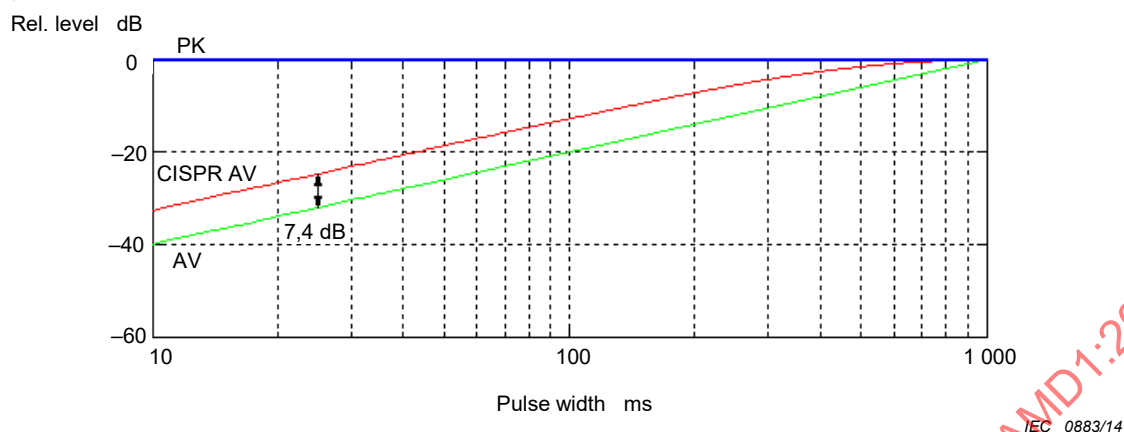


Figure D.3 – Example of weighting functions (of a 1 Hz pulse) for peak (“PK”) and average detections as a function of pulse width; meter time constant 160 ms

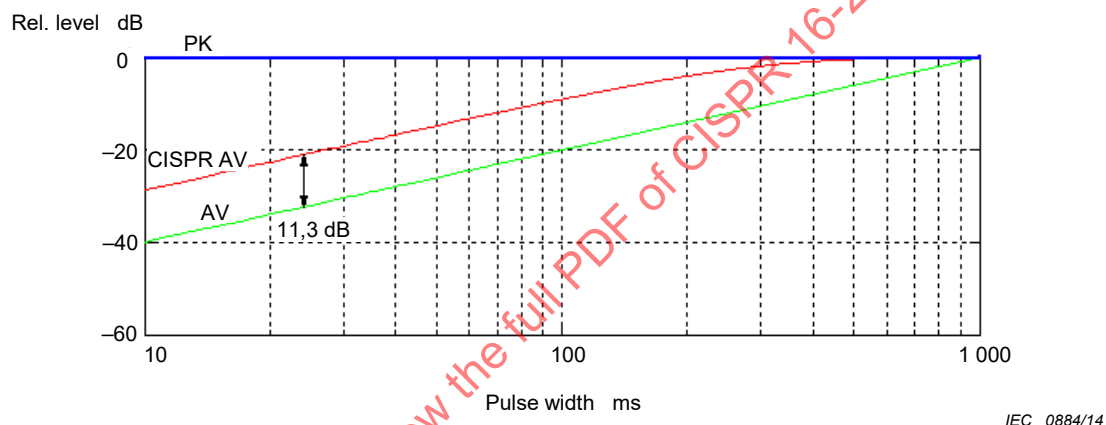


Figure D.4 – Example of weighting functions (of a 1 Hz pulse) for peak (“PK”) and average detections as a function of pulse width; meter time constant 100 ms

D.5 Recommended procedure for automated or semi-automated measurements

When measuring EUTs which do not emit slowly intermittent, unsteady, or drifting narrowband disturbances, it is recommended to measure with the average detector using a video filter bandwidth of e.g. 100 Hz, i.e. a short averaging time during a prescan procedure. At frequencies where the disturbance is found to be close to the average limit, it is recommended to make a final measurement using a lower video filter bandwidth, i.e. a longer averaging time. (For the prescan/final measurement procedure, see also Clause 8 of this standard).

For slowly intermittent, unsteady, or drifting narrowband disturbances, manual measurements are the preferred solution.

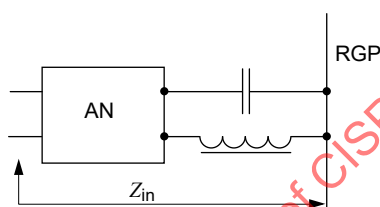
Annex E (informative)

Guidelines for the improvement of the test set-up with ANs

E.1 In situ verification of the AN impedance and voltage division factor

To minimize resonances in the AN grounding, it is recommended to verify the AN impedance (if a vector network analyzer is available) and/or the voltage division factor (VDF) in situ. This can be done by measuring these parameters relative to the RGP instead of measuring relative to the ground connection of the AN itself. A description of the VDF measurement can be found in CISPR 16-1-2.

If the AN is bonded to the RGP using a ground strap of significant inductance, which appears in parallel to the AN enclosure capacitance relative to the ground plane, a parallel resonance may result within the frequency range below 30 MHz (see Figure E.1)



IEC 0885/14

Figure E.1 – Parallel resonance of enclosure capacitance and ground strap inductance

Using in situ measurements of the impedance and the VDF, solutions can be found as shown in Figure E.2, where an AMN was used as an example of an AN. The AMN impedance is shown in Figure E.3, and the VDF shown in Figure E.4. In this example, the AMN was connected to a vertical wall-mounted RGP, to give a distance of 40 cm between the centre of the power plug and the RGP, as required especially by Figure 11, but generally also in other test configurations. The impedance measurements into the AMN were made:

- with reference to the front panel measurement ground (see Figure E.2),
- with reference to a measurement ground on the grounding sheet (Figure E.2), and
- with reference to the vertical RGP (see Figure E.5). In this case it is important to use a low-impedance measurement ground.

The impedance does not differ between cases a) and b). Only for case c) does the phase show a significant increase at 30 MHz, where the effect on the VDF is in the order of 0,7 dB. The measurement results are shown in Figure E.6.

The phase increase at 30 MHz is due both to the length of the connecting plate and the length of the measurement ground plate. The ideal impedance ends at 50 Ω (i.e. in the centre of the Smith diagram). Both the impedance and VDF do not show resonances.

In Figure E.7, VDF is shown for a ground connection with resonances as in Figure E.1.

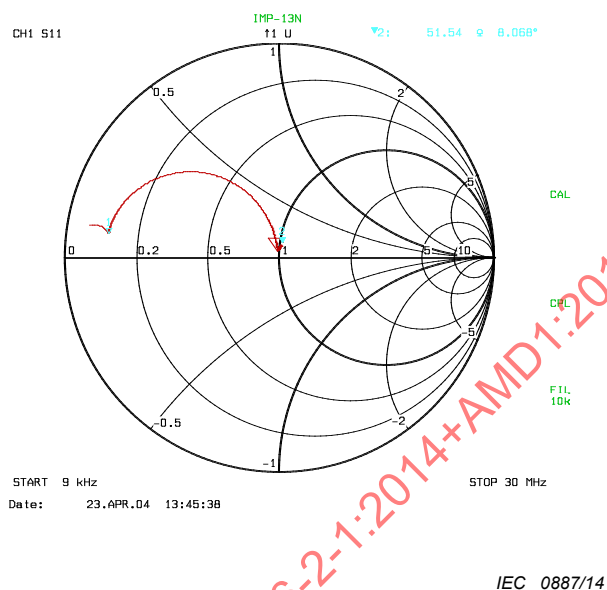
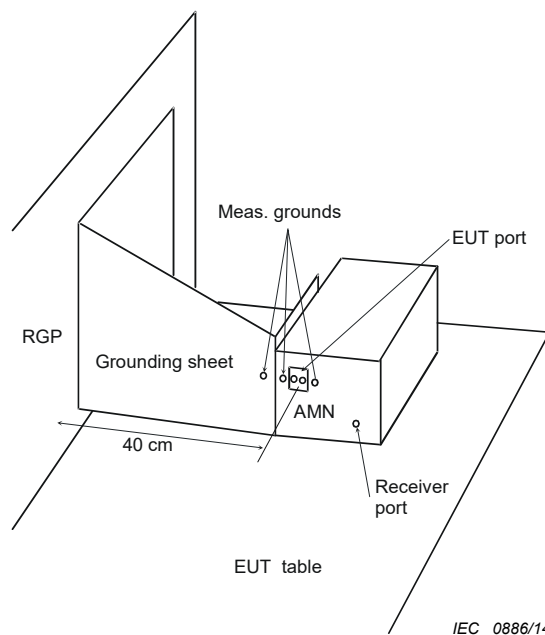
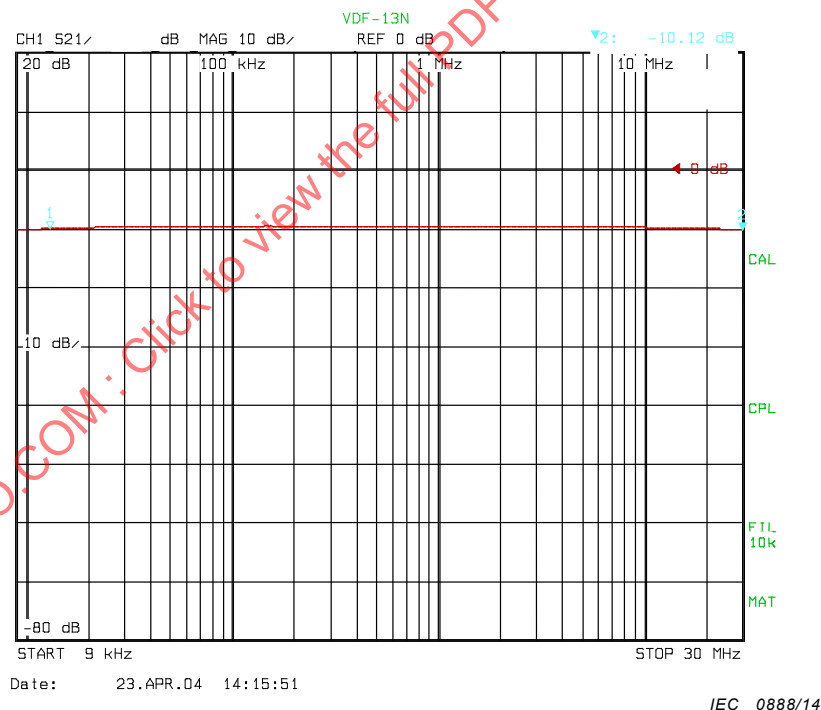


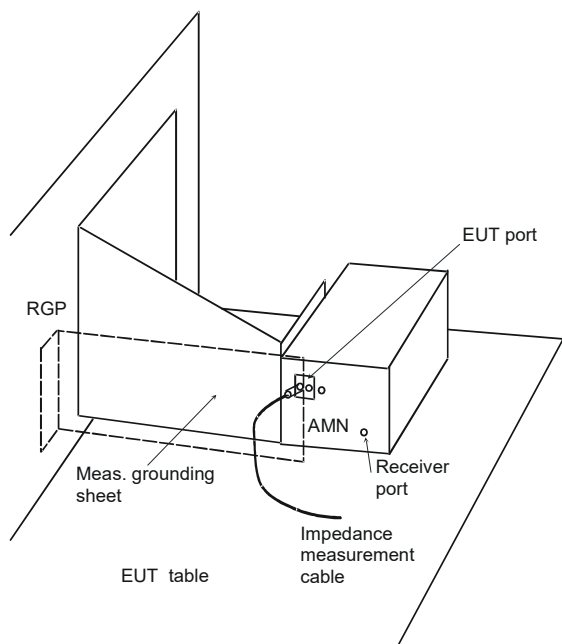
Figure E.2 – Connection of an AMN to RGP using a wide grounding sheet for low inductance grounding

Figure E.3 – Impedance measured with the arrangement of Figure E.2 both with reference to the front panel ground and to the grounding sheet

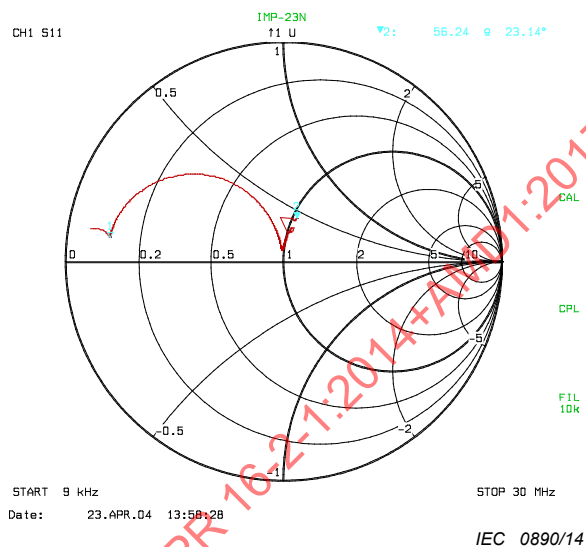


The AMN used has a flat frequency response of the VDF, which may be different for other AMNs.

Figure E.4 – VDF in the configuration of Figure E.2 measured with reference to the front panel ground and to the grounding sheet



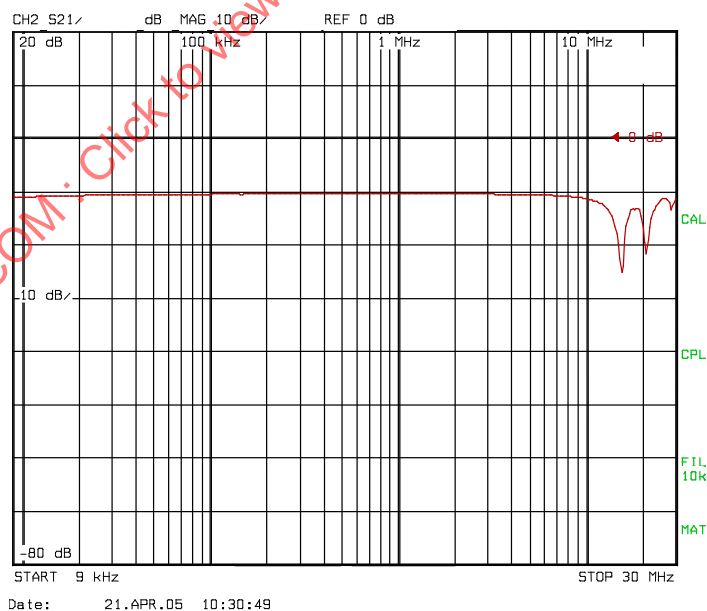
IEC 0889/14



The impedance measurement cable ground is connected to the measurement grounding sheet, whereas the inner conductor is connected to the EUT port pin.

Figure E.6 – Impedance measured with the arrangement of Figure E.5 with reference to the RGP

Figure E.5 – Arrangement showing the measurement grounding sheet (shown with dotted lines) when measuring the impedance with reference to RGP



IEC 0891/14

Figure E.7 – VDF measured with parallel resonances in the AMN grounding

E.2 PE chokes and sheath current absorbers for the suppression of ground loops

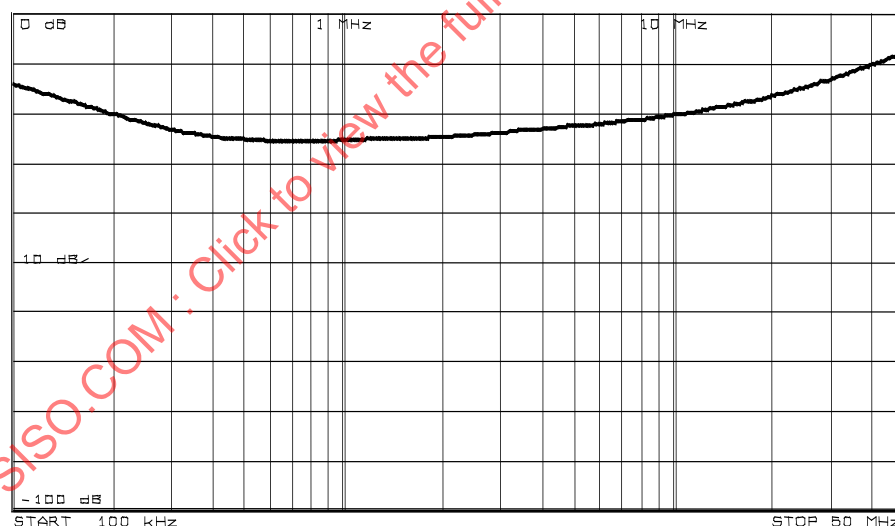
To suppress effects resulting from ground loops, it is recommended that coaxial cables be inductively wound around ferrite rings to provide a sheath current absorber.

Figure E.8 shows the attenuation of a sheath current absorber with the following characteristics:

Material:	N30; $AI = 5\,400\text{ nH}$
Size:	Toroidal core 58 mm by 40 mm by 17 mm
Number of turns:	20 (cable terminated with BNC connectors)

The measurements can be taken in the test set-up of Figure E.9. The EUT is a wire, wound around a core as described above, or similar. It may also consist of two such high impedance circuits for the sheath current, with a connection to ground in between for high insertion loss.

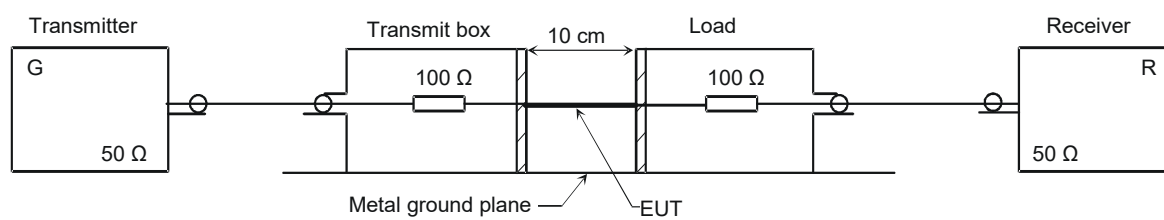
The transmitter and receiver can be replaced by a network analyzer. For a system with higher or lower impedance, the resistors in the transmit box and the load box may be replaced by other values. As a reference for the attenuation, the EUT is replaced by a simple wire (as shown in Figure E.9). The measurement arrangement can be replaced by the arrangement used with the SOLT calibration used for the verification of common-mode absorption devices (CMAD, see CISPR 16-1-4 [2] and CISPR 16-3 [4]).



IEC 0892/14

Attenuation caused by the sheath current absorber made with a toroidal core with 20 turns of cable, measured with the test set-up given in Figure E.9 (150 Ω system). An attenuation of 20 dB means that the impedance of the sheath current suppressor is in the order of 1 500 Ω .

Figure E.8 – Attenuation of a sheath current absorber measured in a 150 Ω test arrangement



IEC 0893/14

Figure E.9 – Arrangement for the measurement of attenuation due to PE chokes and sheath current absorbers

STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of CISPR 16-2-1:2014+AMD1:2017 CSV

Annex F (normative)

Determination of suitability of spectrum analyzers for compliance tests

The user of a spectrum analyzer shall be able to demonstrate – using either specifications from the manufacturer or by measurement – that the analyzer meets the quasi-peak detection requirements for pulse-repetition frequencies greater than 20 Hz, in the frequency range of use. For the average detector, the response to pulses is called out in 6.5 of CISPR 16-1-1:2010.

Because the measurement of the pulse repetition frequency of a disturbance may not always be possible, a simple method to confirm the validity of the quasi-peak measurement shall be applied when a spectrum analyzer is used. This method is based on a comparison of measurement results with the peak and quasi-peak detectors. From the quasi-peak weighting functions, the amplitude differences shown in Table F.1 are the results of measurements for a signal with a pulse repetition frequency of 20 Hz.

