

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



BASIC EMC PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

**Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 4-19: Testing and measurement techniques – Test for immunity to
conducted, differential mode disturbances and signalling in the frequency range
2 kHz to 150 kHz at a.c. power ports**

**Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Partie 4-19: Techniques d'essai et de mesure – Essai pour l'immunité aux
perturbations conduites en mode différentiel et à la signalisation dans la gamme
de fréquences de 2 kHz à 150 kHz, aux accès de puissance à courant alternatif**





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 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 more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 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 plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



BASIC EMC PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

Electromagnetic compatibility (EMC) –

Part 4-19: Testing and measurement techniques – Test for immunity to conducted, differential mode disturbances and signalling in the frequency range 2 kHz to 150 kHz at a.c. power ports

Compatibilité électromagnétique (CEM) –

Partie 4-19: Techniques d'essai et de mesure – Essai pour l'immunité aux perturbations conduites en mode différentiel et à la signalisation dans la gamme de fréquences de 2 kHz à 150 kHz, aux accès de puissance à courant alternatif

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 33.100.20

ISBN 978-2-8322-1565-4

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	8
3.1 Terms and definitions.....	8
3.2 Abbreviations.....	9
4 General	9
5 Test levels and wave profiles in the frequency range 2 kHz to 150 kHz	10
5.1 Test levels for differential voltage testing	10
5.1.1 General	10
5.1.2 Test wave profile with CW pulses with pause.....	11
5.1.3 Test wave profile with rectangularly modulated pulses.....	12
5.2 Test levels for differential current testing	12
5.2.1 General	12
5.2.2 Test wave profile with CW pulses with pause.....	13
5.2.3 Test wave profile with rectangularly modulated pulses.....	13
6 Test equipment.....	13
6.1 Test generators	13
6.1.1 General	13
6.1.2 Characteristics and performance of the generator for the differential voltage test.....	14
6.1.3 Characteristics and performance of the generator for the differential current test	14
6.2 Verification of the characteristics of the test generators	15
6.2.1 General	15
6.2.2 Verification of the generators.....	15
6.2.3 Verification of the coupling/decoupling network	16
7 Test setups.....	17
7.1 Test setup for differential mode voltage testing	17
7.2 Test setup for differential mode current test	18
8 Test procedure	18
8.1 General.....	18
8.2 Laboratory reference conditions	19
8.2.1 Climatic conditions	19
8.2.2 Electromagnetic conditions	19
8.3 Execution of the test	19
9 Evaluation of test results	19
10 Test report.....	20
Annex A (informative) Interference sources, victims and effects.....	21
Annex B (informative) Selection of test levels	25
Annex C (informative) Testing electricity meters guideline	27
C.1 Example of the basic structure of a test generator for differential current testing.....	27
C.2 Example of a test circuit.....	28

C.3 Example of a realized setup including schematics	29
Annex D (informative) Test wave profiles	30
Bibliography	31
Figure 1 – Frequency vs. amplitude profile for differential voltage testing	11
Figure 2 – Test wave profile with CW pulses with pause	12
Figure 3 – Test wave profile with rectangularly modulated pulses for differential voltage testing	12
Figure 4 – Example of a simplified circuit diagram with the major elements of the differential voltage test generator	14
Figure 5 – Test setup for verification of the CDN in a 10 Ω measurement system	16
Figure 6 – Limit for the damping characteristics measured in a 10 Ω measurement system	17
Figure 7 – Example of test setup for differential mode voltage testing with auxiliary equipment	17
Figure 8 – Example of test setup for differential mode current testing	18
Figure A.1 – Standards dealing with voltage levels due to non-intentional emissions in the frequency range 2 kHz to 150 kHz	23
Figure A.2 – Standards dealing with voltage levels due to intentional emissions in the frequency range 2 kHz to 150 kHz	24
Figure C.1 – Simplified circuit of a differential current test generator	27
Figure C.2 – Example of a test circuit	28
Figure C.3 – Example for a realized test set up	29
Table 1 – Test levels in the 2 kHz to 150 kHz frequency range for differential voltage testing	10
Table 2 – Test levels in the 2 kHz to 150 kHz frequency range for differential current testing	13

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –**Part 4-19: Testing and measurement techniques – Test for immunity to conducted, differential mode disturbances and signalling in the frequency range 2 kHz to 150 kHz at a.c. power ports**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61000-4-19 has been prepared by subcommittee 77A: EMC – Low frequency phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

It forms Part 4-19 of IEC 61000. It has the status of a basic EMC publication in accordance with IEC Guide 107.

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

FDIS	Report on voting
77A/845/FDIS	77A/854/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 61000 series, published under the general title *Electromagnetic compatibility (EMC)*, can be found on the IEC website.

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

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

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.

INTRODUCTION

IEC 61000 is published in separate parts, according to the following structure:

Part 1: General

- General considerations (introduction, fundamental principles)
- Definitions, terminology

Part 2: Environment

- Description of the environment
- Classification of the environment
- Compatibility levels

Part 3: Limits

- Emission limits
- Immunity limits (in so far as they do not fall under the responsibility of the product committees)

Part 4: Testing and measurement techniques

- Measurement techniques
- Testing techniques

Part 5: Installation and mitigation guidelines

- Installation guidelines
- Mitigation methods and devices

Part 6: Generic standards

Part 9: Miscellaneous

Each part is further subdivided into several parts, published either as international standards or as technical specifications or technical reports, some of which have already been published as sections. Others are published with the part number followed by a dash and a second number identifying the subdivision (example: IEC 61000-6-1).

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4-19: Testing and measurement techniques – Test for immunity to conducted, differential mode disturbances and signalling in the frequency range 2 kHz to 150 kHz at a.c. power ports

1 Scope

This part of IEC 61000 relates to the immunity requirements and test methods for electrical and electronic equipment to conducted, differential mode disturbances and signalling in the range 2 kHz up to 150 kHz at a.c. power ports.

The object of this standard is to establish a common and reproducible basis for testing electrical and electronic equipment with the application of differential mode disturbances and signalling to a.c. power ports. This standard defines:

- test waveforms;
- range of test levels;
- test equipment;
- test setup;
- test procedures;
- verification procedures.

These tests are intended to demonstrate the immunity of electrical and electronic equipment operating at a mains supply voltage up to 280 V (from phase to neutral or phase to earth, if no neutral is used) and a frequency of 50 Hz or 60 Hz when subjected to conducted, differential mode disturbances such as those originating from power electronics and power line communication systems (PLC).

NOTE In some countries, the maximum voltage can be as much as 350 V from phase to neutral.

The immunity to harmonics and interharmonics, including mains signalling, on a.c. power ports up to 2 kHz in differential mode is covered by IEC 61000-4-13.

Emissions in the frequency range 2 kHz to 150 kHz often have both differential mode and common mode components. This standard provides immunity tests only for differential mode disturbances and signalling. It is recommended to perform common mode tests as well, which are covered by IEC 61000-4-16.