The comparison measurement is to be made at signal frequencies that show amplitudes close to the applicable limit in quasi-peak detection. If the difference between the peak and quasi-peak detected amplitude is smaller than the value in Table F.1, the quasi-peak measurement is valid, and the result obtained with a spectrum analyzer can be used to demonstrate compliance. If the amplitude difference is larger than the stated values in Table F.1, a measuring receiver that fully complies with the low-prf requirements of CISPR 16-1-1:2010, Clause 4 shall be used for the quasi-peak measurement, instead of a spectrum analyzer. This comparison measurement requires an adequate signal-to-noise ratio to ensure proper results.

**Table F.1 – Maximum amplitude difference between peak and quasi-peak
detected signals**

Band A	Band B	Band C/D
7 dB	13 dB	21 dB

Annex G (informative)

Basic guidance for measurements on telecommunications ports

G.1 Limits

The disturbance voltage (or current) limit is defined for a TCM load impedance of $150\ \Omega$ (as seen by the EUT at the AE port during the measurement). This standardization is necessary to obtain reproducible measurement results, independent of the indeterminate TCM impedance at the AE and at the EUT.

NOTE 1 The common mode disturbances created from the wanted signal can be controlled at the design stage of the interface technology by giving proper consideration to the factors explained in CISPR/TR 16-3.

In general, the TCM impedance seen by the EUT at the AE port is not defined unless an AAN/CDN is used. If the AE is located outside the shielded room, the TCM impedance seen by the EUT at the AE port can be determined by the TCM impedance of the feed-through filter between the measurement set-up and the outside world. A Π -type filter has low TCM impedance, whilst a T-type filter has high TCM impedance.

NOTE 2 CDNs are described in IEC 61000-4-6 [9].

AAN/CDNs do not exist for all types of cables used by EUTs. Therefore it is also necessary to define alternative test methods that do not use AAN/CDNs (i.e. “non-invasive” test methods).

Only the cable attached to the EUT port under test is shown in the measurements specifics figures of Annex H. Normally, there are several other cables (or ports) present at the EUT. At least the connection to the mains terminal is represented in most cases. The TCM impedance of these other connections (including a possible ground connection), and the presence or absence of these connections during the test, can influence the measurement result significantly, in particular for small EUTs. Therefore, the TCM impedance of the non-measured connections should be specified for the test of small EUTs. In addition to the port under test, it is sufficient to have at least two additional ports connected to a TCM impedance of $150\ \Omega$ (normally by using an AAN or CDN, with the RF measurement port terminated with $50\ \Omega$ load) to reduce this influence effect to a negligible amount.

Coupling devices for unshielded balanced pairs should also simulate the typical LCL (longitudinal conversion loss) of the lowest cabling category (worst case LCL) specified for the telecom port under test. The intent of this requirement is to account for the transformation of the symmetric signal into a CM (common mode) signal, which might contribute to the radiation when the EUT is in the end-use application. Asymmetry is built-in to an AAN to yield the specified LCL; this asymmetry may enhance or cancel the asymmetry of the EUT. To establish the worst case emissions and optimize test repeatability, consideration should therefore be given to repeating the testing with the LCL imbalance on each wire of a balanced pair when using the appropriate AAN.

Because imbalance on each balanced pair may contribute to the total common mode conducted disturbance, all combinations of imbalance on all balanced pairs should be considered. For a single balanced pair, this is a relatively minor impact on test effort – i.e. the two wires are reversed. However, for two balanced pairs, the number of LCL loading combinations is four (i.e. four test configurations). For four balanced pairs, the number of loading combinations grows to sixteen. Such numbers will have a significant impact on test time and test documentation. Such testing should be undertaken with care, and properly documented if implemented.

The RF measurement port of an AAN/CDN not connected to the measuring receiver shall be terminated in a $50\ \Omega$ load.

Table G.1 summarizes the advantages and disadvantages of the measurement methods described in Annex H.

Table G.1 – Summary of advantages and disadvantages of the methods described in the specific subclauses of Annex H

	Subclause H.5.2 (AAN)	Subclause H.5.3 (150 Ω load and cable shield)	Subclause H.5.4 (current probe and CVP)
Advantages	Smallest measurement uncertainty (Possible only if AAN/CDNs with appropriate transmission properties are available) LCL shall be known and shall be taken into account	– Non-invasive (except for the removal of the insulation of the shielded cable) – Always applicable for shielded cables – Small measurement uncertainty for higher frequencies	Non-invasive
Disadvantages	– Not applicable in all cases (needs appropriate AAN/CDNs) – Invasive (needs appropriate cable connections) – Needs an individual AAN/CDN for each cable type (results in a high number of different AAN/CDNs) – No isolation to symmetric signals from the AE is provided by an AAN	– Increased measurement uncertainty for very low frequencies (< 1 MHz) – Destruction of the cable insulation is necessary – Reduced isolation against disturbances from the AE side (compared to H.5.2) – Does not evaluate the interference potential that arises from the conversion of the symmetric signal into a common mode signal due to the limited LCL of the cable network to which the EUT port will be connected	– No isolation against disturbances from the AE side (compared to H.5.2) – Does not evaluate the interference potential that arises from the conversion of the symmetric signal into a common mode signal due to the limited LCL of the cable network to which the EUT port will be connected

G.2 Combination of current probe and capacitive voltage probe (CVP)

The method described in H.5.4 has the advantage of being applicable in a non-invasive way to all types of cables. However, unless the TCM impedance seen by the EUT at the AE connection is 150 Ω , the method of H.5.4 in general will show a result which is too high, but never too low (i.e. worst case estimation of the disturbance).

G.3 Basic ideas of the capacitive voltage probe

The set-up of Figure H.3 uses a capacitive voltage probe to measure the CM voltage. There are two approaches to the construction of a capacitive voltage probe. For either approach, if a TCM impedance of 150 Ω is present, the capacitance of the capacitive voltage probe to the cable attached to the EUT port under test will appear as a load in parallel with the 150 Ω TCM impedance.

NOTE 1 A CVP does not simulate the differential to common mode conversion that takes place in telecommunication networks (whereas an AAN does), and therefore a CVP cannot be used to measure the converted common mode voltage. For the same reason, a combination of a CVP and a current probe cannot replace the AAN.

The TCM impedance tolerance is $\pm 20 \Omega$ over the frequency range of 0,15 MHz to 30 MHz. If the capacitive voltage probe loading acts to reduce the 150 Ω TCM impedance at most down to 130 Ω , the capacitance of the capacitive voltage probe to the cable attached to the EUT

port under test should be $< 5 \text{ pF}$ at 30 MHz (i.e. the worst case frequency). At 30 MHz, 5 pF is an impedance of approximately $-j1\,061 \, \Omega$, which in parallel with $150 \, \Omega$ yields a combined TCM of approximately $148 \, \Omega$. Refer to Figure G.2 of CISPR 16-1-2: 2014 for further background information.

The first approach to construction of a capacitive voltage probe is to have the probe be a single device that relies on physical distance from the cable attached to the EUT port under test to achieve the $< 5 \text{ pF}$ loading. This style of capacitive voltage probe is described in 5.2.2 of CISPR 16-1-2: 2014.

The second approach to construction of a CVP uses a capacitive coupling device in close proximity to the cable attached to the EUT port under test (the device is actually in physical contact with the insulation of the cable attached to the EUT port under test). A standard oscilloscope-type voltage probe having an impedance $> 10 \text{ M} \, \Omega$, with a probe capacitance $< 5 \text{ pF}$, is placed in series with the capacitive coupling device. The theory is that the probe capacitance in series with the capacitance of the capacitive coupling device will present only the probe capacitance to the cable attached to the EUT port under test. In practice, given the physical size of the capacitive coupling device, it is possible to have a large stray capacitance in parallel with the probe capacitance. If this occurs, the total capacitive loading will be greater than that of the probe itself, and the requirement to have loading $< 5 \text{ pF}$ may be violated. If this technique is employed, the capacitive loading should be verified by measurement, i.e. not rely only on theory.

This capacitance measurement can be made with any capacitance meter that can operate over the 150 kHz to 30 MHz frequency range. The capacitance is measured between the cable attached to the EUT port under test (all wires in the cable are connected together at the connection point to the meter) and the RGP. The same type of cable used in the conducted disturbance measurement should be used for this capacitance measurement.

NOTE 2 The uncertainty of this method is lowest if the length of cable between the EUT and AE is less than 1,25 m. Significantly longer cables are subject to standing waves, which can adversely affect voltage and current measurements.

G.4 Combination of current limit and voltage limit

If the TCM impedance is not $150 \, \Omega$, the measurement of the voltage or the current alone is not acceptable, because of a very high measurement uncertainty due to the undefined and unknown TCM impedances. However, if both voltage and current are measured, with limits on current and voltage applied simultaneously, the result is a worst case estimation of the disturbance, as explained below.

The basic circuit for which the limits are defined is shown in Figure G.1. This circuit is the reference for which the limits expressed in terms of current and voltage are derived; any other measurement should be compared to this basic circuit. In Figure G.1, Z_1 is an unknown parameter of the EUT; Z_2 is $150 \, \Omega$ in the reference measurement.

If the measurement is performed without specifying the TCM impedance seen by the EUT, the simplified circuit is as shown in Figure G.2, where the TCM impedance Z_2 seen by the EUT is defined by the AE, and can have any value. Therefore, Z_1 as well as Z_2 are unknown parameters of the measurement.

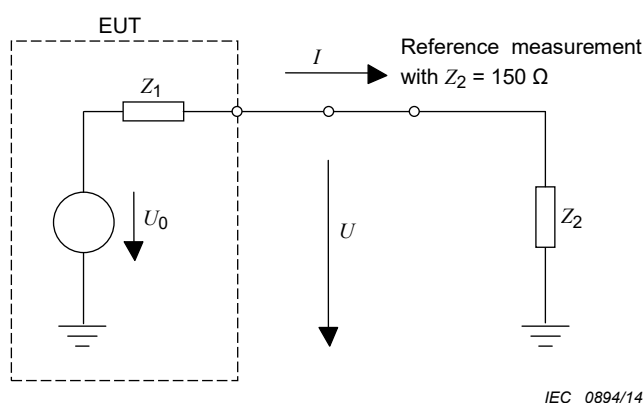


Figure G.1 – Basic circuit for considering the limits with a defined TCM impedance of 150 Ω

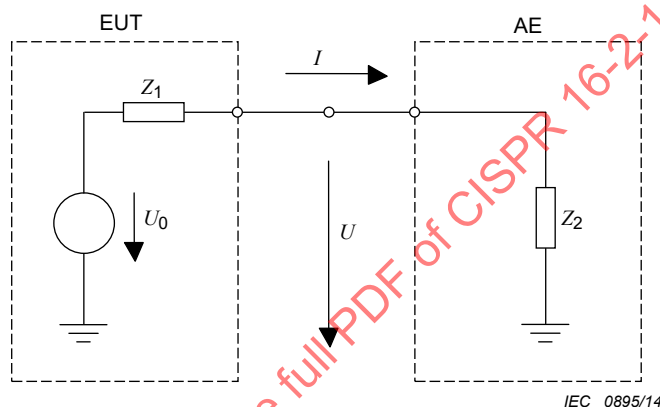


Figure G.2 – Basic circuit for the measurement with unknown TCM impedance

If the measurement is performed using the circuit of Figure G.1, the current limit and the voltage limit are equivalent. The relation between current and voltage will always be 150 Ω, and either can be used to determine compliance. However, this is not the case if Z_2 is not 150 Ω (i.e. see Figure G.2).

It is important to note that compliance with the limit is not solely determined by the source voltage U_0 . The disturbance voltage measured should use a standardized Z_2 of 150 Ω, and depends on Z_1 , Z_2 and U_0 together. For example, for the set-up of Figure G.1, the voltage limit value can be reached with an EUT containing a high impedance Z_1 and a high source voltage U_0 , or with a lower U_0 combined with a lower impedance Z_1 .

In the more general case of Figure G.2, where Z_2 is not defined, it is not possible to measure the exact value of the disturbance voltage. Because Z_1 and U_0 are not known, it is not possible to derive the disturbance voltage, even if the value of Z_2 is known (or is measured or calculated from I and U). For example, if an EUT with disturbance above the limit is evaluated only by measuring the voltage in a test set-up with low Z_2 ($Z_2 < 150 \Omega$) at the AE side, the EUT might still seem to comply with the limits. In contrast, if the same EUT is measured only by measuring the current in a test set-up with high Z_2 (for example by adding ferrites), the EUT might again seem to comply with the limits.

However, it can be shown that if the current limit and the voltage limit are applied simultaneously, an EUT with disturbance results exceeding the limits will always be identified by exceeding either the current limit (if Z_2 is $< 150 \Omega$) or the voltage limit (if Z_2 is $> 150 \Omega$).

If the TCM impedance of the AE (Z_2) differs significantly from $150\ \Omega$, it is possible that an EUT which would comply with the limits if measured with $Z_2 = 150\ \Omega$ may be deemed non-compliant. However, it will never happen that an EUT not complying with the limits is deemed to be compliant. A measurement according to H.5.4 is therefore a worst case estimation of the disturbance. If an EUT exceeds the limit with the H.5.4 method, it is possible the EUT would comply with the limits if it could be measured with $Z_2 = 150\ \Omega$.

G.5 Adjusting the TCM impedance with ferrites

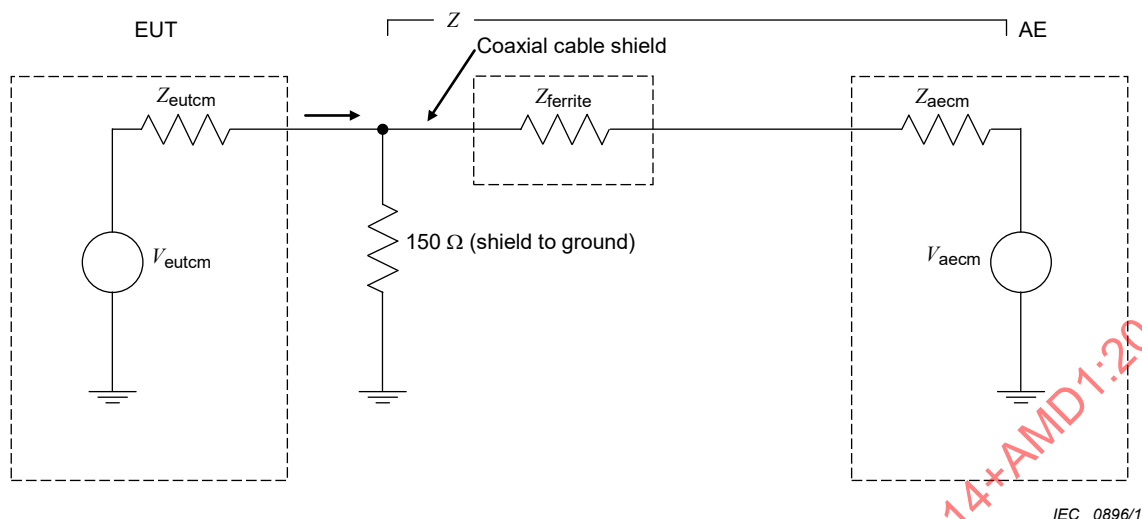
In some cases (i.e. if the TCM impedance at the AE side is originally lower than $150\ \Omega$), it is possible to adjust the impedance by adding ferrites on the cable attached to the EUT port under test. Subclause H.5.5 requires measurement of the TCM impedance, and adjustment of the ferrites at each frequency to be measured, until the TCM impedance is $150\ \Omega \pm 20\ \Omega$. Therefore, the method is relatively complicated and time-consuming if applied for the full frequency spectrum. If the TCM impedance at the AE side is originally higher than $150\ \Omega$, there is no way to adjust the impedance to $150\ \Omega$ by adding ferrites or shifting the position of the ferrites for frequencies below 30 MHz (though other methods to adjust the TCM impedance for specific frequencies could be used instead).

G.6 Ferrite specifications for use with methods of Annex H

Subclause H.5.3 defines a test set-up for measuring the common mode conducted disturbance on the shield of a coaxial cable. A load impedance of $150\ \Omega$ is connected between the coaxial shield and the RGP, as shown in Figure H.2. Ferrites are shown placed over the coaxial shield between the $150\ \Omega$ load and the AE. The following paragraphs present methods for verifying that the ferrites satisfy the requirements of H.5.3.

Figure G.3 shows all of the basic impedances involved in Figure H.2. The ferrites are specified in H.5.3 to provide high impedance such that the common mode impedance towards the right of the $150\ \Omega$ resistor shall be sufficiently large so as to not affect the measurement (Z in Figure G.3).

The previous paragraph infers that the combined series impedance of Z_{ferrite} and Z_{aecom} should not load down the $150\ \Omega$ resistor. The general approach in the CISPR 16 series is for a tolerance of $\pm 20\ \Omega$ on $150\ \Omega$ common mode loads over the frequency range of 0,15 MHz to 30 MHz. Combining these two concepts, the combined series impedance of Z_{ferrite} and Z_{aecom} in parallel with the $150\ \Omega$ resistor (Z in Figure G.3) should be no lower than $130\ \Omega$. This in turn implies that this relationship should hold regardless of the value of Z_{aecom} .



Key

V_{eutcm}	common mode voltage generated by the EUT
Z_{eutcm}	common mode source impedance of the EUT
V_{aecm}	common mode voltage generated by the AE
Z_{aecm}	common mode source impedance of the AE
$Z_{ferrite}$	impedance of the ferrites
Z	combined impedance of the 150 Ω load, $Z_{ferrite}$, and Z_{aecm}

Figure G.3 – Impedance layout of the components used in Figure H.2

To establish the impedance characteristics of the ferrites, only two cases need to be considered, i.e. Z_{aecm} = open circuit, and Z_{aecm} = short-circuit. If the ferrites can be selected to satisfy these requirements, any value of Z_{aecm} will be acceptable.

- Case 1: Z_{aecm} = open circuit

The combined series impedance of $Z_{ferrite}$ and Z_{aecm} is also an open circuit. An open circuit in parallel with the 150 Ω load yields 150 Ω. $Z_{ferrite}$ can be of any value.

- Case 2: Z_{aecm} = short-circuit

The combined series impedance of $Z_{ferrite}$ and Z_{aecm} is equal to $Z_{ferrite}$. The value of $Z_{ferrite}$ in parallel with the 150 Ω resistor shall then be no lower than 130 Ω. In equation form:

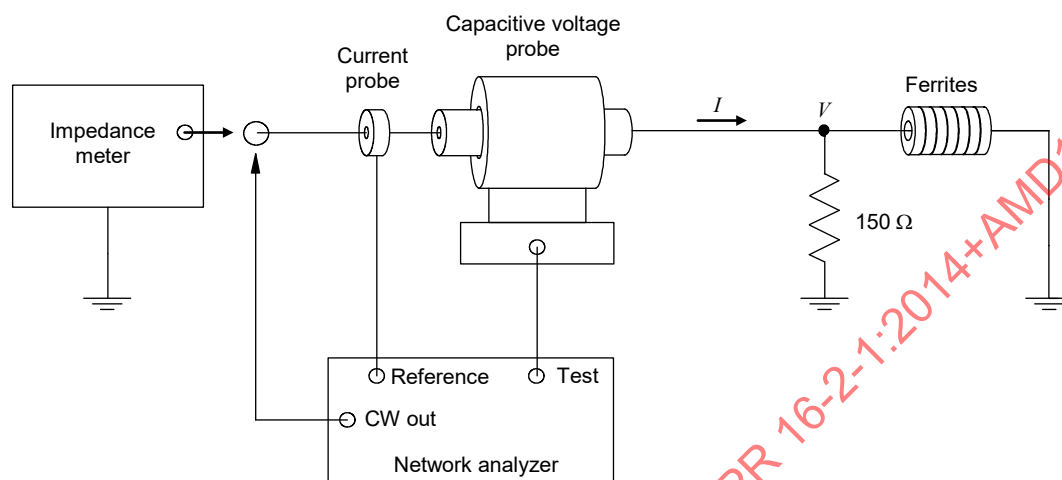
$$\frac{150Z_{ferrite}}{150 + Z_{ferrite}} \geq 130 \Omega$$

Solving for $Z_{ferrite}$ yields a value of 975 Ω. This implies that the ferrites selected for this application shall have a minimum impedance of 975 Ω over the frequency range of 0,15 MHz to 30 MHz. For a given set of ferrites, the minimum impedance ($j\omega L$) will occur at the minimum frequency of 0,15 MHz.

Combining the two conditions described above, it is seen that the second condition at 0,15 MHz sets the minimum requirements for the impedance of the ferrites. Any value of impedance for the ferrites above this value would be acceptable.

In order to establish that the selected ferrites will accomplish the intended function, use of the test set-up shown in Figure G.4 is suggested. A traditional impedance meter/analyzer can be used to measure the impedance between point Z (I and V in Figure G.4) and the reference ground. Another approach is to measure the individual voltage and current at point Z, then calculate the impedance. At a minimum, the impedance measurement should be made at 0,15 MHz. However, it is advisable to measure the impedance across the entire 0,15 MHz to 30 MHz range, to ensure that any stray capacitance associated with the ferrites and the

coaxial cable does not degrade the ferrite impedance. This effect is of concern because laboratory data have shown that it is unlikely that the desired impedance can be achieved with only a single pass of the coaxial cable through the ferrites – i.e. multiple passes through the ferrites are necessary. This arrangement increases the chances of stray capacitance adversely affecting the impedance of the ferrites. It has been demonstrated that in the laboratory that the desired impedance versus frequency can be achieved.



IEC 0897/14

Figure G.4 – Basic test set-up to measure combined impedance of the 150 Ω and ferrites

Annex H (normative)

Specific guidance for conducted disturbance measurements on telecommunication ports

H.1 General

The purpose of Annex H is to define methods of measurement of the unwanted common mode disturbance at the telecommunication ports of an EUT. Various measurement procedures can be used, as summarized in Table H.1.

Where there are multiple similar ports on an EUT, it shall be shown by pre-scanning or some other technique that the ports are similar in their emissions performance, and that the conducted disturbance on the selected port is representative of the other similar ports.

Table H.1 – Telecommunication port disturbance measurement procedure selection

	Cable type	Number of pairs	Example ANs	Measurement type	Procedures
1	Balanced, unscreened	1 (2 wires) 2 (4 wires) 3 (6 wires) 4 (8 wires)	Figure I.1 Figure I.2 Figure I.3 Figure I.3	Voltage	H.5.2
2	Balanced, unscreened	1 (2 wires) 2 (4 wires) 3 (6 wires) 4 (8 wires) > 4 (> 8 wires)	Not applicable	Voltage and current	H.5.4 Adjustment of the matching network (CMAD) may be required to achieve the specified impedance.
3	Screened or coaxial	Not applicable	Figure I.10 Figure I.8	Voltage	H.5.2
4	Screened or coaxial	Not applicable	Not applicable	Current or voltage	H.5.3
5	Unbalanced cables	Not applicable	Not applicable	Voltage and current	H.5.4 Adjustment of the matching network (CMAD) may be required to achieve the specified impedance.
6	Unbalanced mains	Not applicable	Relevant AMN	Voltage	The AMN shall be used as a voltage probe.
Further details: a) Where used, an AAN shall satisfy all the requirements defined in Clause H.2. b) Where used, the current probe shall satisfy the requirements defined in Clause H.3 and the voltage probe shall satisfy the requirements defined in Clause H.4. c) When measuring the mains terminal disturbance voltages, the mains voltage shall be supplied to the EUT via the AMN used. d) The procedure described in H.5.2 gives results with the lowest measurement uncertainty. e) Each EUT unscreened symmetric telecommunication port shall be tested with the example AAN applicable to the total number of balanced pairs in that EUT port (for example, a four-pair EUT port shall use the example AAN shown in Figures I.3, I.6 or I.7), provided that at least one pair is used for balanced telecommunication and is independent of how the other pairs in the cable are used. f) The AANs shown in Figures I.2 and I.3 can be used for any number of pairs up to the maximum; remaining AANs from Annex I are appropriate only for use with the stated number of pairs in the cable.					

H.2 Characteristics of AANs

Measurement of common mode (asymmetric mode) current or voltage emissions at wired network ports for attachment of unscreened balanced pairs shall be performed with the wired network port connected by a cable to an AAN; thus, the AAN shall define the common mode termination impedance seen by the wired network port during the disturbance measurements.

The AAN (as calibrated including all appropriate adapters required to connect to the EUT and AE) shall have the following properties:

- The common mode termination impedance in the frequency range 0,15 MHz to 30 MHz shall be $150 \Omega \pm 20 \Omega$, phase angle $0^\circ \pm 20^\circ$.
- The AAN shall provide sufficient isolation against emissions from an AE or load connected to the wired network port being measured. The attenuation of the AAN, for common mode emissions originating from the AE, shall be such that the measured level of these emissions at the measuring receiver input shall be at least 10 dB below the relevant emission limit.

The preferred isolation is:

- 150 kHz to 1,5 MHz, isolation > 35 dB to 55 dB, increasing linearly with the logarithm of the frequency;
- 1,5 MHz to 30 MHz, isolation > 55 dB.

NOTE Isolation is the decoupling of common mode disturbance originating in an AE and subsequently appearing at the EUT port of the AAN. Certain parameters of the test system are considered in determining the adequate requirement for disturbance levels.

- The AAN shall meet the longitudinal conversion loss (a_{LCL}) requirements from 150 kHz to 30 MHz stated in Table H.2. Actual LCL values to simulate different cable categories are defined in Table H.2.

Table H.2 – a_{LCL} values

Cable type	a_{LCL} dB	Tolerance dB
Cat 3 (or better)	$a_{LCL} = 55 - 10 \lg \left[1 + \left(\frac{f}{5} \right)^2 \right]$	± 3
Cat 5 (or better)	$a_{LCL} = 65 - 10 \lg \left[1 + \left(\frac{f}{5} \right)^2 \right]$	± 3 for $f < 2$ MHz $-3 / +4,5$ for $2 \text{ MHz} \leq f \leq 30 \text{ MHz}$
Cat 6 (or better)	$a_{LCL} = 75 - 10 \lg \left[1 + \left(\frac{f}{5} \right)^2 \right]$	± 3 for $f < 2$ MHz $-3 / +6$ for $2 \text{ MHz} \leq f \leq 30 \text{ MHz}$
NOTE 1 The equations provide the variation of LCL (a_{LCL}) in dB with frequency f in MHz.		
NOTE 2 LCL versus frequency is an approximation of the LCL of typical unscreened balanced cables in representative environments. The specification for category 3 is considered representative of the LCL of typical telecommunication access networks.		

- The insertion loss, or other deterioration of the signal quality in the wanted signal frequency band caused by the presence of the AAN, shall not significantly affect the normal operation of the EUT.
- The voltage division factor (F_{AAN}) shall be ± 1 dB from 150 kHz to 30 MHz. The AAN voltage division factor is calculated as follows:

$$F_{\text{AAN}} = 20 \lg \left| \frac{V_{\text{cm}}}{V_{\text{mp}}} \right| \text{ dB}$$

where V_{cm} is the common mode voltage appearing across the common mode impedance presented to the EUT by the AAN, and V_{mp} is the resulting receiver voltage measured directly at the voltage measuring port. The voltage division factor shall be added to the receiver voltage measured directly at the voltage measuring port, and the result compared with the voltage limits as applicable. The voltage division factor is a calibrated quantity with an uncertainty and no tolerance.

H.3 Characteristics of current probe

The current probe shall have a uniform frequency response without resonances (over the frequency range of interest), and shall be capable of operating without saturation effects caused by the operating currents in the primary winding.

During measurements of currents, where an AAN is used to terminate the line, a current probe is inadequate for determining the converted common mode, and therefore shall not be used.

The insertion impedance of the current probe shall not be larger than 1Ω (see 5.1 of CISPR 16-1-2: 2014).

H.4 Characteristics of capacitive voltage probe

The capacitive voltage probe defined in 5.2.2 of CISPR 16-1-2: 2014 shall be used.

H.5 Procedures for common mode measurements

H.5.1 General

Clause H.5 describes the measurement procedures that can be used to measure the CM conducted disturbance of wired network ports. Depending on the cable type, different procedures can be used, each with its advantages and disadvantages (see also Annex G).

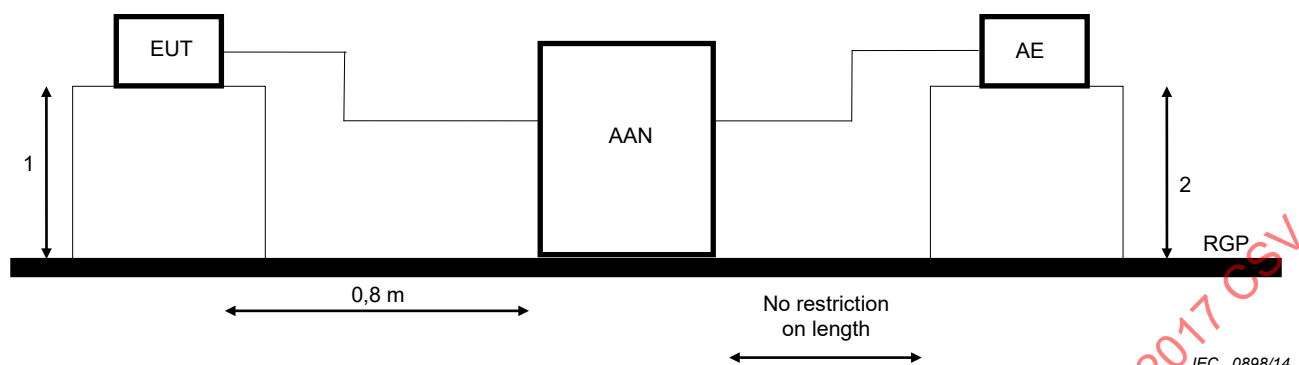
H.5.2 Measurement procedure using AANs

Measurement is made at wired network ports using AANs with longitudinal conversion losses as defined in Table H.2. The EUT shall not exceed the applicable limits when measured with the AAN according to the cable category specified by the equipment documentation provided to the user.

When disturbance voltage measurements are performed, an AAN providing a voltage measuring port suitable for connection to a measuring receiver, while satisfying the wired network port common mode termination impedance requirements, shall be used.

For unscreened cables containing balanced pairs, the AAN according to Clause H.2 shall be used. The LCL values of the AAN shall be within the tolerance in Table H.2 of an AAN appropriate to the cable category connected to the EUT.

- a) Arrange the EUT as per Figure H.1.
- b) Measure the voltage at the measurement port of the AAN, then correct the reading by adding the AAN voltage division factor (F_{AAN}) defined in list item e) of Clause H.2, then compare to the limit.



Key

- 1 Distance to the horizontal RGP: 40 cm for tabletop equipment; up to 15 cm for floor standing equipment. Alternatively, tabletop EUT can be 40 cm from a vertical RGP.
- 2 Distance to the RGP is not critical if the AAN provides sufficient isolation against emissions from an AE.

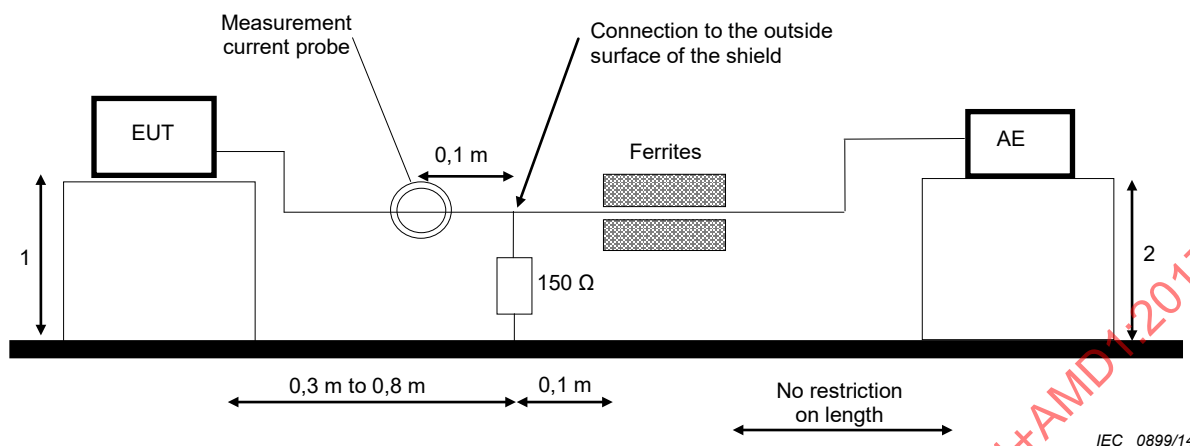
Figure H.1 – Measurement set-up using an AAN

H.5.3 Measurement procedure using a 150 Ω load connected to the outside surface of the cable screen

This procedure can be used for all types of coaxial cables, metallic screens or strength members on fibre optic cables or shielded multi-pair cables.

- a) Arrange the EUT as per Figure H.2.
- b) Break the external protective insulation (exposing the shield), and connect a 150 Ω resistor using an electrical connection from the cable screen to the RGP (through the 150 Ω resistor). The length of this electrical connection shall be $\leq 0,3$ m from the outside surface of the screen to the RGP.
- c) Apply a ferrite tube or clamp between the 150 Ω connection and AE.
- d) Measure the current with a current probe and compare to the current limit. The common mode impedance towards the right of the 150 Ω resistor shall be sufficiently large so as not to affect the measurement. Use the method of H.5.5 to measure this impedance, which should be much larger than 150 Ω so as not to affect the measurement for frequencies emitted by the EUT.

Voltage measurement may also be performed in parallel with the 150 Ω resistor with a high impedance probe, or by using a "50 Ω to 150 Ω adaptor" (described in IEC 61000-4-6 [9] as a 150 Ω load) and applying the appropriate correction factor (9,5 dB in case of the "50 Ω to 150 Ω adaptor").



Key

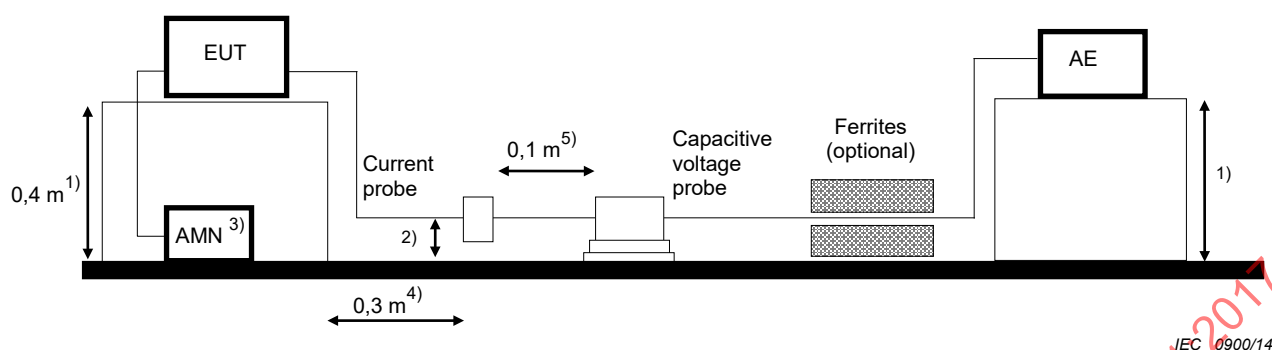
- 1 Distance to the horizontal RGP: 40 cm for tabletop equipment; up to 15 cm for floor standing equipment. Alternatively, tabletop EUT can be 40 cm from a vertical RGP.
- 2 Distance to the RGP is not critical if the impedance of the ferrite is higher than that given in G.6.

Figure H.2 – Measurement set-up using a 150 Ω load to the outside surface of the shield

H.5.4 Measurement procedure using a combination of current probe and capacitive voltage probe

Because an AAN is not used in the procedure, the common mode impedance is not stabilized; therefore the EUT is measured against both the voltage and the current limits, as defined in the following steps:

- a) Arrange the EUT as per Figure H.3.
- b) Measure the current with a current probe, and compare the results against the current limits.
- c) Measure the voltage with a capacitive voltage probe as specified in H.4.
 - 1) Adjust the measured voltage as follows:
 - i) Current margin ≤ 6 dB: subtract the actual current margin from the measured voltage.
 - ii) Current margin > 6 dB: subtract 6 dB from the measured voltage.
 - 2) Compare the adjusted voltage with the applicable voltage limit.
 - 3) Both the measured current and the adjusted voltage shall be below the applicable current and voltage limits.
- d) If the EUT has met both limits at all frequencies, then the EUT is compliant.



It is not required to place both the current probe and the capacitive voltage probe in the measurement set-up at the same time unless simultaneous current and voltage measurements are to be made.

- 1) Distance to the horizontal RGP: 40 cm for tabletop equipment; up to 15 cm for floor standing equipment. Alternatively, a tabletop EUT can be 40 cm from a vertical RGP.
- 2) The cable used in testing shall drop directly from the EUT to a position $4\text{ cm} \pm 1\text{ cm}$ from the RGP, and run at this position between the EUT and AE tables. This restriction does not apply to the section of the cable passing through the voltage probe.
- 3) Unless battery operated, the EUT shall be powered using an AMN placed on the RGP at $> 10\text{ cm}$ from the nearest edge of the RGP. The EUT power cord shall be routed away from the cable used in testing, to minimize coupling or crosstalk effects.
- 4) The horizontal projection of the EUT to the measurement device shall be $30\text{ cm} \pm 1\text{ cm}$.
- 5) The current and voltage probes shall be separated by $10\text{ cm} \pm 1\text{ cm}$. Either the current probe (as shown) or the capacitive voltage probe may be placed on the EUT side.

Figure H.3 – Measurement set-up using current and capacitive voltage probes

H.5.5 Measurement of cable, ferrite and AE common mode impedance

One of the following three procedures is used to measure the total common mode (TCM) impedance of cable, ferrite, and AE:

a) Procedure using two current probes

- 1) Characterize the "drive" probe and measurement probe $50\ \Omega$ system; see Figure H.4. Insert a drive voltage (V_1) from a signal generator into the "drive" probe, and record the resulting current (I_1) in the measurement probe.
- 2) Remove the cable from the EUT and short it to ground at the EUT end.
- 3) Apply the same drive voltage (V_1) to the cable with the same "drive" probe.
- 4) Measure the current with the same measurement probe and calculate the common mode impedance of the cable, ferrite, and AE combination by comparing the current (I_2) read by the measurement probe with that in the first step (common mode impedance = $50 \times I_1/I_2$). For example, if I_2 is half I_1 , then the common mode impedance is $100\ \Omega$.
- 5) This TCM impedance measurement technique shall be used only under the following conditions:

The loop length (circumference) in the $50\ \Omega$ characterization set-up of Figure H.4 shall be within 0,9 times to 1,1 times the total loop length in Figure H.2 and both loop lengths shall be less than 1,25 m. These conditions are necessary to minimize loop resonance(s) that could affect the impedance measurement and increase measurement uncertainty.

b) Procedure using an impedance analyzer

Connect the impedance analyzer between the cable attached to the EUT port being measured and the RGP. The EUT is disconnected for this measurement, and all wires in

the cable attached to the EUT port being measured, including the shield if present, are connected together at the point where they are connected to the impedance analyzer. The cable length conditions cited above shall be applied for this measurement. This measurement set-up is similar to that shown in Figure G.4.

c) Procedure using a network analyzer

Using a network analyzer, a current probe, and a capacitive voltage probe, measure the common mode voltage and current. The ratio of the voltage to the current on the cable attached to the EUT port under test, as measured with the network analyzer, defines the TCM impedance. This measurement test set-up is similar to that shown in Figure G.4. All wires in the tested cable, including the shield if present, shall be connected together at the EUT end of the cable, similar to the procedure described in item b).