2 Normative references

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

IEC 61000-4-13:2002, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-13: Testing and measurement techniques – Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency immunity tests*
Amendment 1:2009

IEC 61000-4-16:1998, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-16: Testing and measurement techniques – Test for immunity to conducted, common mode disturbances in*

the frequency range 0 Hz to 150 kHz

Amendment 1:2001

Amendment 2:2009

3 Terms and definitions

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

NOTE The terms apply to the restricted field of conducted, differential mode disturbances and signalling in the range of 2 kHz up to 150 kHz (not all of these definitions are included in IEC 60050-161).

3.1 Terms and definitions

3.1.1

auxiliary equipment

AE

equipment that is necessary for setting up all functions and assessing the correct performance (operation) of the EUT (equipment under test) during the test

3.1.2

port

particular interface of the specified equipment with the external electromagnetic environment

3.1.3

a.c. power port

port of connection to power supply networks

3.1.4

coupling

interaction between circuits, transferring energy from one circuit to another

3.1.5

coupling network

electrical circuit for the purpose of transferring energy from one circuit to another

3.1.6

immunity (to a disturbance)

ability of a device, equipment or system to perform without degradation in the presence of an electromagnetic disturbance

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-20]

3.1.7

differential mode voltage

symmetrical voltage

voltage between any two of a specified set of active conductors

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-04-08]

3.1.8

differential mode current

I_{Diff}

in a two-conductor cable, or for two particular conductors in a multi-conductor cable, half the magnitude of the difference of the phasors representing the currents in each conductor

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-04-38]

3.1.9**load current** **I_{Load}**

for the EUT which has a dedicated a.c. current measurement port, this is the current at power frequency flowing through the current path of the EUT, e.g. in an electricity meter, typically the load current I_{Load} is flowing through the live wires I_{IN} to I_{OUT} of the meter

3.2 Abbreviations

BB	Broadband
CDN	Coupling/decoupling network
CW	Continuous wave
EUT	Equipment under test
LV	Low voltage
MV	Medium voltage
NB	Narrowband
PLC	Power line communications

4 General

Conducted, differential mode disturbances and signalling in the frequency range 2 kHz up to 150 kHz may influence the performance of equipment and systems installed in all electromagnetic environments. Therefore in this frequency range, differential mode disturbances and signalling are to be taken into account.

As coupling of these disturbances and signalling could be very strong for a.c. power ports but is only relatively weak for all the other ports, the requirements of this standard apply to a.c. power ports only.

The disturbances and signalling are typically generated by:

- power line communication systems;
- power electronic equipment (e.g. power converters, lighting).

Annex A contains information on the interference sources, victims and effects.

Annex D provides the rationale for the test wave profiles and some recommendations for the choice of the tests.

Adequate immunity to these differential mode disturbances and signalling is necessary. To verify such immunity, two tests for voltage and current are defined in this standard, both in the frequency range from 2 kHz to 150 kHz:

- a sweep test performed with CW (continuous wave) pulses with pauses between each pulse;
- a test performed with blocks of rectangularly modulated pulses with four different modulation frequencies.

Typically, voltage tests apply to all equipment, while current tests are intended for equipment with an a.c. current measurement port, such as an electricity meter.

Product committees are free to choose between voltage and current tests, test levels, type of modulation and modulation frequencies.

Nevertheless, it is recommended to perform immunity tests including at least a sweep test performed with CW pulses with pause and another test with rectangularly modulated pulses

with modulation frequencies of 3 Hz and 101 Hz for power frequency at 50 Hz (or 4 Hz and 121 Hz at 60 Hz) which reflect the interference due to inverters and mains communication systems.

NOTE Test levels proposed in Clause 5 may be revised in the future in order to take into account work underway on compatibility levels (IEC 61000-2-2 and IEC 61000-2-12).

5 Test levels and wave profiles in the frequency range 2 kHz to 150 kHz

5.1 Test levels for differential voltage testing

5.1.1 General

Test levels for differential voltage testing to a.c. power ports in the frequency range from 2 kHz up to 150 kHz are given in Table 1.

A guide for the selection of the test level is given in Annex B.

The level in column 1 of Table 1 makes reference to the environment class (Class 1, Class 2, etc.) defined in Annex B. Table 1 gives the preferred values of test voltage levels for equipment used in the corresponding environment class.

Table 1 – Test levels in the 2 kHz to 150 kHz frequency range for differential voltage testing

Level	Open circuit unmodulated test voltage V (r.m.s.)		
	2 kHz to 9 kHz	9 kHz to 95 kHz	95 kHz to 150 kHz
1	0,5	0,5 to 0,1	0,1
2	3	3 to 0,6	0,6
3	12	12 to 2,4	2,4
4	20	20 to 10	10
X ^a	Special	Special	Special
^a "X" can be any level, above, below or in between the others. The level shall be specified by the product standard.			

As shown in Figure 1, where the profile for each of the open circuit test voltage defined in Table 1 in relation to the frequency is given, the test voltage varies with frequency as follows:

- the level is constant from 2 kHz to 9 kHz;
- the logarithm of the level decreases linearly with the logarithm of the frequency from 9 kHz to 95 kHz;
- the level is constant from 95 kHz to 150 kHz.

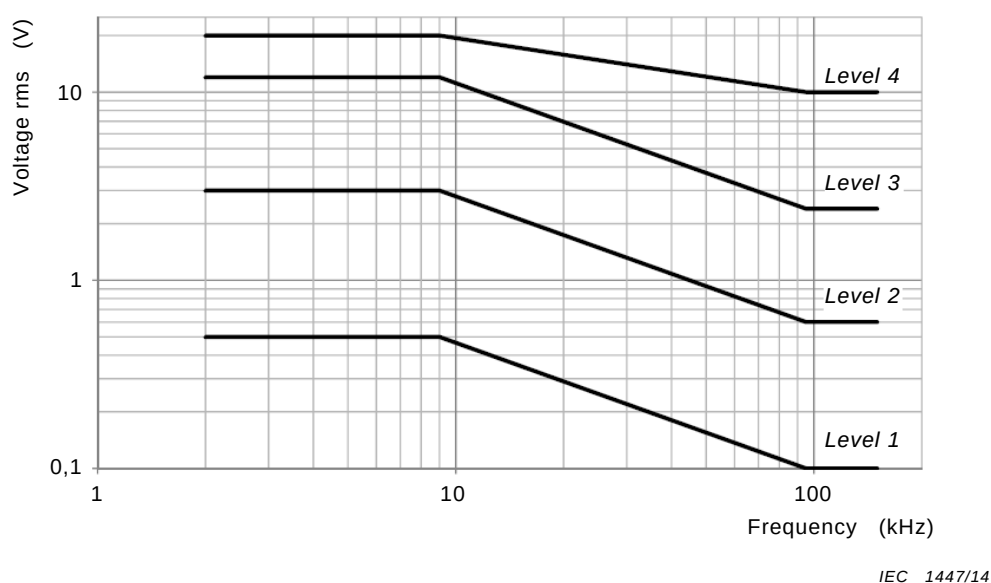


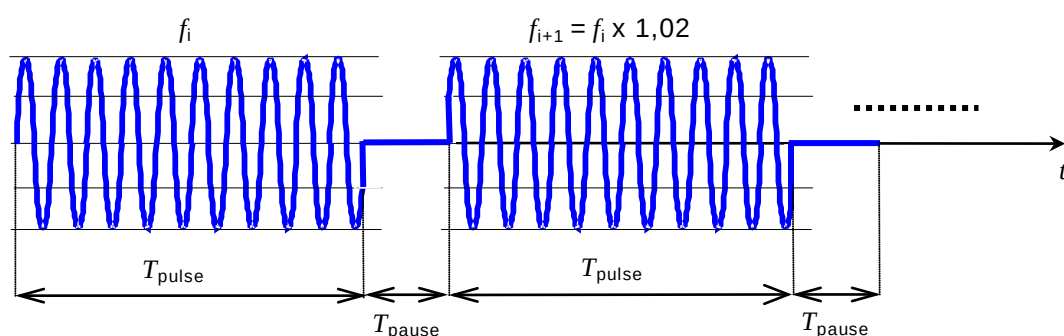
Figure 1 – Frequency vs. amplitude profile for differential voltage testing