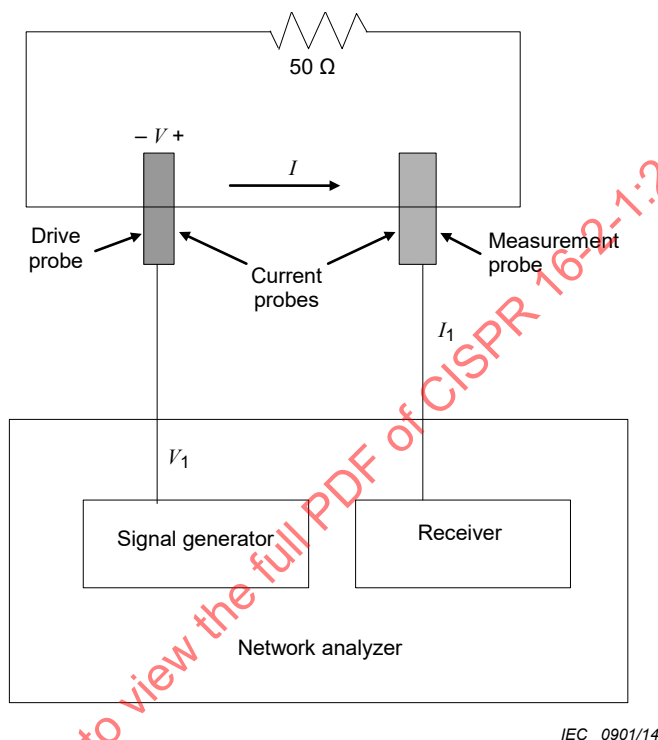
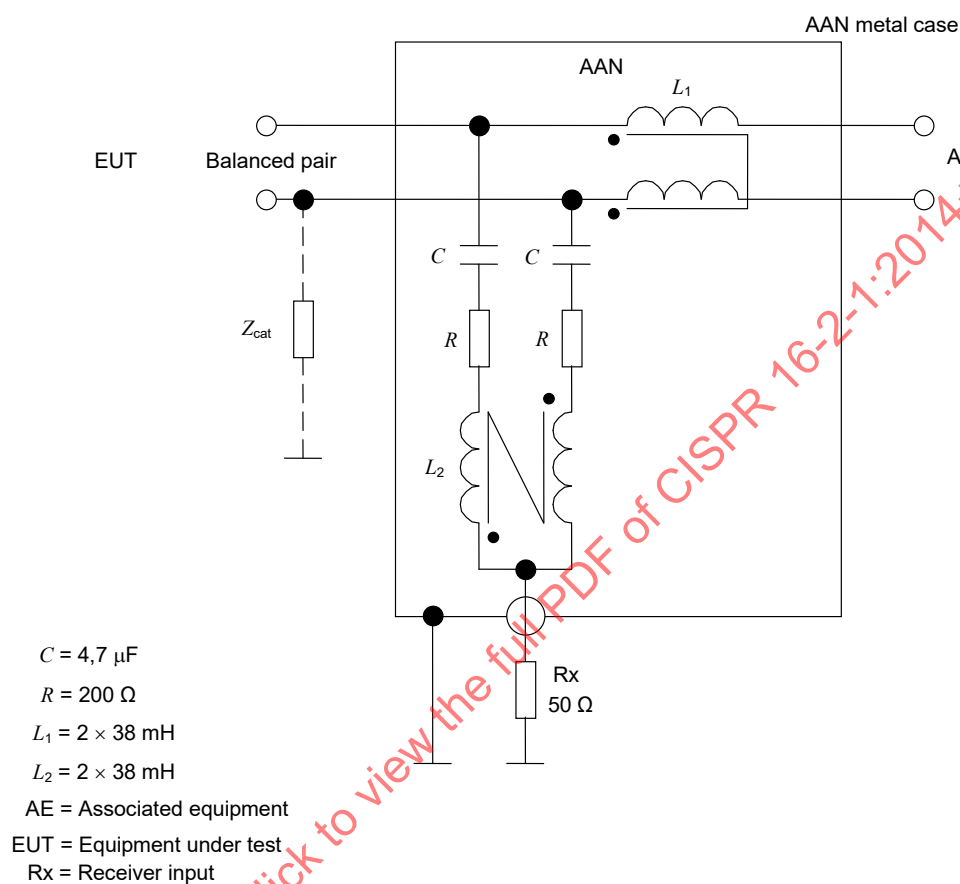


Figure H.4 – Characterization set-up

Annex I (informative)

Examples of AANs and ANs for screened cables

Figures I.1 through I.7 provide schematic diagrams of examples of AANs. Figures I.8 through I.11 provide diagrams of examples of ANs for screened cables.

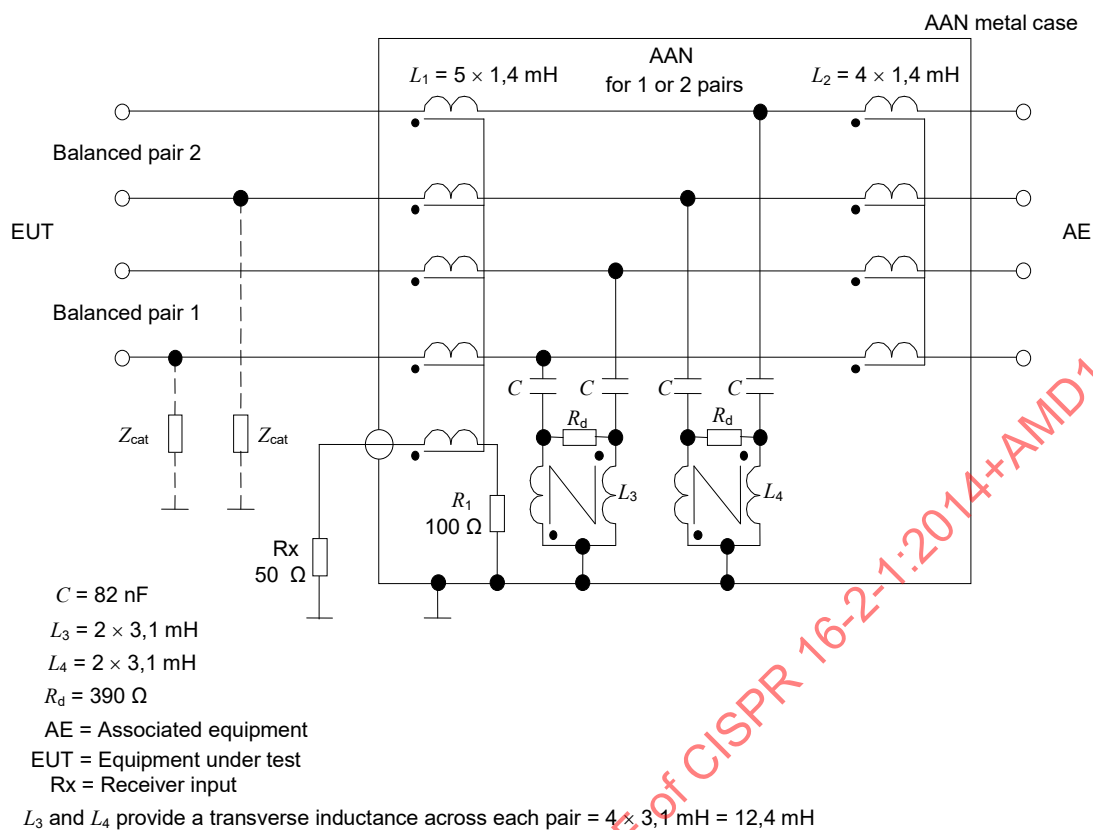


IEC 0902/14

NOTE 1 Nominal voltage division factor = 9,5 dB.

NOTE 2 Z_{cat} represents the unbalanced network required to adjust the LCL.

Figure I.1 – Example AAN for use with unscreened single balanced pairs



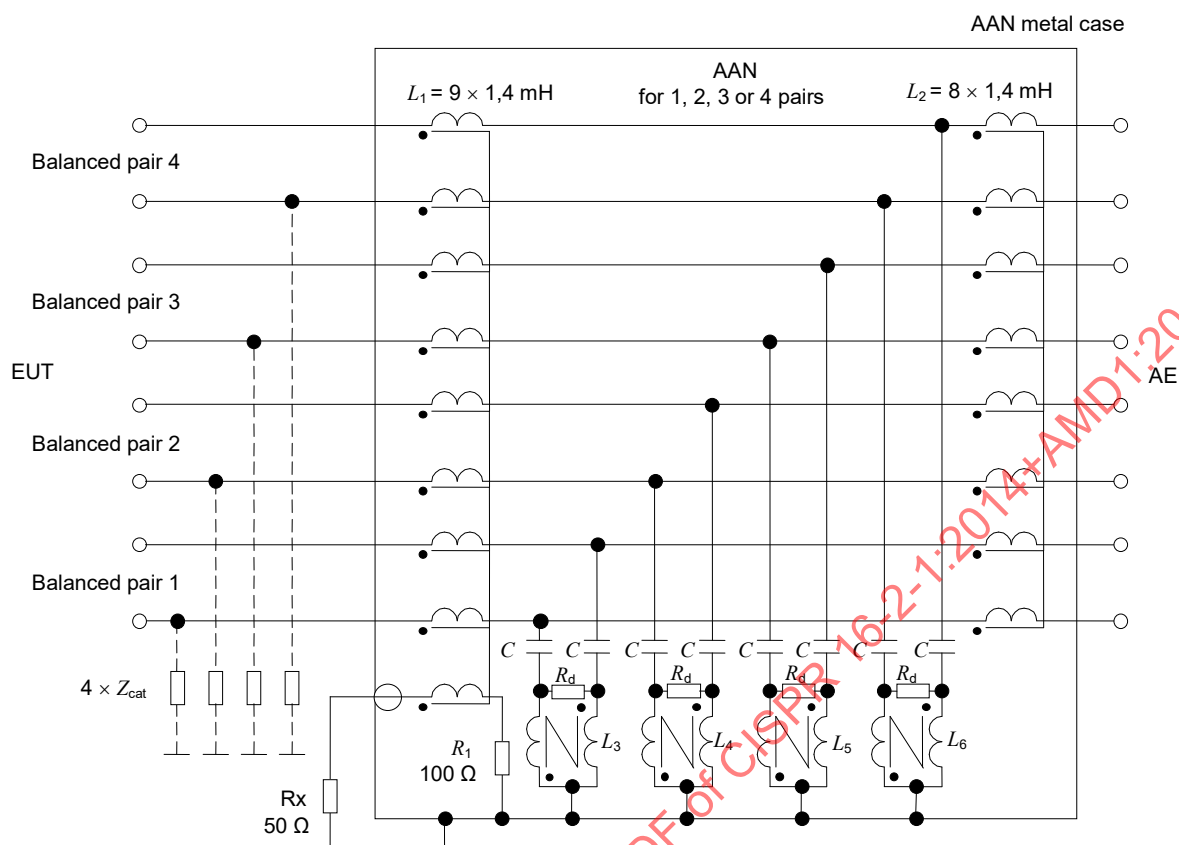
IEC 0903/14

NOTE 1 Nominal voltage division factor = 9,5 dB.

NOTE 2 Z_{cat} represents the unbalanced network required to adjust the applicable LCL.

NOTE 3 This AAN can be used to measure common mode disturbance equally well on a single unscreened balanced pair, or on two unscreened balanced pairs.

Figure I.2 – Example AAN with high LCL for use with either one or two unscreened balanced pairs



$C = 82\ \text{nF}$

$R_d = 390\ \Omega$

AE = Associated equipment

EUT = Equipment under test

Rx = Receiver input

L_3, L_4, L_5 and $L_6 = 2 \times 3,1\ \text{mH}$

L_3, L_4, L_5 and L_6 , provide a transverse inductance across each pair $= 4 \times 3,1\ \text{mH} = 12,4\ \text{mH}$

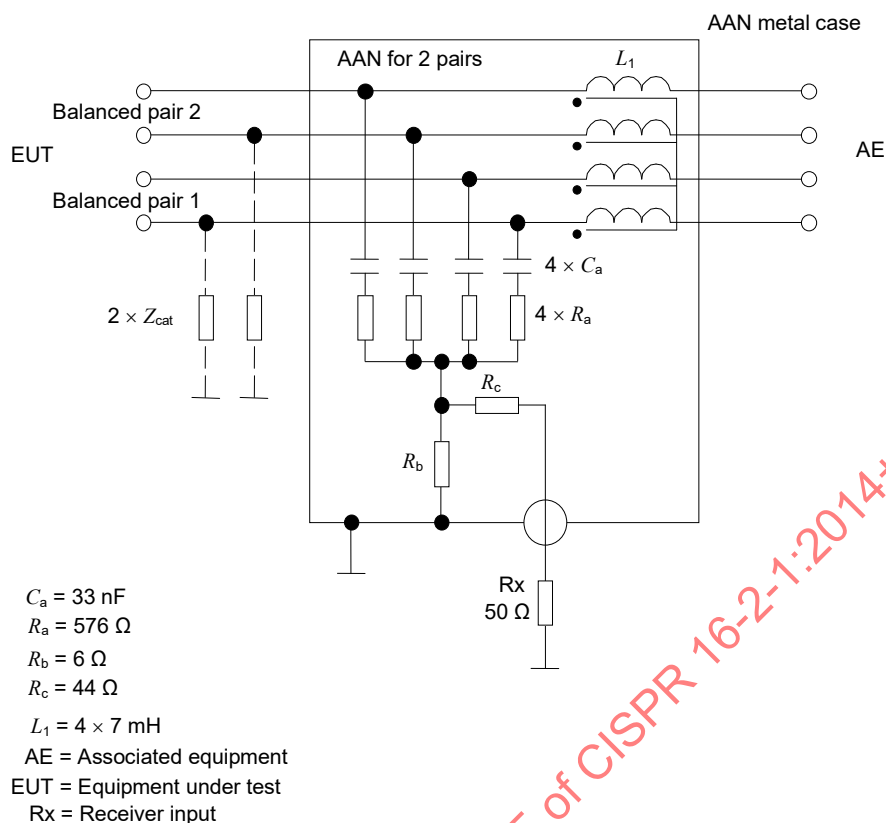
IEC 0904/14

NOTE 1 Nominal voltage division factor = 9,5 dB.

NOTE 2 Z_{cat} represents the unbalance network required to adjust the applicable LCL.

NOTE 3 This AAN can be used to measure common mode emissions equally well on a single unscreened balanced pair, or on two, three or four unscreened balanced pairs.

Figure I.3 – Example AAN with high LCL for use with one, two, three, or four unscreened balanced pairs



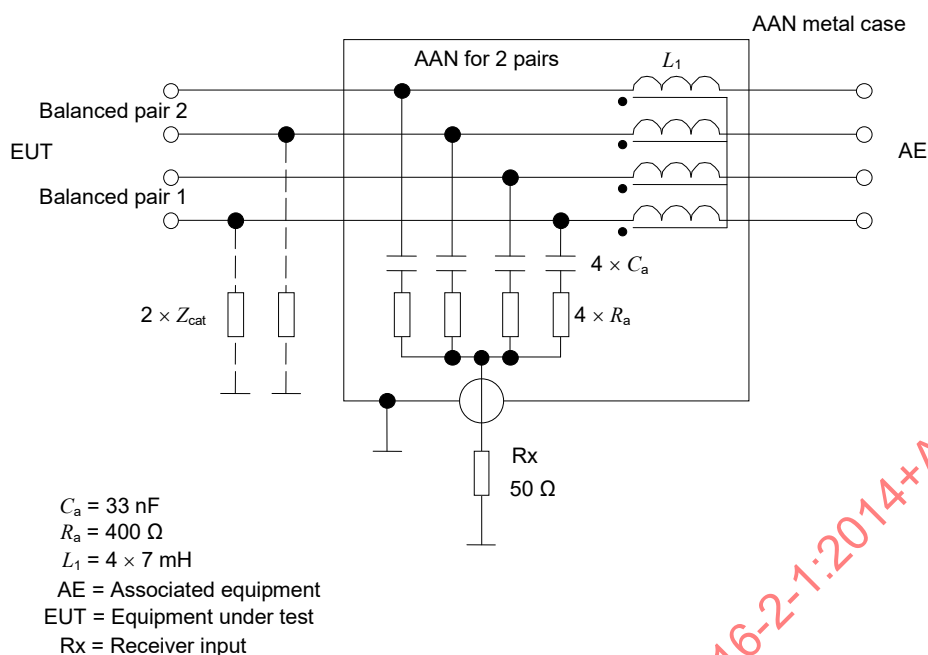
IEC 0905/14

CAUTION – Due to the possibility of erroneous measurement results, this AAN should not be used to measure common mode emissions on unscreened pair cables connected to telecommunication ports that contain only one active unscreened balanced pair.

NOTE 1 Nominal voltage division factor = 34 dB.

NOTE 2 Z_{cat} represents the unbalance network required to adjust the applicable LCL.