On the basis of investigations currently available (see Annex A), differential mode tests with two types of modulation are required: one with CW pulses with pauses between each pulse (5.1.2, respectively 5.2.2), and another with blocks of rectangularly modulated pulses (5.1.3, respectively 5.2.3).

5.1.2 Test wave profile with CW pulses with pause

The test is carried out by applying a sequence of pulses of a sinusoidal signal (CW) with an increasing frequency f_i ranging from 2 kHz to 150 kHz and pauses of a defined duration as follows (see also Figure 2):

- Each CW pulse has a duration (dwell time) of T_{pulse} .
- Between each CW pulse the level of the test signal (voltage or current) is zero for a period of $T_{\text{pause}} = 300 \text{ ms}$ with a tolerance of $\pm 200 \text{ ms}$.
- The dwell time T_{pulse} shall not be less than the time necessary for the EUT to be exercised and to respond, but shall not be less than 3 s. Product committees may consider requiring longer dwell times.
- The duration of one test cycle for a specific CW test frequency is $T_{\text{pulse}} + T_{\text{pause}}$.
- The start frequency of the CW test signal shall be 2 kHz and the frequency of the successive CW test signals shall be increased by 2 % with respect to the previous test frequency: $f_i = 1,02 f_{i-1}$.
- The turn-off times at the end of a CW pulse (start of the pause) and the turn-on times at the beginning of a CW pulse (end of the pause) of the test voltages (at frequencies f_i , f_{i+1} , ...) need not be synchronized with the zero crossings of the CW test signal.



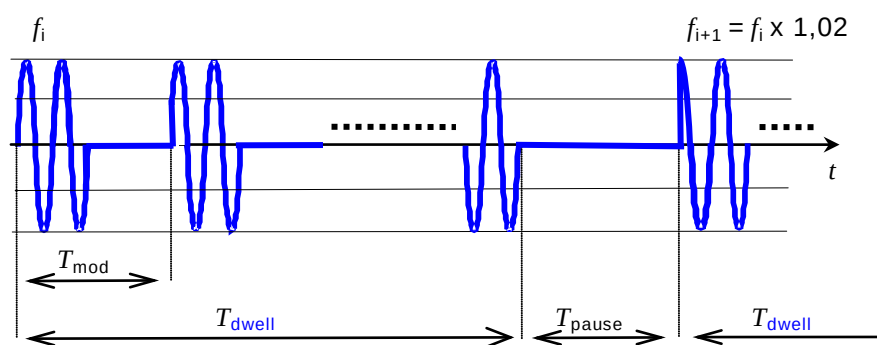
IEC 1448/14

Figure 2 – Test wave profile with CW pulses with pause

5.1.3 Test wave profile with rectangulary modulated pulses

The test is performed by applying a sequence of pulses with an increasing frequency ranging from 2 kHz to 150 kHz that is pulse-modulated with four different modulation frequencies with a duty cycle of 50 % as follows (see also Figure 3):

- The sequence of pulses at frequency f_i for a chosen modulation frequency has a duration (dwell time) of $T_{\text{dwell}} = 3$ s.
- The start frequency of the pulses shall be 2 kHz and the frequency of the successive sequence of pulses shall be increased by 2 % with respect to the previous frequency: $f_i = 1,02 f_{i-1}$. Between two dwell times there is a pause of 300 ms with a tolerance of ± 200 ms. For the four specified tests with rectangulary modulated pulses, the modulation frequencies f_{mod} depend on the applicable mains power frequency as follows:
50 Hz: 3 Hz; 101 Hz; 301 Hz; 601 Hz,
60 Hz: 4 Hz; 121 Hz; 361 Hz; 721 Hz.
- The modulation period T_{mod} for a certain modulation frequency f_{mod} has the following relation: $T_{\text{mod}} = 1/f_{\text{mod}}$
- The turn-off times at the end of a pulse and the turn-on times at the beginning of a pulse need not be synchronized with the zero crossings of the pulses.



IEC 1449/14

Figure 3 – Test wave profile with rectangulary modulated pulses for differential voltage testing

5.2 Test levels for differential current testing

5.2.1 General

Table 2 shows the test levels in the 2 kHz to 150 kHz frequency range for differential current testing.

A guide for the selection of the test level is given in Annex B.

The level in column 1 of Table 2 makes reference to the class environment (Class 1, Class 2, etc.) defined in Annex B. Table 2 gives the preferred values of test current levels for equipment used in the corresponding class environment.

Table 2 – Test levels in the 2 kHz to 150 kHz frequency range for differential current testing

Level	Unmodulated current in A (r.m.s.)	
	2 kHz to 30 kHz	30 kHz to 150 kHz
1	1	0,5
2	2	1
3	3	1,5
4	4	2
X ^a	Special	Special
At the transition frequency, the higher level applies.		
^a "X" can be any level, above, below or in between the others. The level shall be specified by the product standard.		

Two types of differential current test modulation are defined, one with CW pulses with pauses between each pulse (5.2.2), and another with blocks of rectangularly modulated pulses (5.2.3). Product committees shall define if only one or both modulation types shall be applied.

5.2.2 Test wave profile with CW pulses with pause

The same test wave profile as defined for differential voltage testing in 5.1.2 is applicable. Product committees may define frequency step sizes smaller than specified in 5.1.2. As an example, this test profile is applied for electricity meters.

5.2.3 Test wave profile with rectangularly modulated pulses

The same test wave profile as defined for differential voltage testing in 5.1.3 is applicable. Product committees may define frequency step sizes smaller than specified in 5.1.3.

6 Test equipment

6.1 Test generators

6.1.1 General

The features of the test generator for differential voltage testing are given in 6.1.2. The features of the test generator for differential current testing are given in 6.1.3.

All the generators shall have provisions to prevent emissions which, if injected in the power supply network, may influence the test results.

A single electronic a.c. power source for both the differential voltage test and for the differential current test can be used as test generator. For the differential test voltage generator, the values of *C* and *L* included in Figure 4 are determined by the performance requirements.

6.1.2 Characteristics and performance of the generator for the differential voltage test

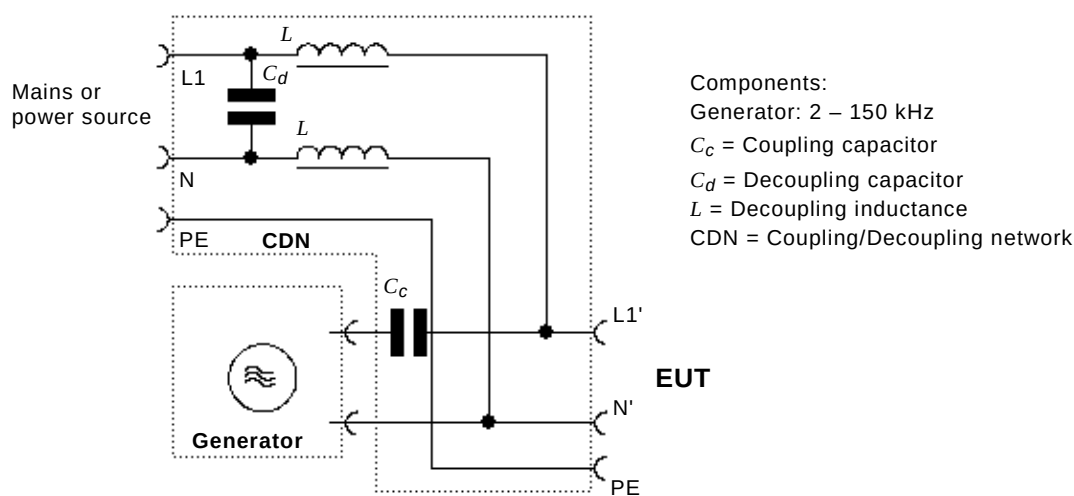
The differential voltage test generator typically consists of a waveform generator capable of covering the frequency band of interest and to provide CW pulses as shown in Figure 2 and modulated pulses as shown in Figure 3.

Differential mode voltage generator:

- waveform: sinusoidal, total harmonic distortion less than 5 % for all the frequencies in the range;
- open circuit output voltage range (r.m.s.): 0,1 V (–10 %) to 20 V (+10 %);
- impedance at EUT connection terminals: 10 Ω ; $\pm$ 30 % across the range 2 kHz to 150 kHz;
- frequency range: 2 kHz to 150 kHz;
- on/off switching of the output voltage: no synchronization to mains of power source;
- tolerance of differential voltage test level: $\pm$ 5 %.

These parameters shall be verified on the EUT port of the coupling network with a short circuit on the mains port.

An example of the schematic in principle of the differential mode test generator is given in Figure 4.



IEC 1450/14

Figure 4 – Example of a simplified circuit diagram with the major elements of the differential voltage test generator

6.1.3 Characteristics and performance of the generator for the differential current test

The differential current test generator typically consists of a waveform generator capable of covering the frequency band of interest and to provide CW pulses as shown in Figure 2 and modulated pulses as shown in Figure 3.

- waveform: sinusoidal, total harmonic distortion less than 5 % for all the frequencies in the range;
- short circuit output current range (r.m.s.): 0,5 A (–10 %) to 4 A (+10 %), see Note;

- impedance: 1 Ω ; $\pm 30\%$ across the range 2 kHz to 150 kHz;
- frequency range: 2 kHz to 150 kHz;
- on/off switching of the output current: no synchronization to mains of power source;
- tolerance of differential current test level $\pm 5\%$.

NOTE A value of 0,01 A instead of 0,5 A of short circuit output current can be necessary for testing transformer connected electricity meters.

These parameters shall be verified on the EUT port of the test configuration. The value 1 Ω of the impedance is obtained from the open circuit voltage divided by the short circuit output current measured at the same frequency.

More detailed information for testing particular equipment such as electricity meters is included in Annex C.

6.2 Verification of the characteristics of the test generators

6.2.1 General

In order to make it possible to compare the results dealing with different test generators, they shall be calibrated or verified for the most essential characteristics.

The following generator characteristics shall be verified:

- output voltage waveform in open circuit,
- output current waveform in short circuit,
- output voltage/current accuracy,
- generator impedance,
- frequency accuracy.

6.2.2 Verification of the generators

The verification of the generators shall be carried out in open circuit for the differential voltage generator with a differential probe of minimum 1 M Ω and in short circuit for the differential current generator with a shunt of maximum 0,01 Ω using an oscilloscope or other equivalent measurement instrumentation with 10 MHz minimum bandwidth.

The accuracy shall be sufficient to comply with voltage, current and impedance requirements.

For the correct setting of the generator and modulated pulse test level, the procedures given in 5.1.2 and 5.1.3 shall be applied.

The generator for voltage testing shall comply with 6.1.2 and test levels of Table 1 in 5.1.1.

The generator for current testing shall comply with 6.1.3 and test levels of Table 2 in 5.2.1.

The coupling/decoupling network (CDN) shall comply with the requirements of 6.2.3.

For differential voltage verification, the open circuit voltage at the EUT port of the CDN shall be measured with the voltage differential probe.

For differential current verification, the short circuit current at the EUT port shall be measured using the shunt.

The impedance shall be verified measuring the values of the open circuit voltage divided by the short circuit output current at 2 kHz and 150 kHz.

6.2.3 Verification of the coupling/decoupling network

The damping characteristics (mains to EUT) of the CDN shown in Figure 4 shall be verified in a 10 Ω measurement system using impedance matching baluns and a network analyser. The generator port should be terminated by 10 Ω or by the generator having 10 Ω output impedance. Figure 5 shows the basic principle of the test setup.

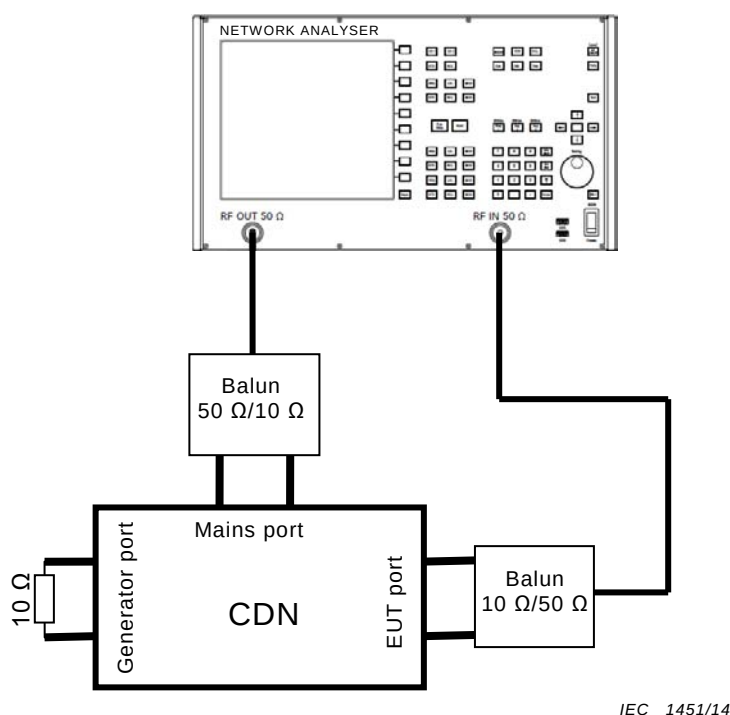


Figure 5 – Test setup for verification of the CDN in a 10 Ω measurement system

The limit for the minimum damping of the coupling network and a measurement example are shown in Figure 6. The limit decreases linearly with the log of the frequency from 10 dB at 2 kHz to 50 dB at 50 kHz and remains constant at 50 dB from 50 kHz to 150 kHz.