Figure I.4 – Example AAN, including a 50 Ω source matching network at the voltage measuring port, for use with two unscreened balanced pairs



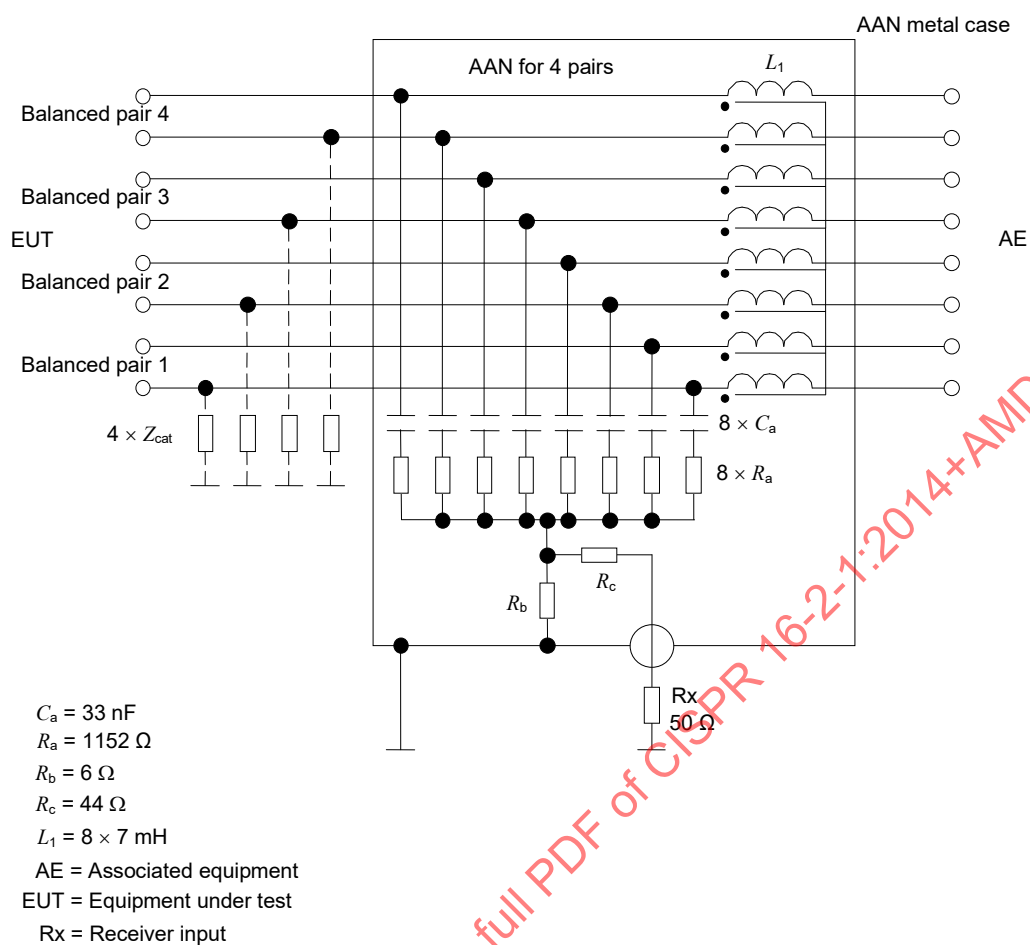
IEC 0906/14

NOTE 1 Nominal voltage division factor = 9,5 dB.

NOTE 2 Z_{cat} represents the unbalance network required to adjust the applicable LCL.

NOTE 3 **CAUTION** – Due to the possibility of erroneous measurement results, this AAN cannot be used to measure common mode emissions on unscreened pair cables connected to wired network ports that employ only one active unscreened balanced pair.

Figure I.5 – Example AAN for use with two unscreened balanced pairs



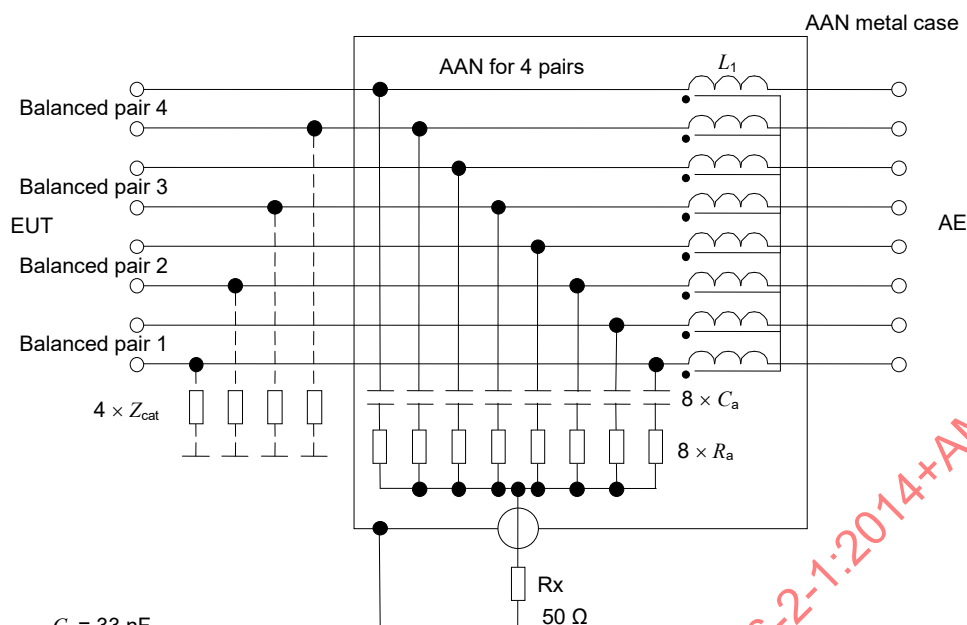
IEC 0907/14

NOTE 1 Nominal voltage division factor = 34 dB.

NOTE 2 Z_{cat} represents the unbalance network required to adjust the applicable LCL.

NOTE 3 **CAUTION** – Due to the possibility of erroneous measurement results, this AAN cannot be used to measure common mode emissions on unscreened pair cables connected to wired network ports that employ less than four active unscreened balanced pair.

Figure I.6 – Example AAN, including a 50 Ω source matching network at the voltage measuring port, for use with four unscreened balanced pairs



$C_a = 33 \text{ nF}$

$R_a = 800 \text{ } \Omega$

$L_1 = 8 \times 7 \text{ mH}$

AE = Associated equipment

EUT = Equipment under test

Rx = Receiver input

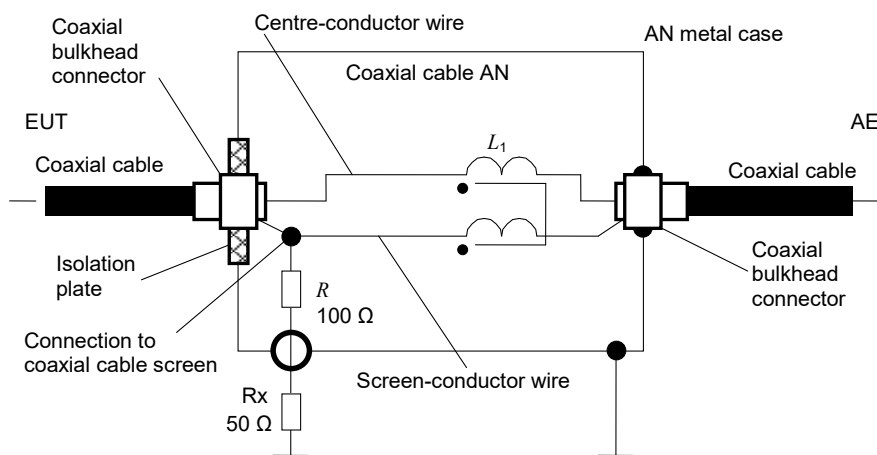
IEC 0908/14

NOTE 1 Nominal voltage division factor = 9,5 dB.

NOTE 2 Z_{cat} represents the unbalance network required to adjust the applicable LCL.

NOTE 3 **CAUTION** – Due to the possibility of erroneous measurement results, this AAN cannot be used to measure common mode emissions on unscreened pair cables connected to telecommunication ports that employ less than four unscreened balanced pairs.

Figure I.7 – Example AAN for use with four unscreened balanced pairs

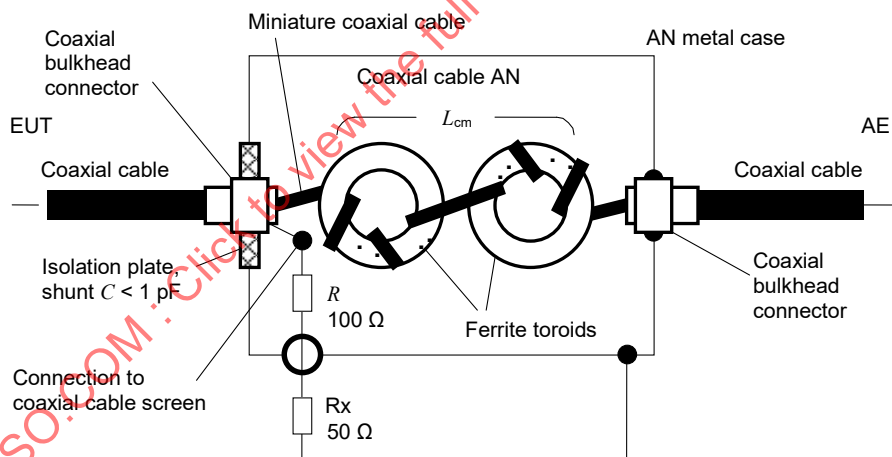


AE = Associated equipment
EUT = Equipment under test
Rx = Receiver input
Common mode choke $L_1 = 2 \times 7 \text{ mH}$

IEC 0909/14

NOTE Nominal voltage division factor = 9,5 dB.

Figure I.8 – Example AN for use with coaxial cables, employing an internal common mode choke created by bifilar winding an insulated centre-conductor wire and an insulated screen-conductor wire on a common magnetic core (for example, a ferrite toroid)



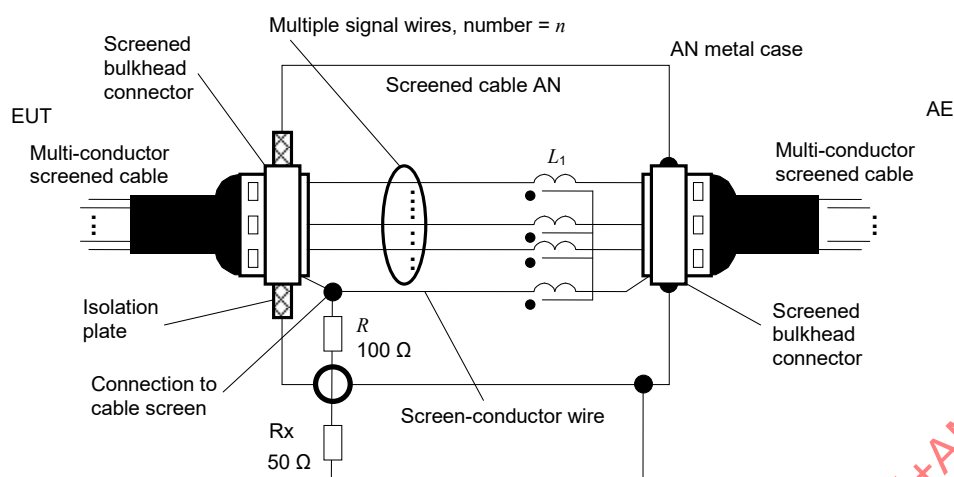
AE = Associated equipment
EUT = Equipment under test
Rx = receiver input
Common mode choke $L_{cm} > 9 \text{ mH}$, total parasitic shunt $C < 1 \text{ pF}$

IEC 0910/14

NOTE 1 Nominal voltage division factor = 9,5 dB.

NOTE 2 More toroids may be needed to fully meet the requirements for ANs.

Figure I.9 – Example AN for use with coaxial cables, employing an internal common mode choke created by miniature coaxial cable (miniature semi-rigid solid copper screen or miniature double-braided screen coaxial cable) wound on ferrite toroids

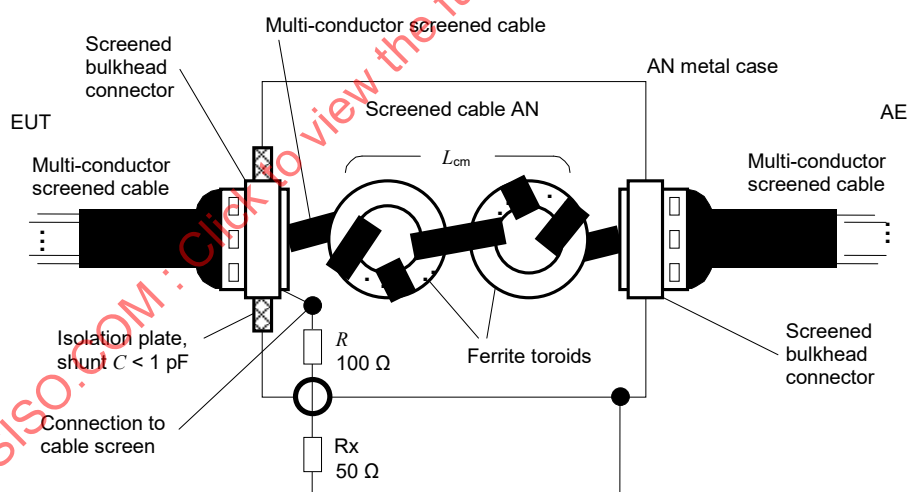


AE = Associated equipment
EUT = Equipment under test
Rx = Receiver input
Common mode choke $L_1 = (n + 1) \times 7$ mH, where n = number of signal wires

IEC 0911/14

NOTE Nominal voltage division factor = 9,5 dB.

Figure I.10 – Example AN for use with multi-conductor screened cables, employing an internal common mode choke created by bifilar winding multiple insulated signal wires and an insulated screen-conductor wire on a common magnetic core (for example, a ferrite toroid)



AE = Associated equipment
EUT = Equipment under test
Rx = Receiver input
Common mode choke $L_{cm} > 9$ mH, total parasitic shunt $C < 1$ pF

IEC 0912/14

NOTE 1 Nominal voltage division factor = 9,5 dB.

NOTE 2 More toroids may be needed to fully meet the requirements for ANs.

Figure I.11 – Example AN for use with multi-conductor screened cables, employing an internal common mode choke created by winding a multi-conductor screened cable on ferrite toroids

Bibliography

- [1] CISPR 11:2003, *Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment – Electro-magnetic disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*
 - [2] CISPR 16-1-4:2010, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Antennas and test sites for radiated disturbance measurements*
 - [3] CISPR 16-2-3:2010, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity – Radiated disturbance measurements*
 - [4] CISPR/TR 16-3, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 3: CISPR technical reports*
 - [5] CISPR 16-4-1, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-1: Uncertainties, statistics and limit modelling – Uncertainties in standardized EMC tests*
 - [6] CISPR/TR 16-4-3:2004, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-3: Uncertainties, statistics and limit modelling – Statistical considerations in the determination of EMC compliance of mass-produced products*
 - [7] IEC/TR 60083:2006, *Plugs and socket-outlets for domestic and similar general use standardized in member countries of IEC*
 - [8] IEC 60364-4 (all sub-parts), *Low-voltage electrical installations – Part 4: Protection for safety*
 - [9] IEC 61000-4-6:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*
 - [10] IEC 61010-1:2001, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 1: General requirements*
 - [11] ITU-R Recommendation BS.468-4: *Measurement of audio-frequency noise voltage level in sound broadcasting*
 - [12] JCGM 200:2012, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	121
1 Domaine d'application	123
2 Références normatives	123
3 Termes, définitions et abréviations	124
3.1 Termes et définitions	124
3.2 Abréviations	129
4 Types de perturbations à mesurer	130
4.1 Généralités	130
4.2 Types de perturbations	130
4.3 Fonctions de détection	131
5 Connexion du matériel de mesure	131
5.1 Généralités	131
5.2 Connexion de l'équipement d'appoint	131
5.3 Connexions à la masse de référence	132
5.4 Connexion entre le matériel en essai et le réseau fictif	133
6 Exigences et conditions générales de mesure	134
6.1 Généralités	134
6.2 Perturbation non produite par le matériel en essai	134
6.2.1 Généralités	134
6.2.2 Essais de conformité	134
6.3 Mesure d'une perturbation continue	135
6.3.1 Perturbation continue à bande étroite	135
6.3.2 Perturbation continue à large bande	135
6.3.3 Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à balayage	135
6.4 Disposition et conditions de mesure du matériel en essai	135
6.4.1 Disposition du matériel en essai	135
6.4.2 Conditions de charge normales	138
6.4.3 Durée de fonctionnement	138
6.4.4 Durée de fonctionnement préalable/de préchauffage	138
6.4.5 Alimentation	138
6.4.6 Mode de fonctionnement	138
6.4.7 Fonctionnement d'un matériel à fonctions multiples	138
6.4.8 Détermination de la ou des dispositions de matériel en essai qui maximise(nt) les émissions	139
6.4.9 Enregistrement des résultats de mesure	139
6.5 Interprétation des résultats de mesure	139
6.5.1 Perturbations continues	139
6.5.2 Perturbations discontinues	140
6.5.3 Mesure de la durée des perturbations	140
6.6 Temps de mesure et vitesses de balayage pour les perturbations continues	140
6.6.1 Généralités	140
6.6.2 Temps de mesure minimaux	140
6.6.3 Vitesses de balayage des récepteurs à balayage et des analyseurs de spectre	141

6.6.4	Durées de balayage pour les récepteurs à accord par palier	142
6.6.5	Stratégies pour une vue d'ensemble du spectre en utilisant le détecteur de crête	143
6.6.6	Considérations temporelles concernant l'utilisation d'appareils de mesure à FFT	147
7	Mesure des perturbations conduites le long de câbles, de 9 kHz à 30 MHz	149
7.1	Généralités	149
7.2	Matériel de mesure (récepteurs, etc.)	149
7.2.1	Généralités	149
7.2.2	Utilisation des détecteurs pour les mesures des perturbations conduites	149
7.3	Matériel de mesure d'appoint	150
7.3.1	Généralités	150
7.3.2	Réseaux fictifs (AN)	150
7.3.3	Sondes de courant	151
7.4	Configuration de l'EUT et méthode de mesure	152
7.4.1	Disposition du matériel en essai et sa connexion au réseau fictif	152
7.4.2	Procédure de mesure des tensions perturbatrices au moyen d'AN	158
7.4.3	Mesure des tensions en mode commun aux bornes de signaux en mode différentiel	167
7.4.4	Mesures au moyen de sondes de tension	168
7.4.5	Mesures au moyen d'une sonde de tension capacitive (CVP)	170
7.4.6	Mesures au moyen de sondes de courant	171
7.5	Configuration d'essai des systèmes pour les mesures d'émissions conduites	171
7.5.1	Approche générale des mesures des systèmes	171
7.5.2	Configuration du système	172
7.5.3	Mesures des lignes d'interconnexion	175
7.5.4	Découplage des composantes du système	175
7.6	Mesures in situ	175
7.6.1	Généralités	175
7.6.2	Masse de référence	176
7.6.3	Mesure au moyen de sondes de tension	176
7.6.4	Choix des points de mesure	177
8	Mesure automatisée des perturbations	177
8.1	Précautions pour les mesures automatisées	177
8.2	Mode opératoire général de mesure	178
8.3	Mesures par prébalayage	178
8.4	Réduction des données	179
8.5	Maximisation des perturbations et mesure finale	179
8.6	Post-traitement et compte-rendu	180
8.7	Stratégies de la mesure de perturbations avec des appareils de mesure à FFT	180
9	Montage d'essai et mode opératoire de mesure utilisant le CDNE dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 300 MHz	180
9.1	Généralités	180
9.2	Montage d'essai	181
9.3	Mode opératoire de mesure	183

Annexe A (informative) Guide pour la connexion d'un matériel électrique au réseau fictif d'alimentation	184
A.1 Généralités	184
A.2 Classification des différents cas possibles	184
A.2.1 Matériels en essai correctement blindés, mais mal filtrés (Figures A.1 et A.2)	184
A.2.2 Matériels en essai correctement filtrés mais dont le blindage présente des fuites (Figures A.3 et A.4)	185
A.2.3 Cas général pratique	186
A.3 Méthode de mise à la masse	188
A.4 Conditions de mise à la masse	188
A.4.1 Généralités	188
A.4.2 Classement des conditions d'essai typiques	189
A.5 Connexion du réseau fictif d'alimentation comme sonde de tension	189
Annexe B (informative) Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à balayage	192
B.1 Généralités	192
B.2 Surcharge	192
B.3 Essai de linéarité	192
B.4 Sélectivité	192
B.5 Réponse normale aux impulsions	192
B.6 Détection de crête	192
B.7 Vitesse de balayage en fréquence	193
B.8 Interception du signal	193
B.9 Détection de la valeur moyenne	193
B.10 Sensibilité	194
B.11 Précision en amplitude	194
Annexe C (informative) Arbre de décision pour l'utilisation des détecteurs pour les mesures des perturbations conduites	195
Annexe D (informative) Vitesses de balayage et temps de mesure utilisables avec le détecteur de valeur moyenne	197
D.1 Généralités	197
D.2 Suppression des perturbations impulsives	197
D.2.1 Généralités	197
D.2.2 Suppression de la perturbation impulsive par moyennage numérique	198
D.3 Suppression de la modulation d'amplitude	198
D.4 Mesure des perturbations à bande étroite légèrement intermittentes, instables ou variables	198
D.5 Mode opératoire recommandé pour les mesures automatiques ou semi-automatiques	200
Annexe E (informative) Lignes directrices pour l'amélioration du montage d'essai avec des réseaux fictifs (AN)	201
E.1 Vérification in situ de l'impédance d'un AN et du facteur de division en tension	201
E.2 Bobines PE et absorbeurs de courant de gaine pour la suppression des boucles de masse	204
Annexe F (normative) Détermination de l'adéquation des analyseurs de spectre à des essais de conformité	206
Annexe G (informative) Recommandations de base concernant les mesures sur les accès de télécommunication	207