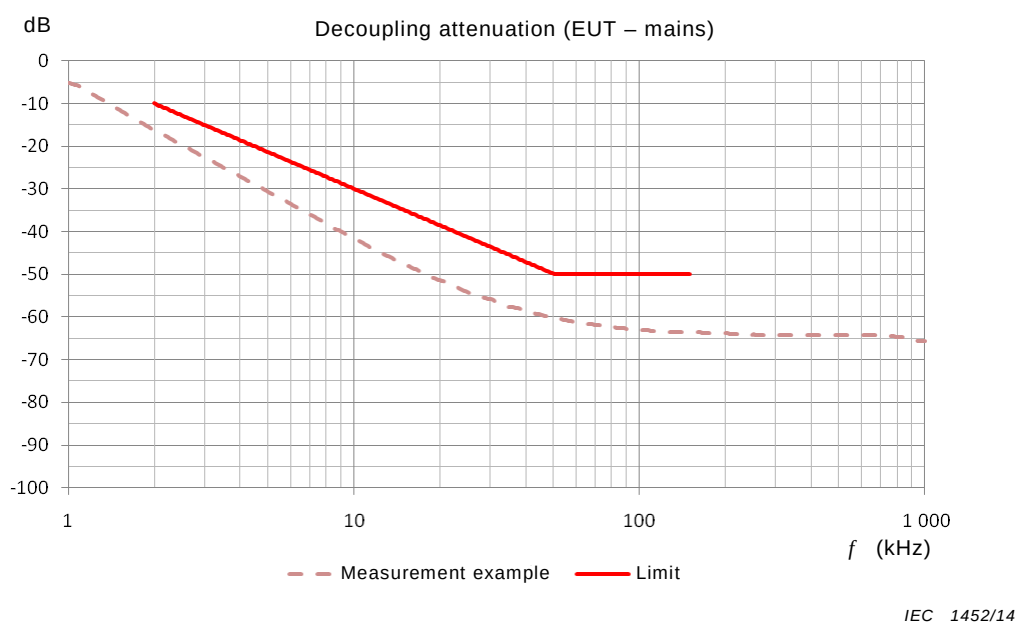


Figure 6 – Limit for the damping characteristics measured in a 10 Ω measurement system

7 Test setups

7.1 Test setup for differential mode voltage testing

A test setup for the differential voltage test defined in 5.1.2 and 5.1.3 is shown in Figure 7.

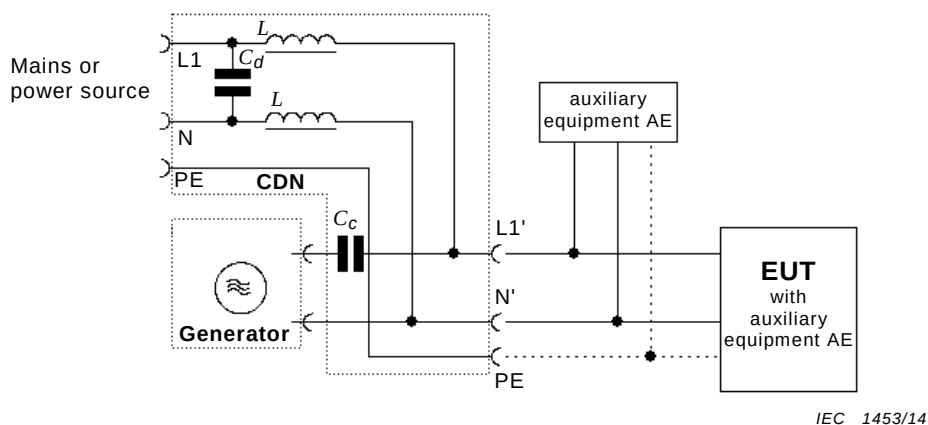


Figure 7 – Example of test setup for differential mode voltage testing with auxiliary equipment

The EUT shall be connected to the earthing system in accordance with the manufacturer's specifications. The equipment under test shall be arranged and connected according to the equipment installation specifications.

The operating signals for exercising the EUT may be provided by the AE or simulator, e.g. a PLC modem.

The cables specified by the equipment manufacturer shall be used; in the absence of specifications, unshielded cables shall be adopted, of the type suitable for the signals involved.

7.2 Test setup for differential mode current test

The differential current test setup, shown in Figure 8, is used with EUTs such as e.g. electricity meters having an a.c. current measurement port. One current is the load current I_{Load} at power frequency and the second is the differential current I_{Diff} in the frequency range from 2 kHz to 150 kHz, flowing only through the current path of EUT. Both currents, I_{Load} and I_{Diff} are generated independently from each other.

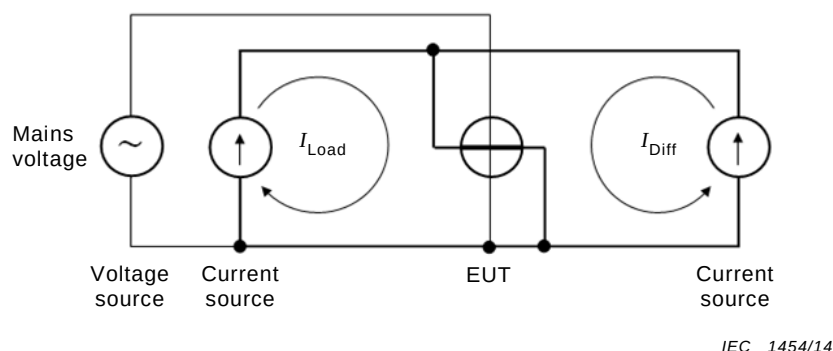


Figure 8 – Example of test setup for differential mode current testing

The method to generate the differential test current I_{Diff} flowing through the a.c. current measurement port of the EUT is not given as specification or requirement in detail. The important parameter is the level of current I_{Diff} flowing into the a.c. current measurement port of the EUT.

The method to generate both the differential current I_{Diff} and the load current I_{Load} is not of interest for the result of the test.

The equipment under test shall be arranged and connected according to the equipment installation specifications.

The cables specified by the equipment manufacturer shall be used; in the absence of specifications, unshielded cables suitable for the signals involved shall be adopted.

8 Test procedure

8.1 General

The test procedure includes:

- the verification of the laboratory reference conditions;
- the verification of the test instrumentation;
- the verification of the correct operation of the EUT;
- the execution of the test.

At the end of the test execution, the evaluation of test results is requested (see Clause 9).

In order to minimize the impact of environmental parameters on test results, the tests shall be carried out in climatic and electromagnetic reference conditions as specified in 8.2.1 and 8.2.2.

8.2 Laboratory reference conditions

8.2.1 Climatic conditions

Unless otherwise specified by the committee responsible for the generic or product standard, the climatic conditions in the laboratory shall be within any limits specified for the operation of the EUT and the test equipment by their respective manufacturers.

Tests shall not be performed if the relative humidity is so high as to cause condensation on the EUT or the test equipment.

Where it is considered that there is sufficient evidence to demonstrate that the effects of the phenomenon covered by this standard are influenced by climatic conditions, this should be brought to the attention of the committee responsible for this standard.

8.2.2 Electromagnetic conditions

The electromagnetic conditions of the laboratory shall not influence the test results.

8.3 Execution of the test

The EUT shall be configured for its normal operating conditions.

The test shall be performed according to a test plan that shall specify:

- the type of test;
- the test level;
- the test duration;
- the EUT's ports to be tested;
- the representative operating conditions of the EUT;
- the auxiliary equipment.

The main steps of the test procedure are as follows:

- preliminary verification of equipment performance;
- verification of the operating performances of input signals, if necessary;
- application of the disturbance.

The test signal shall be applied for a period of time sufficient to allow a complete verification of the EUT's operating performance.

The performance of the EUT shall be monitored continuously and any degradation shall be recorded in the test report.

The test generator shall be connected to a.c. power ports.

When the EUT is equipped with multiphase power inputs, the differential mode test shall be carried out step by step from $L_{1,2,3}$ to N , L_1 to L_2 , L_2 to L_3 , L_3 to L_1 , unless otherwise specified by the product committee.

The performance of the EUT shall be verified against the requirements of the plan.

9 Evaluation of test results

The test results shall be classified in terms of the loss of function or degradation of performance of the equipment under test, relative to a performance level defined by its

manufacturer or the requestor of the test, or agreed between the manufacturer and the purchaser of the product. The recommended classification is as follows:

- a) normal performance within limits specified by the manufacturer, requestor or purchaser;
- b) temporary loss of function or degradation of performance which ceases after the disturbance ceases, and from which the equipment under test recovers its normal performance, without operator intervention;
- c) temporary loss of function or degradation of performance, the correction of which requires operator intervention;
- d) loss of function or degradation of performance which is not recoverable, owing to damage to hardware or software, or loss of data.

The manufacturer's specification may define effects on the EUT which may be considered insignificant, and therefore acceptable.

This classification may be used as a guide in formulating performance criteria, by committees responsible for generic, product and product-family standards, or as a framework for the agreement on performance criteria between the manufacturer and the purchaser, for example where no suitable generic, product or product-family standard exists.

10 Test report

The test report shall contain all the information necessary to reproduce the test. In particular, the following shall be recorded:

- the items specified in the test plan required by Clause 8 of this standard;
- identification of the EUT and any associated equipment, for example, brand name, product type, serial number;
- identification of the test equipment, for example, brand name, product type, serial number;
- any special environmental conditions in which the test was performed, for example, shielded enclosure;
- any specific conditions necessary to enable the test to be performed;
- performance level defined by the manufacturer, requestor or purchaser;
- performance criterion specified in the generic, product or product-family standard;
- any effects on the EUT observed during or after the application of the test disturbance, and the duration for which these effects persist;
- the rationale for the pass/fail decision (based on the performance criterion specified in the generic, product or product-family standard, or agreed between the manufacturer and the purchaser);
- any specific conditions of use, for example cable length or type, shielding or grounding, or EUT operating conditions, which are required to achieve compliance.

Annex A (informative)

Interference sources, victims and effects

Up until now, voltage/current components due to disturbances and signalling in the frequency range 2 kHz to 150 kHz have been considered in standardization only to some limited extent.

Concerning the related differential current and voltages, no immunity requirements have been set up until now and no general emission limitations have been established. Now, compatibility levels, as a basis for setting emission limits and immunity requirements, are under work.

In the frequency range from 2 kHz to 150 kHz, electromagnetic interferences are mainly the results of:

- the operation of electrical equipment, generating non-intentional voltage/current components different from the mains frequency,
- using the mains network for intentional signal transmission, by mains communications systems.

Related voltage/current components occur with the following behaviour in the time-domain:

- with constant envelope over longer time periods, up to some minutes;
- with a non-constant envelope, with typical durations from some tens of ms to several hundreds of ms.

At present, electrical devices that seem to be mostly involved in related electromagnetic interference cases are:

a) as a source of disturbances:

- 1) inverters (e. g. elevator drives, ski lift drives, PV installations);
- 2) smart meters with PLC data transmission;
- 3) switched mode power supplies (e. g. in compact lamps, computers, TVs);
- 4) UPS;
- 5) variable speed drives (e.g. heat pumps);
- 6) DVD players;

b) as a victim, with degraded performance or malfunction:

- 1) smart meters with PLC data transmission;
- 2) solid state meters;
- 3) touch-dimmer lamps (TDL);
- 4) communication systems (e. g. Ethernet-system, ISDN-, ADSL-modems, IP network branch exchange, routers);
- 5) contactless card readers;
- 6) credit card terminals;
- 7) alarm systems;
- 8) electronic controls (e. g. in heating systems, street lighting, traffic lights, urinals);
- 9) household appliances (e. g. steam irons, coffee machines, microwave ovens, ceramic hobs, washing machines);
- 10) notebooks (cursor position);
- 11) road vehicle smart keys;

- 12) TV and radio receivers;
 - 13) time-signal systems;
 - 14) amateur radio;
- c) with the following examples of degradation of performance or malfunction:
- 1) disturbed amateur radio reception of distant transmitters;
 - 2) electronic metering systems with:
 - i) incorrect display of energy supplied at the meter;
 - ii) communication failures/temporary loss of data transmission function due to interfering signals;
 - iii) failed communication due to attenuation through shunting by network user equipment;
 - 3) disturbances of electronic control:
 - i) unintentional switching of TDLs (between light steps, OFF, ON);
 - ii) unintentional switch-on and -off of street lighting;
 - iii) electronic clocks being fast;
 - iv) self-restart of household appliances up to some hours after end of intended operation phase;
 - v) automatic urinal water control switching to permanent operation;
 - vi) loss of traffic light function;
 - vii) incorrect operation of heating systems due to sensor faults;
 - viii) incorrect relay switching in ceramic hobs;
 - ix) insufficient heat, water loss at steam irons.

The disturbance mechanisms have been investigated ([1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8]¹), in particular the mechanism concerning the interference between smart meters and touch dimmer lamps as well as between inverters and smart meters.

Tests for clarifying the interference mechanism between smart meters and touch dimmer lamps showed that:

- 1) irrespective of the modulation method, no interaction occurred due to continuous disturbances when coupling such disturbances (unmodulated or modulated) to the line via the coupling/ decoupling network in common mode;
- 2) on the contrary, similar tests with discontinuous signals, with increasing amplitude, unsymmetrical as well as symmetrical, over a PLC transformer, resulted in different switching effects of the touch dimmer lamps, dependent on the test voltage and the coupling method (including the switching ON of the switched-OFF upright flood light to the first step of brightness) and in the interaction with the brightness control only at rising slope (not at continuous disturbance or falling slope).

In several cases, where electricity meters registered only a part of the energy factually fed into the public supply network from a PV inverter, investigations showed that:

- this malfunction was caused by the ripple current of the inverter, which may influence an electricity meter under certain circumstances;
- in most cases, such ripple currents from inverters have a frequency in the range from 3 kHz to 150 kHz, stemming from the switching frequency of the inverter (several tens of kHz) and its harmonics.

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

Emissions produced by inverters are differential mode currents, occurring in low-impedance networks. Narrow-band PLC systems produce emissions in the same frequency band.