G.1	Limites	207
G.2	Combinaison d'une sonde de courant et d'une sonde de tension capacitive (CVP)	208
G.3	Principes de base concernant la sonde de tension capacitive	209
G.4	Combinaison de la limite de courant et de la limite de tension	209
G.5	Réglage de l'impédance TCM avec des ferrites	211
G.6	Spécifications concernant les ferrites utilisées avec les méthodes décrites à l'Annexe H	211
Annexe H (normative) Recommandations spécifiques concernant les mesures des perturbations conduites sur les accès de télécommunication		214
H.1	Généralités	214
H.2	Caractéristiques des réseaux fictifs asymétriques (AAN)	215
H.3	Caractéristiques de la sonde de courant	216
H.4	Caractéristiques de la sonde de tension capacitive	216
H.5	Modes opératoires pour les mesures de mode commun	216
H.5.1	Généralités	216
H.5.2	Mode opératoire de mesure utilisant les réseaux fictifs asymétriques (AAN)	216
H.5.3	Mode opératoire de mesure utilisant une charge de 150 Ω sur la surface extérieure du blindage du câble	217
H.5.4	Mode opératoire de mesure utilisant une combinaison d'une sonde de courant et d'une sonde de tension capacitive	218
H.5.5	Mesure de l'impédance de mode commun du câble, de la ferrite et du matériel associé (AE)	219
Annexe I (informative) Exemples de réseaux fictifs asymétriques (AAN) et de réseaux fictifs (AN) pour câbles blindés		221
Bibliographie		230
Figure 1 – Exemple d'un montage d'essai recommandé avec bobines PE, trois réseaux fictifs d'alimentation et un absorbeur de courant de gaine sur le câble RF		133
Figure 2 – Mesure d'une combinaison d'un signal à onde entretenue ("bande étroite") et d'un signal impulsif ("large bande") en utilisant des balayages multiples avec maintien du maximum		144
Figure 3 – Exemple d'analyse temporelle		145
Figure 4 – Spectre à large bande mesuré avec un récepteur à accord par palier		146
Figure 5 – Perturbations intermittentes à bande étroite mesurées en utilisant des balayages courts, rapides et répétitifs avec la fonction «maintien du maximum» pour obtenir une vue d'ensemble du spectre de perturbation		146
Figure 6 – Balayage FFT en segments		148
Figure 7 – Résolution en fréquence améliorée au moyen d'un appareil de mesure à FFT		148
Figure 8 – Illustration du courant I_{CCM}		152
Figure 9 – Configuration d'essai: EUT sur table pour les mesures des perturbations conduites sur les accès d'alimentation secteur en courant alternatif basse tension et sur les accès de données analogiques/numériques		154
Figure 10 – Montage de matériel en essai et de réseau AMN à 40 cm avec a) RGP vertical et b) RGP horizontal		155
Figure 11 – Exemple de configuration d'essai facultative pour un matériel en essai avec seulement un cordon d'alimentation fixé		155
Figure 12 – Configuration d'essai: matériel posé au sol (voir 7.4.1 et 7.5.2.3)		157

Figure 13 – Exemple de configuration d'essai: matériel posé au sol et sur stable (voir 7.4.1 et 7.5.2.3)	158
Figure 14 – Schéma de la configuration de mesure de la tension perturbatrice (voir également 7.5.2.3)	161
Figure 15 – Circuit équivalent de mesure de la tension perturbatrice non symétrique pour les matériels en essai de classe de sécurité I (mis à la terre)	162
Figure 16 – Circuit équivalent de mesure de la tension perturbatrice non symétrique pour les matériels en essai de classe de sécurité II (non mis à la terre)	164
Figure 17 – Élément RC pour main artificielle	165
Figure 18 – Perceuse électrique portable avec main artificielle	165
Figure 19 – Scie électrique portable avec main artificielle	166
Figure 22 – Procédure générique pour aider à une réduction du temps de mesure	178
Figure 23 – Montage d'essai pour la mesure d'un matériel en essai à un câble	182
Figure 24 – Montage d'essai pour la mesure d'un matériel en essai avec deux câbles connectés à deux surfaces adjacentes du matériel en essai	182
Figure 25 – Montage d'essai pour la mesure d'un matériel en essai avec deux câbles connectés à la même surface du matériel en essai	183
Figure 26 – Configuration d'essai: EUT sur table pour les mesures des perturbations conduites sur les accès d'alimentation en courant continu basse tension et en courant alternatif basse tension d'un GCPC	156
Figure 27 – Disposition de mesure type des perturbations conduites au niveau des accès d'alimentation secteur en courant alternatif basse tension et des accès d'alimentation en courant continu des matériels posés au sol avec un AMN et un AN en Δ utilisés comme sondes de tension, et avec une sonde de courant	170
Figure A.1 – Schéma de base de matériels en essai correctement blindés, mais mal filtrés	185
Figure A.2 – Schéma détaillé de matériels en essai correctement blindés, mais mal filtrés	185
Figure A.3 – Matériels en essai correctement filtrés, mais dont le blindage présente des fuites	186
Figure A.4 – Matériels en essai correctement filtrés, mais dont le blindage présente des fuites, avec U_2 réduite à zéro	186
Figure A.5 – Alimentation par perturbation par des conducteurs blindés	186
Figure A.6 – Alimentation par perturbation par des conducteurs non blindés, mais filtrés	187
Figure A.7 – Alimentation par perturbation par des conducteurs ordinaires	187
Figure A.8 – Configurations du réseau fictif d'alimentation	190
Figure C 1 – Arbre de décision pour l'optimisation de la durée des mesures des perturbations conduites avec les détecteurs de crête, de quasi-crête et de valeur moyenne	195
Figure D 1 – Fonction de pondération d'une impulsion de 10 ms pour des détections de valeurs de crête ("PK") et moyennes avec ("CISPR AV") ou sans ("AV") relevé de crête; avec un contrôleur de période de 160 ms	199
Figure D.2 – Fonctions de pondération d'une impulsion de 10 ms pour des détections de valeurs de crête ("PK") et moyennes avec ("CISPR AV") ou sans ("AV") relevé de crête; avec un contrôleur de période de 100 ms	199
Figure D.3 – Exemple de fonctions de pondération (d'une impulsion de 1 Hz) pour des détections de valeurs de crête («PK») et moyennes en fonction de la largeur d'impulsion; avec un contrôleur de période de 160 ms	200

Figure D.4 – Exemple de fonctions de pondération (d'une impulsion de 1 Hz) pour des détections de valeurs de crête («PK») et moyennes en fonction de la largeur d'impulsion; avec un contrôleur de période de 100 ms	200
Figure E.1 – Résonance parallèle de la capacité de l'enveloppe et de l'inductance de liaison de masse	201
Figure E.2 – Connexion d'un AMN au RGP au moyen d'une tôle large, pour réaliser une mise à la masse à faible inductance	202
Figure E.3 – Impédance mesurée avec la disposition de la Figure E.2, en référence à la fois à la masse en face avant et à la tôle de mise à la masse	202
Figure E.4 – Facteur VDF dans la configuration de la Figure E.2, mesuré en référence à la masse en face avant et à la tôle de mise à la masse	202
Figure E.5 – Disposition montrant la tôle de mise à la masse de mesure (représentée en pointillés) de l'impédance en référence au RGP	203
Figure E.6 – Impédance mesurée avec la disposition de la Figure E.5, en référence au RGP	203
Figure E.7 – Facteur VDF mesuré avec des résonances parallèles dans la mise à la masse de l'AMN	203
Figure E.8 – Atténuation d'un absorbeur de courant de gaine mesuré dans un dispositif d'essai de 150 Ω	204
Figure E.9 – Dispositif de mesure de l'atténuation due aux bobines PE et aux absorbeurs de courant de gaine	205
Figure G.1 – Circuit de base pour considérer les limites avec une impédance TCM définie de 150 Ω	210
Figure G.2 – Circuit de base pour la mesure avec une impédance TCM inconnue	210
Figure G.3 – Configuration des impédances des composants utilisés à la Figure H.2	212
Figure G.4 – Montage d'essai de base pour mesurer l'impédance combinée des 150 Ω et des ferrites	213
Figure H.1 – Dispositif de mesure utilisant un réseau fictif asymétrique (AAN)	217
Figure H.2 – Dispositif de mesure utilisant une charge de 150 Ω à la surface extérieure du blindage	218
Figure H.3 – Dispositif de mesure utilisant des sondes de courant et de tension capacitive	219
Figure H.4 – Montage d'étalonnage	220
Figure I.1 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) destiné à être utilisé avec des paires symétriques uniques non blindées	221
Figure I.2 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) avec affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) élevé destiné à être utilisé avec une ou deux paires symétriques non blindées	222
Figure I.3 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) avec affaiblissement de conversion longitudinale (ACL) élevé destiné à être utilisé avec une, deux, trois ou quatre paires symétriques non blindées	223
Figure I.4 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN), incluant un réseau d'adaptation de source de 50 Ω sur l'accès de mesure de tension, destiné à être utilisé avec deux paires symétriques non blindées	224
Figure I.5 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) destiné à être utilisé avec deux paires symétriques non blindées	225
Figure I.6 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN), incluant un réseau d'adaptation de source de 50 Ω sur l'accès de mesure de tension, destiné à être utilisé avec quatre paires symétriques non blindées	226
Figure I.7 – Exemple de réseau fictif asymétrique (AAN) destiné à être utilisé avec quatre paires symétriques non blindées	227

Figure I.8 – Exemple de réseau fictif (AN) destiné à être utilisé avec des câbles coaxiaux, utilisant une bobine d'arrêt de mode commun interne créée par un enroulement bifilaire d'un conducteur central isolé et d'un conducteur de blindage isolé sur un noyau magnétique commun (par exemple, un tore en ferrite) 228

Figure I.9 – Exemple de réseau fictif (AN) destiné à être utilisé avec des câbles coaxiaux, utilisant une bobine d'arrêt de mode commun interne créée par un câble coaxial miniature (câble coaxial à blindage de cuivre plein semi-rigide ou à blindage miniature à double tresse) enroulé sur des tores en ferrite..... 228

Figure I.10 – Exemple de réseau fictif (AN) destiné à être utilisé avec des câbles blindés multiconducteur, utilisant une bobine d'arrêt de mode commun interne créée par un enroulement bifilaire de plusieurs conducteurs de signaux isolés et un conducteur de blindage isolé sur un noyau magnétique commun (par exemple, un tore en ferrite)..... 229

Figure I.11 – Exemple de réseau fictif (AN) destiné à être utilisé avec des câbles blindés multiconducteur, utilisant une bobine d'arrêt de mode commun interne créée par un enroulement d'un câble blindé multiconducteur sur des tores en ferrite..... 229

Tableau 1 – Durées de balayage minimales pour les trois bandes CISPR avec détecteur de crête et détecteur de quasi-crête 141

Tableau 2 – Temps de mesure minimaux pour les quatre bandes de la CISPR 141

Tableau A.2 – Conditions d'essai pour les types de matériel en essai – câble blindé 191

Tableau B. 1– Durée/fréquence de balayage ou vitesse de balayage la plus élevée 193

Tableau D 1 – Facteurs de suppression d'impulsion et vitesses de balayage pour une largeur de bande vidéo de 100 Hz 198

Tableau D.2 – Contrôleurs de période et largeurs de bandes vidéo correspondantes et vitesses de balayages maximales correspondantes 199

Tableau F 1 – Différence d'amplitude maximale entre les signaux détectés de crête et de quasi-crête..... 206

Tableau G 1 – Résumé des avantages et des inconvénients des méthodes décrites dans les paragraphes spécifiques de l'Annexe H 208

Tableau H 1 – Choix du mode opératoire de mesure des perturbations sur les accès de télécommunication 214

Tableau H.2 – Valeurs de "ACL" 215

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES

SPÉCIFICATIONS DES MÉTHODES ET DES APPAREILS DE MESURE DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES ET DE L'IMMUNITÉ AUX PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES –

Partie 2-1: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesures des perturbations conduites

AVANT-PROPOS

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

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(s) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.

Cette version consolidée de la CISPR 16-2-1 porte le numéro d'édition 3.1. Elle comprend la troisième édition (2014-02) [documents CISPR/A/1053/FDIS et CISPR/A/1062/RVD] et son amendement 1 (2017-06) [documents CISPR/A/1168/CDV et CISPR/A/1201/RVC]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

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 CISPR 16-2-1 a été établie par le sous-comité A du CISPR: Mesures des perturbations radioélectriques et méthodes statistiques.

Cette troisième édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente: Des méthodes de mesure utilisant un nouveau type d'équipement d'appoint – dont l'acronyme est CDNE – ont été ajoutées.

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

Une liste de toutes les parties de la série CISPR 16, publiées sous le titre général *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques*, 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 cette publication en utilisant une imprimante couleur.

Le contenu du corrigendum d'août 2020 a été pris en considération dans cet exemplaire.

SPÉCIFICATIONS DES MÉTHODES ET DES APPAREILS DE MESURE DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES ET DE L'IMMUNITÉ AUX PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES –

Partie 2-1: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesures des perturbations conduites

1 Domaine d'application

La présente partie de la CISPR 16 est une norme de base qui spécifie les méthodes de mesure des phénomènes de perturbation dans la plage de fréquences de 9 kHz à 18 GHz, d'une manière générale, et plus spécifiquement des phénomènes de perturbation conduite dans la plage de fréquences de 9 kHz à 30 MHz. Le CDNE étend la plage de fréquences des mesures des perturbations conduites jusqu'à 300 Hz.

NOTE Conformément au guide 107 de l'IEC, la CISPR 16 est une norme CEM fondamentale à l'intention des comités de produits de l'IEC. Comme l'indique le Guide 107, les comités de produits sont chargés de déterminer l'applicabilité de la norme CEM. Le CISPR et ses sous-comités sont disposés à collaborer avec les comités de produits pour l'appréciation de la valeur des essais CEM particuliers dédiés aux produits spécifiques.

2 Références normatives

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

CISPR 14-1, *Compatibilité électromagnétique – Exigences pour les appareils électro-domestiques, outillages électriques et appareils analogues – Partie 1: Émission*

CISPR 16-1-1:2010, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-1: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Appareils de mesure*

CISPR 16-1-2:2014, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-2: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Dispositifs de couplage pour la mesure des perturbations conduites*

CISPR 16-4-2, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 4-2: Incertitudes, statistiques et modélisation des limites – Incertitudes de mesure CEM*

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Électrotechnique International* (disponible sous <<http://www.electropedia.org>>)

3 Termes, définitions et abréviations

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60050-161, ainsi que les suivants, s'appliquent.

3.1.1

équipement d'appoint

transducteurs (par exemple, sondes de tension et de courant et réseaux fictifs) connectés à un récepteur de mesure ou à un générateur de signal (d'essai) et utilisés dans la transmission du signal perturbateur entre le matériel en essai et le matériel de mesure ou d'essai

3.1.2

réseau fictif

AN

réseau permettant d'envoyer une impédance RF définie à l'EUT, de délivrer la tension perturbatrice au récepteur de mesure et de découpler le circuit d'essai du secteur ou de toute ligne électrique, ou bien des lignes de signaux équipées de matériel associé

Note 1 à l'article: Il existe quatre principaux types de réseaux fictifs: le réseau en V (AN en V) qui délivre les tensions dissymétriques, le réseau en delta (AN en Δ) qui délivre les tensions symétriques (en mode différentiel) et asymétriques (en mode commun) séparément, le réseau en Y (AN en Y) et le réseau coaxial (câble blindé) qui couplent les tensions asymétriques (en mode commun).

3.1.3

réseau fictif d'alimentation

AMN

réseau qui fournit une impédance définie au matériel en essai aux fréquences radioélectriques, accouple la tension perturbatrice au récepteur de mesure et désaccouple le circuit d'essai du réseau d'alimentation

Note 1 à l'article: Il existe deux principaux types de réseaux fictifs: le réseau en V (AMN en V) qui délivre les tensions dissymétriques, et le réseau en delta (AMN en Δ) qui délivre les tensions symétriques (en mode différentiel) et asymétriques (en mode commun) séparément.

Note 2 à l'article: Les termes réseau de stabilisation d'impédance de ligne (RSIL) et réseau AMN en V sont utilisés indifféremment.

Note 3 à l'article: L'abréviation «AMN» est dérivée du terme anglais développé correspondant «artificial mains network».

3.1.4

matériel associé

AE

matériel nécessaire pour aider au fonctionnement du matériel en essai qui ne fait pas partie du système soumis à essai

Note 1 à l'article: L'abréviation «AE» est dérivée du terme anglais développé correspondant «associated equipment».

3.1.5

réseau fictif asymétrique

AAN

réseau utilisé pour mesurer (ou injecter) des tensions asymétriques (en mode commun) sur des lignes symétriques de signaux non blindées (par exemple, de télécommunication) en rejetant le signal symétrique (en mode différentiel)

Note 1 à l'article: Un AAN est un AN (réseau fictif) permettant de simuler la charge asymétrique constituée par le réseau de télécommunications.

Note 2 à l'article: Le terme «réseau en Y» est synonyme d'AAN.

Note 3 à l'article: L'AAN peut également être utilisé pour les essais d'immunité lorsque le récepteur de mesure d'accès devient l'accès d'injection des perturbations.

Note 4 à l'article: L'abréviation «AAN» est dérivée du terme anglais développé correspondant «asymmetric artificial network».

3.1.6

tension asymétrique

tension RF qui apparaît entre le point milieu électrique de chaque borne ou sortie et la terre dans un circuit à deux ou plusieurs fils, parfois appelée tension en mode commun

Note 1 à l'article: Dans le cas d'un accès d'alimentation secteur en courant alternatif basse tension, si V_a désigne la tension vectorielle entre l'une des bornes d'alimentation et la terre de référence, et si V_b désigne la tension vectorielle entre l'autre borne d'alimentation et la terre de référence, alors la tension asymétrique correspond à la moitié de la somme vectorielle de V_a et de V_b , soit $(V_a + V_b)/2$.

3.1.7

tension symétrique

tension RF qui apparaît entre toute paire de fils, hors fil au potentiel de la terre, dans un circuit à deux ou plusieurs fils, par exemple une alimentation secteur monophasée ou un faisceau de paires torsadées à l'intérieur d'un câble de communication, parfois appelée tension différentielle ou tension en mode différentiel

Note 1 à l'article: Dans le cas d'un accès d'alimentation secteur en courant alternatif basse tension, la tension symétrique correspond à la différence vectorielle ($V_a - V_b$).