Further investigations are needed and are under way to extend the knowledge of equipment to be considered as proven or potential sources or victims in related EMI cases and the related disturbance mechanisms.

Nevertheless, the available investigation results show discontinuous voltage/current components with differential mode coupling, with transient respectively slowly repetitive character, in particular the sudden rise of an HF voltage, as the generator of such disturbances.

With regard to real power supply networks, it is to be considered that pure common mode (CM) or differential mode (DM) signals never occur, because the unsymmetrical network impedance and the impedance of the connected equipment convert DM signals to CM signals and vice versa.

Therefore, for the frequency range from 2 kHz to 150 kHz, tests with continuous, unmodulated signals and with CM coupling only cannot completely cover the effects of such voltage/current components.

The definition of the source and coupling mechanisms of electromagnetic disturbances in the frequency range from 2 kHz to 150 kHz leads to find some guidance upon the voltage levels expected at the delivery point to a customer at MV and LV under normal condition (see EN 50160).

Indications can also be obtained in IEC 61000-2-5, which gives levels of mains signalling in this frequency range. PLC is addressed in IEC 61000-3-8 and in the EN 50065 series.

Figures A.1 and A.2 show existing standards dealing with non-intentional and intentional emissions.

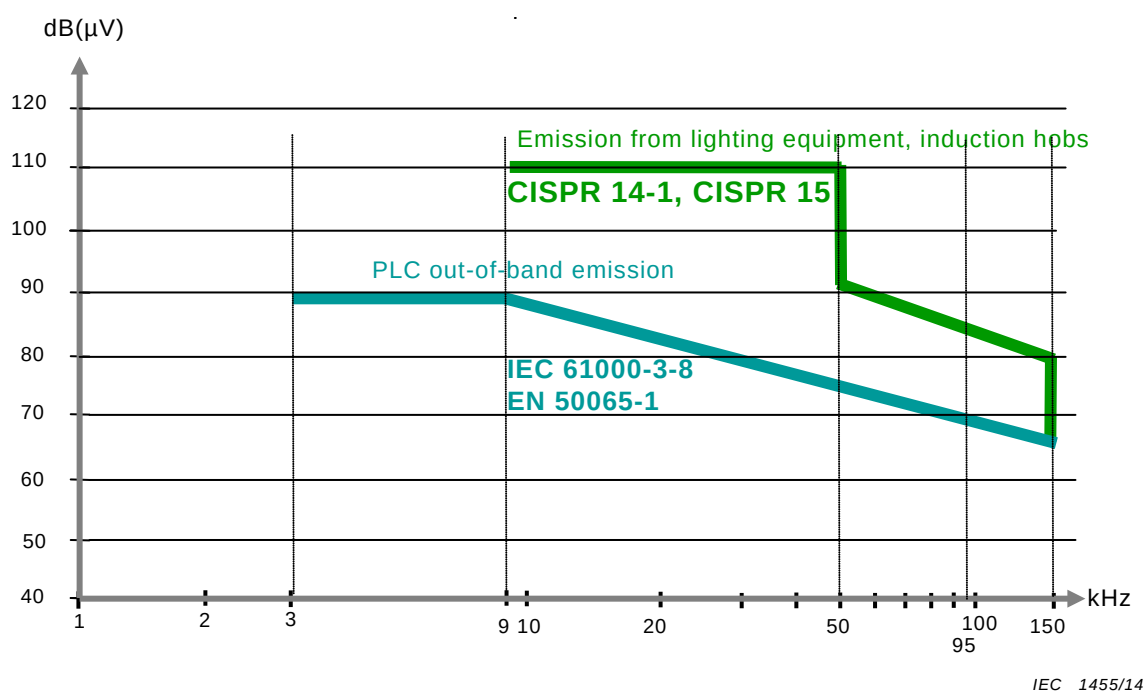


Figure A.1 – Standards dealing with voltage levels due to non-intentional emissions in the frequency range 2 kHz to 150 kHz

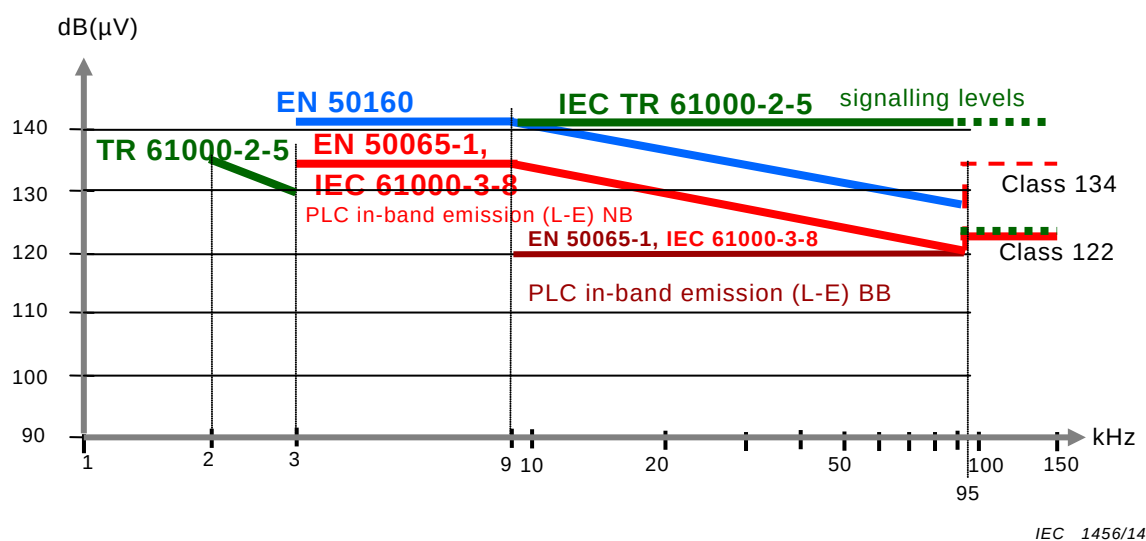


Figure A.2 – Standards dealing with voltage levels due to intentional emissions in the frequency range 2 kHz to 150 kHz

NOTE Figures A.1 and A.2 represent a summary only. The original standards contain important details, such as different measurement methods, that make some curves difficult to compare with each other. The levels given in Table 1 of this standard could be considered reasonable test levels, considering the curves in Figures A.1 and A.2, while awaiting final compatibility levels to be selected and applied in other EMC and in product standards.

Annex B **(informative)**

Selection of test levels

This standard describes different tests. The applicability of each test, the test level and the related acceptance criteria should be defined in the product standards.

In particular, the test levels given in Table 1 and Table 2 of this standard should be selected in accordance with the following distinction of environmental conditions based on the different measure of protection, for applicable disturbance, of mains connected installations and equipment which may be installed anywhere. For example the measure of attenuation offered to signals from disturbing sources could be such a selection criterion.

In order to be in line with the IEC 61000-4-16 standard for common mode disturbances in the same frequency range, the following practical rules may be used to classify the environment:

Class 1: Well protected environment

The installation is characterized by the following attributes:

- separation of the internal power supply network from the mains network, e.g. by dedicated isolation transformers;
- electronic equipment earthed and installed using dedicated filtering preventing interference to and from the network by sufficiently attenuating potential disturbing differential mode signals being transmitted through the installation.