3.1.8

tension dissymétrique

tension RF qui apparaît entre une borne ou une sortie et la terre de référence dans un circuit à deux ou plusieurs fils

Note 1 à l'article: La tension dissymétrique correspond à la tension mesurée en utilisant un AMN en V. Elle indique l'amplitude de la tension vectorielle, V_a ou V_b (mentionnées dans les notes à l'article en 3.1.6 et en 3.1.7).

3.1.9

matériel auxiliaire

AuxEq

périphérique faisant partie du système soumis à essai

Note 1 à l'article: L'abréviation «AuxEq» est dérivée du terme anglais développé correspondant «auxiliary equipment».

3.1.10

CDNE-X

réseau d'accouplement et de désaccouplement dédié à la mesure des émissions dans la gamme de fréquences de 30 MHz à 300 MHz; où le suffixe "X" peut être "M2" pour les réseaux à deux fils non blindés, le courant continu ou les accès de commande, "M3" pour les réseaux à trois fils non blindés, le courant continu ou les accès de commande, et "S_x" pour un câble blindé avec x fils internes

Note 1 à l'article: Voir l'Annexe J dans la CISPR 16-1-2: 2014, pour des exemples de schémas de montage du CDNE-X.

3.1.11

câble coaxial

câble comportant une ou plusieurs lignes coaxiales, généralement utilisé pour réaliser une connexion adaptée entre un équipement d'appoint et le matériel de mesure ou le générateur d'essai et fournissant une impédance caractéristique spécifiée et une impédance de transfert maximale admissible spécifiée

3.1.12

courant en mode commun

somme vectorielle des courants traversant deux ou plusieurs conducteurs à une intersection spécifiée entre ces conducteurs et un plan imaginaire

3.1.13

perturbation continue

perturbation RF de durée supérieure à 200 ms à la sortie en fréquence intermédiaire d'un récepteur de mesure, qui provoque une déviation sur l'indicateur du récepteur de mesure, en mode de détection de quasi-crête, qui ne décroît pas immédiatement

3.1.14

courant en mode différentiel

demi-différence vectorielle des courants circulant dans deux conducteurs quelconques d'un ensemble spécifié de conducteurs actifs à une intersection spécifiée entre ces conducteurs et un plan imaginaire

3.1.15

perturbation discontinue

pour les claquements comptés, perturbation de durée inférieure à 200 ms à la sortie en fréquence intermédiaire d'un récepteur de mesure, qui provoque une déviation transitoire sur l'indicateur du récepteur de mesure, en mode de détection de quasi-crête

Note 1 à l'article: Pour la perturbation impulsive, voir l'IEC 60050-161:1990, 161-02-08.

3.1.16

émission (électromagnétique)

processus par lequel une source fournit de l'énergie électromagnétique vers l'extérieur

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-08]

3.1.17

limite d'émission (d'une source perturbatrice)

valeur maximale spécifiée du niveau d'émission d'une source de perturbation électromagnétique

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-03-12]

3.1.18

matériel en essai

EUT

matériel (dispositifs, appareils et systèmes) soumis aux essais de conformité pour la CEM (émission)

Note 1 à l'article: L'abréviation «EUT» est dérivée du terme anglais développé correspondant «equipment under test».

3.1.19 Temps de mesure et durées de balayage

3.1.19.1

mesurage

processus consistant à obtenir expérimentalement une ou plusieurs valeurs que l'on peut raisonnablement attribuer à une grandeur

[SOURCE: JCGM 200:2012, 2.1 [12]¹]

3.1.19.2

temps de mesure

T_m

temps effectif et cohérent pour obtenir un résultat de mesure à une fréquence unique (dans certains domaines, appelé également temps de palier)

¹ Les nombres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

- pour le détecteur de crête, le temps effectif pour détecter le maximum de l'enveloppe du signal,
- pour le détecteur de quasi-crête, le temps effectif pour mesurer le maximum de l'enveloppe pondérée,
- pour le détecteur de valeur moyenne, le temps effectif pour effectuer la moyenne de l'enveloppe du signal,
- pour le détecteur de valeur efficace, le temps effectif pour déterminer la valeur efficace de l'enveloppe du signal

3.1.19.3

balayage (1)

variation continue ou par pas de la fréquence dans un intervalle de fréquences donné

3.1.19.4

intervalle

Δf

différence entre la fréquence de départ et la fréquence d'arrivée d'un balayage

3.1.19.5

balayage (2)

variation continue de la fréquence dans un intervalle de fréquences donné

3.1.19.6

durée de balayage

T_s

temps d'un balayage compris entre la fréquence de départ et la fréquence d'arrivée

3.1.19.7

vitesse de balayage

intervalle de fréquences divisé par la durée de balayage

3.1.19.8

temps d'observation

T_o

somme des temps de mesure T_m à une certaine fréquence dans le cas de balayages multiples

Note 1 à l'article: Si n est le nombre de balayages, alors $T_o = n \times T_m$.

3.1.19.9

temps d'observation total

T_{tot}

temps effectif pour une vue d'ensemble du spectre (soit en balayage simple soit en balayages multiples)

Note 1 à l'article: Si c est le nombre de canaux dans un balayage, alors $T_{tot} = c \times n \times T_m$.

3.1.20

récepteur de mesure

appareil de mesure tel qu'un voltmètre sélectif, un récepteur de perturbations électromagnétiques, un analyseur de spectre ou un appareil de mesure à FFT, avec ou sans présélection, satisfaisant aux articles appropriés de la CISPR 16-1-1

Note 1 à l'article: Voir l'Annexe I de la CISPR 16-1-1:2010 pour plus d'information.

3.1.21

nombre de balayages par unité de temps

n_s

$1/(\text{durée de balayage} + \text{durée du retour})$

Note 1 à l'article: Par exemple, balayages par seconde.

3.1.22

norme de produits

publication spécifiant des exigences de CEM pour un produit ou une famille de produits et prenant en compte les aspects spécifiques de ce produit ou de cette famille de produits

3.1.23

mise à la terre pour des raisons de protection

mise à la terre d'un ou de plusieurs points d'un réseau, d'une installation ou d'un matériel pour des raisons de sécurité électrique

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-11]

3.1.24

masse de référence

point de connexion au potentiel de référence

Note 1 à l'article: Il ne peut seulement y avoir qu'une masse de référence dans un système de mesure des perturbations conduites.

3.1.25

plan de masse de référence

RGP

surface conductrice plate dont le potentiel électrique est identique à celui de la terre de référence, qui est utilisée comme référence commune et qui contribue à une capacité parasite reproductible avec l'environnement de l'équipement en essai

Note 1 à l'article: Un plan de masse de référence est nécessaire pour les mesures de perturbations conduites, et sert de référence pour la mesure des tensions perturbatrices dissymétriques et asymétriques.

Note 2 à l'article: L'abréviation "RPC" est dérivée du terme anglais développé correspondant "reference ground plane".

Note 3 à l'article: Dans certaines régions, le terme anglais "earth" est utilisé à la place de "ground".

3.1.26

essai

opération technique qui consiste à déterminer une ou plusieurs caractéristiques d'un produit, processus ou service donné, selon un mode opératoire spécifié

Note 1 à l'article: Un essai est destiné à mesurer ou à classer une caractéristique ou une propriété d'une entité en appliquant à celle-ci un ensemble d'exigences et de conditions d'environnement et de fonctionnement.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-13]

3.1.27

configuration d'essai

combinaison qui indique le dispositif de mesure spécifié du matériel en essai et permettant la mesure d'un niveau de perturbation

3.1.28

impédance totale de mode commun

impédance TCM

impédance entre le câble relié à l'accès évalué du matériel en essai et le plan de masse de référence

Note 1 à l'article: Le câble est vu dans sa totalité comme un fil du circuit et le plan de masse comme l'autre fil du circuit. L'onde TCM est le mode de transmission de l'énergie électrique, qui peut conduire à un rayonnement d'énergie électrique si le câble est exposé dans l'application réelle. Réciproquement, il s'agit également du mode dominant, résultant d'une exposition du câble à des champs électromagnétiques extérieurs.

Note 2 à l'article: L'abréviation «TCM» est dérivée du terme anglais développé correspondant «total common mode».

3.1.29 pondération

conversion (principalement réduction) dépendant de la fréquence de répétition d'impulsions (PRF) d'un niveau de détection d'impulsions crête en une indication correspondant à l'effet de l'interférence sur la réception radio

Note 1 à l'article: Pour le récepteur analogique, la gêne psychophysique de l'interférence est une grandeur subjective (habituellement acoustique ou visuelle, et non un certain nombre d'incompréhensions d'un texte parlé).

Note 2 à l'article: Pour le récepteur numérique, l'effet de l'interférence est une grandeur objective qui peut être définie soit par le taux d'erreur critique sur les bits (BER) ou la probabilité d'erreur sur les bits (BEP), pour lequel une correction d'erreur parfaite peut toujours s'effectuer, soit au moyen d'un autre paramètre objectif et reproductible.

3.1.29.1

mesure pondérée d'une perturbation

mesure d'une perturbation à l'aide d'un détecteur à pondération

3.1.29.2

caractéristique de pondération

niveau de tension crête en fonction de la PRF donnant un effet constant sur un système de radiocommunication spécifique, c'est-à-dire, la perturbation étant pondérée par le système de radiocommunication lui-même

3.1.29.3

détecteur à pondération

détecteur fournissant une fonction de pondération admise

3.1.29.4

facteur de pondération

valeur de la fonction de pondération relative à une PRF de référence ou relative à la valeur crête

Note 1 à l'article: Le facteur de pondération est exprimé en dB.

3.1.29.5

fonction de pondération

courbe de pondération

relation entre le niveau de tension crête d'entrée et la PRF donnant une indication de niveau constant d'un récepteur de mesure avec un détecteur pondéré, c'est-à-dire, la courbe de réponse d'un récepteur de mesure pour des impulsions répétées

3.2 Abréviations

Les abréviations suivantes, qui ne figurent pas déjà en 3.1, sont utilisées dans la présente norme.

ACL	Affaiblissement de conversion longitudinale
AN en Δ	Réseau fictif en Δ (" Δ " se prononce "delta")
AN en V	Réseau fictif en V
AN en Y	Réseau fictif en Y
AMN en V	Réseau fictif d'alimentation en V
CCM	Mode commun converti (Converted common mode)
CEM	Compatibilité électromagnétique
CM	Mode commun (Common mode)
CMAD	Dispositif d'absorption en mode commun (Common mode absorption device)
CVP	Sonde de tension capacitive (Capacitive voltage probe)
CW	Onde entretenue (Continuous wave)
DM	Mode différentiel (Differential mode)
EMI	Perturbation électromagnétique (Electromagnetic interference)
FFT	Transformation de Fourier rapide (Fast Fourier transform)
FI	Fréquence intermédiaire
GCPC	Convertisseurs de puissance connectés au réseau (Grid connected power convertor)
ISM	Industriel, scientifique et médical (Industrial, scientific and medical)
LV	Basse tension (Low voltage)
OATS	Site d'essai en espace libre (Open area test site)
PE	Terre de protection (Protective earth)
PRF	Fréquence de répétition d'impulsions (Pulse-repetition frequency)
RC	Résistance-condensateur (Resistor-capacitor)
RF	Fréquence radioélectrique (Radio frequency)
RFI	Brouillage électromagnétique
SOLT	Méthode d'étalonnage Short-open-load-through (Short-open-load-through (calibration method))
UM	Mode dissymétrique (Unsymmetric mode)
VDF	Facteur de division en tension (Voltage division factor)
VDU	Unité de visualisation (Video display unit)

4 Types de perturbations à mesurer

4.1 Généralités

L'Article 4 décrit la classification des différents types de perturbations et les détecteurs adaptés à leur mesure.

4.2 Types de perturbations

Pour des raisons physiques et psychophysiques dépendantes de la distribution spectrale, de la largeur de bande du récepteur de mesure, de la durée, du rythme d'apparition et du degré de nuisance lors de l'estimation et de la mesure des perturbations radioélectriques, on effectue une distinction entre les types de perturbations suivants:

- a) *perturbations continues à bande étroite*, c'est-à-dire sur des fréquences discrètes, par exemple les composantes fondamentales et les harmoniques produits intentionnellement pour générer l'énergie RF dans les matériels ISM, constituant un spectre de fréquences composé uniquement de raies spectrales individuelles dont la séparation est supérieure à la largeur de bande du récepteur de mesure de manière qu'une seule raie s'inscrive dans la largeur de bande au cours de la mesure, par opposition à b);
- b) *perturbations continues à large bande*, normalement produites non intentionnellement par les impulsions répétées, par exemple de moteurs à collecteur, et présentant une fréquence de répétition inférieure à la largeur de bande du récepteur de mesure de manière qu'une seule raie spectrale s'inscrive dans la largeur de bande au cours de la mesure; et
- c) *perturbations discontinues à large bande* produites également non intentionnellement par des commutations mécaniques ou électroniques, par exemple les thermostats ou programmeurs avec un taux de répétition inférieur à 1 Hz (taux de claquement inférieur à 30/min).

Les spectres de fréquences décrits en b) et c) se caractérisent par un spectre continu, dans le cas d'impulsions individuelles (uniques), et par un spectre discontinu, dans le cas d'impulsions répétées, les deux spectres étant caractérisés par une gamme de fréquences plus large que celle du récepteur de mesure spécifié dans la CISPR 16-1-1.

4.3 Fonctions de détection

En fonction du type de perturbation, les mesures peuvent être effectuées au moyen d'un récepteur équipé des détecteurs suivants:

- a) détecteur de valeur moyenne utilisé généralement pour la mesure des perturbations à bande étroite et des signaux, en particulier pour différencier les perturbations à bande étroite des perturbations à large bande;
- b) détecteur de quasi-crête utilisé pour la mesure pondérée des perturbations à large bande permettant l'évaluation des nuisances audibles pour un auditeur radiophonique, mais également des perturbations à bande étroite;
- c) détecteur de valeur efficace-moyenne utilisé pour la mesure pondérée des perturbations à large bande permettant l'évaluation de l'effet des perturbations impulsives sur des services de radiocommunication numérique, mais également des perturbations à bande étroite;
- d) un détecteur de crête qui peut être utilisé soit pour des mesures de perturbations à large bande soit à bande étroite.

Les récepteurs de mesure comportant ces détecteurs sont spécifiés dans la CISPR 16-1-1.

5 Connexion du matériel de mesure

5.1 Généralités

L'Article 5 décrit la connexion du matériel de mesure, des récepteurs de mesure et de l'équipement d'appoint tel que les réseaux fictifs (AN) et les sondes de tension et de courant.

5.2 Connexion de l'équipement d'appoint

Le câble de connexion entre le récepteur de mesure et l'équipement d'appoint doit être blindé et son impédance caractéristique doit être adaptée à l'impédance d'entrée du récepteur de mesure. Le résultat de mesure doit tenir compte de l'atténuation due au câble de connexion.

La sortie de l'équipement d'appoint doit être fermée par l'impédance prescrite. Une atténuation minimale de 10 dB entre la sortie de l'AN et l'entrée du récepteur de mesure est exigée pour satisfaire à la tolérance spécifiée de l'impédance de l'AN au niveau de son accès du côté matériel en essai. Cette atténuation peut être intégrée dans l'AN. Pour la protection

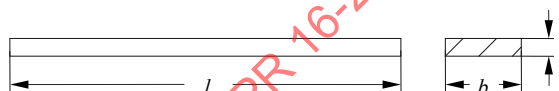
des circuits d'entrée du récepteur, il est recommandé d'utiliser un limiteur de transitoires. Il doit être conçu pour fournir des signaux ayant un niveau maximal à l'entrée du récepteur sans créer d'effets non linéaires.

5.3 Connexions à la masse de référence

Le réseau fictif (AN) doit être connecté à la masse de référence par une impédance RF faible, par exemple en reliant directement le boîtier du réseau AN à la masse de référence d'une cage de Faraday, ou avec un conducteur de faible impédance aussi court et large que possible en pratique (dont le rapport de la longueur maximale sur la largeur est 3:1 et dont l'inductance est inférieure à environ 50 nH, correspondant à une impédance inférieure à environ 10 Ω à 30 MHz). Il est recommandé d'effectuer un essai in-situ du facteur de division en tension comme expliqué dans l'Annexe E. Ceci permettra de détecter, par exemple, une résonance de liaison de masse dans la mise à la masse de l'AN.

NOTE 1 Un conducteur de section rectangulaire (voir dessin ci-après): d'une longueur $l = 30$ cm, d'une largeur $b = 3$ cm, d'une épaisseur $c = 0,02$ cm donnera une inductance L d'environ 210 nH ($X_L = 40$ Ω à 30 MHz), qui est excessive. La valeur de L a été calculée en utilisant l'équation suivante:

$$L = 2l \left(\ln \frac{2l}{b+c} + 0,5 + 0,22 \frac{b+c}{l} \right)$$



où

L est l'inductance du conducteur en nH

l, b, c sont les dimensions du conducteur en cm

Si une telle longueur ne peut être évitée, une largeur aussi grande que possible sera utilisée pour minimiser l'inductance.

La mesure des tensions dissymétriques (en mode dissymétrique) ou aux bornes et des tensions asymétriques (en mode commun) doit être référencée seulement par rapport à la masse de référence. Les boucles de masse (couplage d'impédance de raccordement) doivent être évitées. Les boucles de masse entraîneront une reproductibilité médiocre des mesures et peuvent par exemple être détectées si les composants mis à la masse d'un montage d'essai sont sensibles au toucher. Il convient également d'en tenir compte pour les appareils de mesure (par exemple les récepteurs de mesure et les équipements d'appoint connectés, tels que les oscilloscopes, les analyseurs, les enregistreurs, etc.) équipés d'un conducteur de terre de protection (PE) de classe de sécurité I.

NOTE 3 Une boucle de masse néfaste peut être détectée lorsque les composants d'un montage d'essai sont sensibles au toucher, c'est-à-dire que la lecture varie lorsque le composant est touché.

L'instrumentation de mesure doit être fournie avec une isolation RF de sorte que l'AN dispose d'une seule connexion RF à la terre de référence. Ceci peut être obtenu avec des bobines RF et des transformateurs d'isolement ou en alimentant les appareils de mesure avec des batteries. La Figure 1 illustre un exemple de montage d'essai recommandé avec trois AMN et des bobines PE permettant d'éviter les boucles de masse. Sur cette figure, le câble de connexion RF entre le récepteur et l'AMN peut agir comme connexion à la terre si le récepteur est mis à la terre. Par conséquent, il est nécessaire de disposer d'une bobine PE au niveau de l'entrée d'alimentation du récepteur ou bien, si le récepteur ne se trouve pas dans une cage de Faraday, d'un suppresseur de courant de gaine sur le câble de connexion. Ainsi, chaque AMN est mis à la masse RF une seule fois.

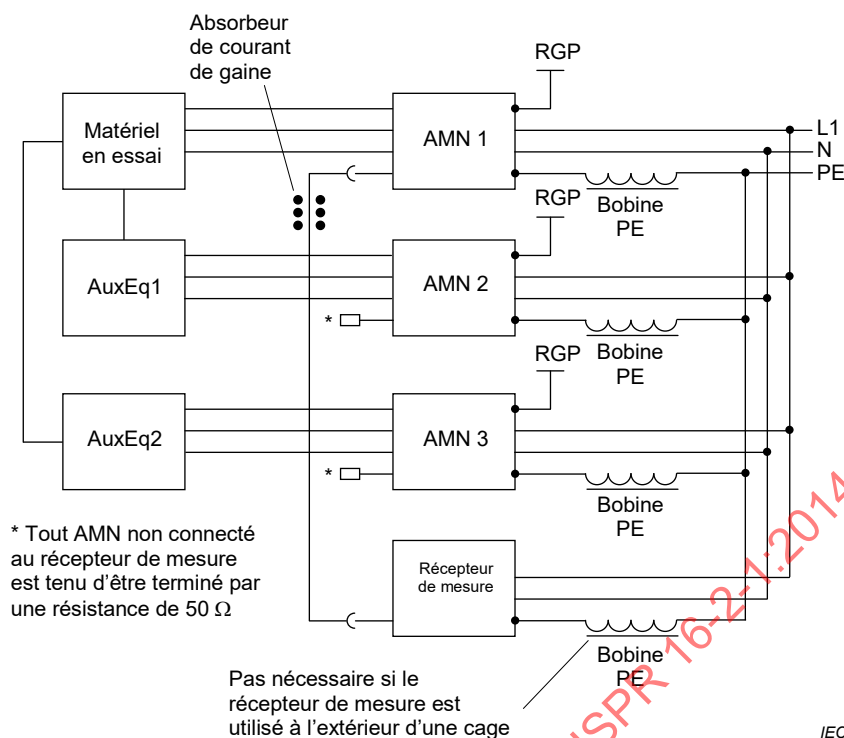


Figure 1 – Exemple d'un montage d'essai recommandé avec bobines PE, trois réseaux fictifs d'alimentation et un absorbeur de courant de gaine sur le câble RF

Pour des raisons de sécurité, en cas de défaut, les bobines PE doivent présenter une faible impédance pour la tension d'alimentation, à fréquence et tension industrielles. La tension de court-circuit aux bornes de la bobine PE doit être inférieure à 4 V. Les bobines PE peuvent être intégrées dans le réseau fictif d'alimentation.

Il convient que l'impédance RF des bobines PE et des absorbeurs de courant de gaine dans la gamme de fréquences des mesures soit élevée par rapport à l'impédance de la connexion du réseau fictif d'alimentation au plan de masse de référence. Les bobines PE disponibles sur le marché ont, par exemple, une inductance de 1,6 mH pour des intensités nominales allant jusqu'à 36 A, mais celles-ci ne sont pas normalisées dans la CISPR 16-1-2. L'atténuation peut être vérifiée conformément à l'Annexe E. Certains réseaux fictifs d'alimentation sont disponibles avec des bobines PE intégrées. La différence de potentiel entre PE et RGP doit être minimisée pour éviter toute saturation des bobines PE par le courant continu ou à basse fréquence qui en résulte et qui traverse les bobines. Si ce courant n'est pas connu, il se peut qu'il soit à mesurer.

NOTE 2 Les courants de gaine sont des courants RF circulant sur l'écran de câbles (par exemple coaxiaux) blindés et sont une source d'incertitude de mesure. Les absorbeurs de courant de gaine ont pour but de réduire ces courants.

Pour le traitement de la connexion PE du matériel en essai à la masse de référence, voir l'Article A.4.

Les configurations d'essai fixes de réseaux fictifs d'alimentation ne nécessitent pas de connexion au conducteur de terre de protection si la masse de référence est connectée directement et satisfait aux exigences de sécurité relatives aux conducteurs de terre de protection (connexions PE).

5.4 Connexion entre le matériel en essai et le réseau fictif

Les grandes lignes concernant le choix des connexions du matériel en essai au réseau AMN, avec ou sans mise à la masse, sont exposées à l'Annexe A. Les mêmes lignes directrices

s'appliquent au choix de connexions de matériel en essai à d'autres types d'AN utilisés pour relier les accès autres que les accès d'alimentation secteur en courant alternatif basse tension.

6 Exigences et conditions générales de mesure

6.1 Généralités

Dans les limites d'incertitude admises par la CISPR 16-4-2, les mesures de perturbations radioélectriques doivent être:

- reproductibles, c'est-à-dire indépendantes de leur emplacement et des conditions environnementales, en particulier du bruit ambiant;
- dénuées d'interactions, c'est-à-dire que la connexion du matériel en essai au matériel de mesure ne doit influencer ni le fonctionnement du matériel en essai ni la précision du matériel de mesure.

Ces exigences peuvent être satisfaites si l'on observe les conditions suivantes:

- a) existence d'un rapport signal/bruit suffisant au niveau de mesure désiré, par exemple au niveau de la limite de perturbation appropriée;
- b) définition de l'installation de mesure, des conditions de raccordement et de fonctionnement du matériel en essai;
- c) dans le cas de mesure avec une sonde de tension sur le réseau d'alimentation, la sonde doit avoir une tension de 1,5 k Ω , comme spécifié dans la CISPR 16-1-2; pour des mesures sur d'autres circuits, il peut s'avérer nécessaire d'augmenter l'impédance (fournie par exemple par des sondes de tension actives) pour éviter une surcharge excessive des circuits à impédance élevée;
- d) dans le cas de mesures avec une sonde de tension, la sonde doit avoir une impédance dans le circuit de mesure de 1 Ω maximum, comme spécifié dans la CISPR 16-1-2.

6.2 Perturbation non produite par le matériel en essai

6.2.1 Généralités

Le rapport signal/bruit de mesure, par rapport au bruit ambiant, doit satisfaire aux exigences suivantes. Si le bruit ambiant dépasse le niveau exigé, il doit être enregistré dans le rapport d'essai.

6.2.2 Essais de conformité

Un site d'essai doit permettre de distinguer les émissions du matériel en essai du bruit ambiant. Il convient que le niveau de bruit ambiant soit d'au moins 20 dB inférieur à la limite spécifiée. Pour les essais in situ, il convient que le niveau de bruit ambiant soit d'au moins 6 dB inférieur à la limite spécifiée. Dans le cas des essais in situ, le niveau de perturbation plus le bruit ambiant ne doivent pas dépasser la limite. Si le niveau de perturbation plus le bruit ambiant dépassent la limite, il est alors nécessaire de prendre d'autres mesures, par exemple réduire la largeur de bande, appliquer des dispositions de suppression du bruit ambiant, modifier la fréquence, etc. L'adéquation de l'emplacement pour le niveau ambiant autorisé peut être déterminée en effectuant une mesure du niveau de bruit ambiant avec le matériel en essai en place, mais hors fonctionnement.

NOTE L'Annexe A de la CISPR 16-2-3:2010 [3] fournit des recommandations pour la mesure des perturbations en présence d'émissions de bruit ambiant.

6.3 Mesure d'une perturbation continue

6.3.1 Perturbation continue à bande étroite

Le réglage du récepteur de mesure doit être maintenu sur la fréquence discrète examinée et modifié si la fréquence fluctue.

6.3.2 Perturbation continue à large bande

Pour estimer une perturbation continue à large bande dont le niveau est fluctuant, on doit trouver la valeur maximale reproductible de la mesure; voir 6.5.1 pour plus de détails.

6.3.3 Utilisation d'analyseurs de spectre et de récepteurs à balayage

Les analyseurs de spectre et les récepteurs à balayage sont utiles pour mesurer les perturbations, particulièrement afin de réduire le temps de mesure. Cependant, une attention particulière doit être accordée à certaines caractéristiques de ces instruments, notamment: la surcharge, la linéarité, la sélectivité, la réponse normale aux impulsions, la vitesse de balayage en fréquence, l'interception du signal, la sensibilité, la précision en amplitude et la détection de crête, de valeur moyenne et de quasi-crête. Ces caractéristiques sont examinées à l'Annexe B.

6.4 Disposition et conditions de mesure du matériel en essai

6.4.1 Disposition du matériel en essai

6.4.1.1 Généralités

Lorsque cela n'est pas spécifié dans la norme de produits, le matériel en essai doit être configuré comme décrit dans les alinéas suivants.

Le matériel en essai doit être installé, disposé et doit fonctionner d'une façon compatible avec ses applications types. Lorsque le fabricant a spécifié ou recommandé une pratique d'installation, cette pratique doit être utilisée dans la disposition d'essai, lorsque la pratique le permet. Cette disposition doit être typique d'une pratique d'installation normale. Les câbles, charges et dispositifs d'interface doivent être connectés à au moins un des accès d'interface de chaque type du matériel en essai et, lorsque la pratique le permet, chaque câble doit être raccordé à un dispositif représentatif d'une utilisation réelle.

Lorsqu'il y a des accès multiples du même type, il peut être nécessaire d'ajouter au matériel en essai des câbles, charges ou dispositifs, selon les résultats des essais préliminaires. Il convient de limiter le nombre de câbles ou fils supplémentaires du même type à condition que l'ajout d'un autre câble ou fil ne change pas significativement le niveau de perturbation, c'est-à-dire ne le fasse pas varier de plus de 2 dB, sous réserve que le matériel en essai reste conforme. Les explications concernant le choix de la configuration et les dispositifs reliés aux accès doivent être données dans le rapport d'essai.

Il convient que les câbles d'interconnexion soient du type et de la longueur spécifiés dans le cahier des charges du matériel particulier. Si la longueur peut être modifiée, celle qui produit la perturbation maximale doit être retenue.

Si des câbles blindés ou spéciaux sont utilisés lors des essais pour obtenir la conformité, une note doit être incluse dans le manuel d'instructions indiquant la nécessité d'utiliser de tels câbles.

Les longueurs excessives de câbles doivent être regroupées en faisceaux approximativement au centre du câble, chaque faisceau mesurant 30 cm à 40 cm de longueur. S'il n'est pas possible de procéder ainsi en raison de l'encombrement ou de la rigidité des câbles, la disposition du câble en excès doit être notée précisément dans le rapport d'essai.

Lorsqu'il y a plusieurs accès d'interface du même type, la connexion d'un câble à un seul accès de ce type est suffisante, à condition que l'on puisse démontrer que les câbles additionnels n'ont pas d'influence significative sur les résultats.

Tout ensemble de résultats doit être accompagné d'une description complète de l'orientation des câbles et du matériel de façon à pouvoir reproduire les résultats. Si des conditions spécifiques d'utilisation sont nécessaires pour satisfaire aux limites, elles doivent être spécifiées et documentées, par exemple, la longueur de câble, le type de câble, le blindage et la mise à la masse. Ces conditions doivent être incluses dans les instructions fournies à l'utilisateur.

Un matériel qui comporte un grand nombre de modules (par exemple des tiroirs et des cartes enfichables) doit être soumis à essai avec un mélange et un nombre représentatifs de ce qui est utilisé dans une installation type. Il convient de limiter le nombre de modules ou de cartes enfichables du même type à condition que l'ajout d'un autre module ou carte enfichable ne change pas significativement le niveau de perturbation, c'est-à-dire ne le fasse pas varier de plus de 2 dB, sous réserve que le matériel en essai reste conforme. Il convient de mentionner dans le rapport d'essai les explications concernant le choix du nombre et du type de modules.

Un système constitué d'un certain nombre d'unités distinctes doit être configuré de manière à constituer une configuration représentative minimale. Le nombre et le mélange d'unités inclus dans la configuration d'essai doivent être normalement représentatifs de ce qui est utilisé dans une installation type. Il convient de mentionner dans le rapport d'essai les explications concernant le choix des unités.

Un module de chaque type doit être fonctionnel dans chaque matériel évalué dans un EUT. Pour un matériel en essai comprenant un système, un de chaque type de matériel qui peut être inclus dans une configuration possible du système doit être inclus dans le matériel en essai.

Les résultats d'évaluation des matériels en essai comportant un module de chaque type peuvent être appliqués à des configurations comportant au moins deux modules de chaque type.

NOTE Il a été constaté que les perturbations provenant de modules identiques ne s'additionnent généralement pas dans la pratique.

La position du matériel en essai par rapport au plan de masse de référence doit être équivalente à celle qui est utilisée. En conséquence, un matériel posé au sol est placé sur un plan de masse de référence, en étant toutefois isolé de celui-ci, et un matériel sur table est placé sur une table non conductrice.

Les matériels conçus pour être montés contre un mur doivent être soumis à l'essai comme un matériel en essai sur table. L'orientation du matériel doit être cohérente avec une pratique d'installation normale.

Des combinaisons de types de matériel identifiés ci-dessus doivent également être disposées d'une manière qui corresponde à une pratique d'installation normale. Un matériel conçu pour fonctionner à la fois sur une table et posé au sol doit être soumis à essai comme un matériel sur table, à moins que l'installation habituelle soit posée au sol, dans ce cas cette disposition doit être utilisée.

Les extrémités des câbles de signaux reliés au matériel en essai qui ne sont pas connectées à une autre unité ou à un autre matériel auxiliaire (AuxEq) doivent être raccordées en utilisant l'impédance de terminaison correcte définie dans la norme de produits. Si aucune norme de produits ne peut être appliquée à la configuration particulière, la terminaison doit être définie par le fabricant du matériel en essai et indiquée dans le rapport d'essai.

Les câbles ou autres connexions à un matériel auxiliaire situé en dehors de la zone d'essai doivent descendre jusqu'au sol et être ensuite acheminés jusqu'à l'emplacement où ils quittent le site d'essai.

L'installation d'un matériel auxiliaire (AuxEq) doit être conforme à la pratique d'installation normale. Cela signifie que le matériel auxiliaire (AuxEq) se trouvant sur le site d'essai doit être disposé en utilisant les mêmes conditions que celles qui sont applicables au matériel en essai (par exemple, distance par rapport au plan de masse et isolation par rapport au plan de masse s'il repose sur le sol, disposition du câblage).

6.4.1.2 Disposition d'un matériel sur table

Un matériel prévu pour être utilisé sur une table doit être placé sur une table non conductrice. Les dimensions de la table seront nominale de 1,5 m sur 1,0 m, mais peuvent finalement dépendre des dimensions horizontales du matériel en essai.

Les câbles entre les unités doivent pendre à l'arrière de la table. Si un câble pend à moins de 0,4 m du plan de masse horizontal (ou du sol), l'excédent doit être plié au centre du câble en un faisceau de longueur inférieure à 0,4 m, de telle sorte que le faisceau soit à une distance d'au moins 0,4 m au-dessus du plan de masse de référence horizontal.

Les câbles doivent être positionnés comme pour une utilisation normale.

Si le câble d'entrée de l'accès «alimentation» a une longueur inférieure à 0,8 m (en incluant les alimentations incorporées dans la fiche d'alimentation électrique), un cordon prolongateur doit être utilisé de telle sorte que l'alimentation extérieure soit posée sur la table. Le cordon prolongateur doit avoir des caractéristiques similaires à celles du câble d'alimentation électrique (ce qui inclut le nombre de conducteurs et la présence d'une connexion de masse). Le cordon prolongateur doit être traité comme s'il faisait partie du câble d'alimentation électrique.

Dans les dispositions ci-dessus, le câble situé entre le matériel en essai et l'accessoire d'alimentation doit être disposé sur la table de la même manière que les autres câbles reliant les composants du matériel en essai.

6.4.1.3 Disposition d'un matériel posé au sol

Le matériel en essai doit être placé sur le plan de masse de référence (RGP) horizontal, orienté pour une utilisation normale, mais l'isolation entre les contacts métalliques et le RGP doit être de 15 cm maximum.

Les câbles doivent être isolés (jusqu'à 15 cm) du RGP horizontal. Si le matériel nécessite une connexion de masse dédiée, celle-ci doit alors être prévue et fixée au RGP horizontal.

Les câbles entre les unités (entre les unités constituant le matériel en essai ou entre le matériel en essai et tout matériel auxiliaire) doivent descendre jusqu'au RGP horizontal, mais demeurer isolés de ce dernier. Tout excédent doit être replié au centre du câble en un faisceau ne dépassant pas 0,4 m de longueur ou être agencé en forme de serpent. Si la longueur d'un câble entre les unités n'est pas suffisamment grande pour descendre jusqu'au RGP horizontal, mais descend jusqu'à moins de 0,4 m, la partie en excès doit être repliée au centre du câble en un faisceau ne dépassant pas 0,4 m de longueur. Le faisceau doit être disposé de telle sorte qu'il soit à 0,4 m au-dessus du RGP horizontal ou à la hauteur du point d'entrée ou du point de connexion du câble si celui-ci est à moins de 0,4 m du RGP horizontal.

Pour un matériel muni de support vertical de câbles, le nombre de supports doit être typique de la pratique d'une installation. Si le support est réalisé en matériau non conducteur, une distance minimale d'au moins 0,2 m doit être maintenue entre la partie la plus proche du matériel et le câble vertical le plus proche. Si la structure du support est conductrice, la

distance minimale de 0,2 m doit se trouver entre les parties les plus proches du matériel et la structure du support.

6.4.1.4 Disposition de combinaisons de matériel sur table et posé au sol

Les câbles entre les unités situées entre un matériel sur table et un matériel posé au sol doivent voir leur excédent replié en un faisceau dont la longueur n'est pas supérieure à 0,4 m. Le faisceau doit être mis en place de sorte qu'il soit à 0,4 m au-dessus du RGP horizontal soit à la hauteur du point d'entrée ou de connexion du câble si celui-ci est à moins de 0,4 m du RGP horizontal.

6.4.2 Conditions de charge normales

Les conditions de charge normales doivent être celles définies dans la norme de produits correspondant au matériel en essai; pour les matériels en essai qui ne sont pas couverts par une norme de produits, elles doivent correspondre aux instructions du fabricant.

6.4.3 Durée de fonctionnement

La durée de fonctionnement (durée pendant laquelle les perturbations peuvent être mesurées), dans le cas des matériels en essai à durée de fonctionnement assignée donnée, doit être conforme au marquage; dans tous les autres cas, il n'y a pas de limite de durée.

6.4.4 Durée de fonctionnement préalable/de préchauffage

Aucune durée de fonctionnement préalable/de préchauffage particulière n'est spécifiée, mais, avant d'effectuer les mesures, le matériel en essai doit avoir fonctionné pendant un temps suffisant afin de s'assurer que les modes et conditions de fonctionnement (par exemple, température de fonctionnement atteinte, chargement du logiciel terminé et matériel en essai prêt à remplir sa fonction prévue) sont représentatifs de ceux qui se présentent au cours de la vie du matériel. L'expression «durée de fonctionnement préalable» s'applique aux matériels en essai qui comportent des moteurs électriques. Pour certains matériels en essai, des conditions d'essai spéciales peuvent être spécifiées dans les publications de produits appropriées.

6.4.5 Alimentation

Le matériel en essai doit être alimenté à sa tension assignée. Les matériels en essai prévus pour plusieurs tensions assignées doivent être soumis aux essais à la tension assignée qui provoque la perturbation maximale. Les normes de produits peuvent demander des mesures supplémentaires aux tensions d'alimentation dans la plage assignée de tension d'alimentation si, par exemple, les niveaux de perturbations varient considérablement en fonction de la tension d'alimentation réelle utilisée pendant les mesures.

6.4.6 Mode de fonctionnement

Le matériel en essai doit fonctionner dans les conditions d'utilisation prévues par le fabricant qui provoquent la perturbation maximale à la fréquence de mesure.

6.4.7 Fonctionnement d'un matériel à fonctions multiples

Un matériel à fonctions multiples, qui est couvert à la fois par différents articles d'une norme de produits et/ou de normes différentes, doit être soumis à essai avec chaque fonction opérant de manière isolée si cela peut être obtenu sans modification interne du matériel. Le matériel ainsi soumis à essai doit être considéré comme satisfaisant aux exigences de tous les articles/normes lorsque chacune de ses fonctions aura satisfait aux exigences de l'article/norme applicables.

Lorsqu'il n'est en pratique pas possible d'effectuer les essais avec chaque fonction opérant séparément, ou si la séparation d'une fonction particulière pourrait empêcher le matériel de