Such special installations may only be found in laboratory and special protected industrial environment. A computer room may be representative of this environment.

Class 2: Protected environment

The installation is characterized by the following attributes:

- direct connection to the low voltage mains network;
- electronic equipment earthed and installed using dedicated filtering preventing interference to and from the network by sufficiently attenuating potential differential mode signals being transmitted through the installation.

Such installations may be present in commercial, residential and industrial environment where dedicated specific measures were made to prevent interferences. The use of power convertors injecting stray currents into the ground network is omitted.

A control room or terminal room located in a dedicated building of industrial plants and power plants may be representative of this environment.

Class 3: Typical residential, commercial and light industrial environment

The installation is characterized by the following attributes:

- direct connection to the low voltage or medium voltage mains network;
- electronic equipment connected to the earthing system of the installation (ground network);
- use of power convertors injecting stray currents into the ground network.

Class 4: Severe industrial environment

The installation is characterized by the following attributes:

- direct connection to the low voltage or medium voltage mains network;
- electronic equipment connected to the earthing system of the installation (ground network) common to HV equipment and systems;
- use of power convertors injecting stray currents into the ground network.

GIS (gas insulated substations) and open-air HV (high voltage) substations, and the related power plant, may be representative of this environment.

This level in general is not applicable to residential and commercial environment.

Class X: Special situations, to be analysed

Special installation conditions may be analysed or investigated, and consequently immunity requirements higher or lower than specified for the different class may be defined.

Annex C (informative)

Testing electricity meters guideline

C.1 Example of the basic structure of a test generator for differential current testing

Examples of test equipment and test setup are given in Figures C.1, C.2 and C.3.

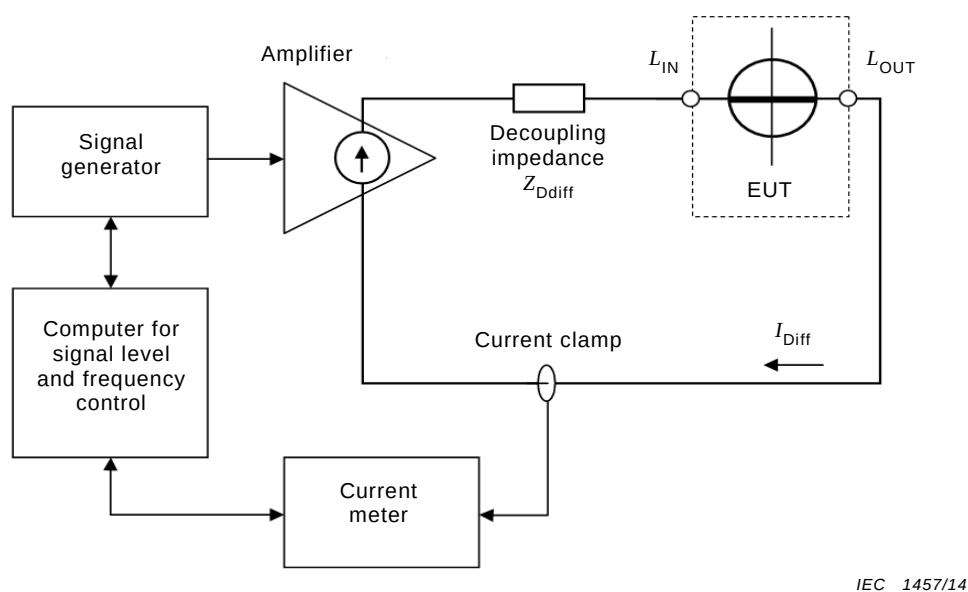
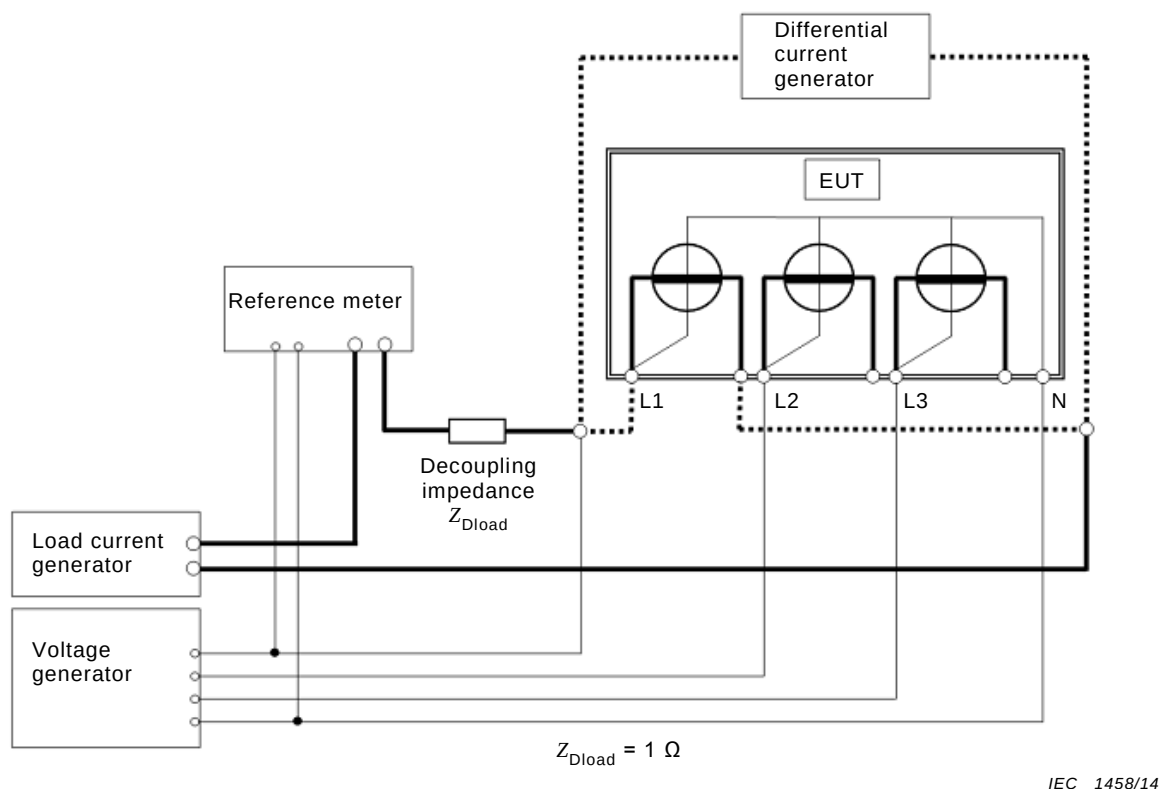


Figure C.1 – Simplified circuit of a differential current test generator

It is important that the test generator impedance (internal impedance of the amplifier plus decoupling impedance Z_{Ddiff}) is at least 100 times higher than the impedance of the EUT (electricity meter) in the frequency range from 2 kHz to 150 kHz.

The current meter is used to verify that the differential currents for the test are within the limits set by the product standard during the test.

C.2 Example of a test circuit



It has to be ensured that the load current flowing through the differential current generator does not disturb the differential current generator.

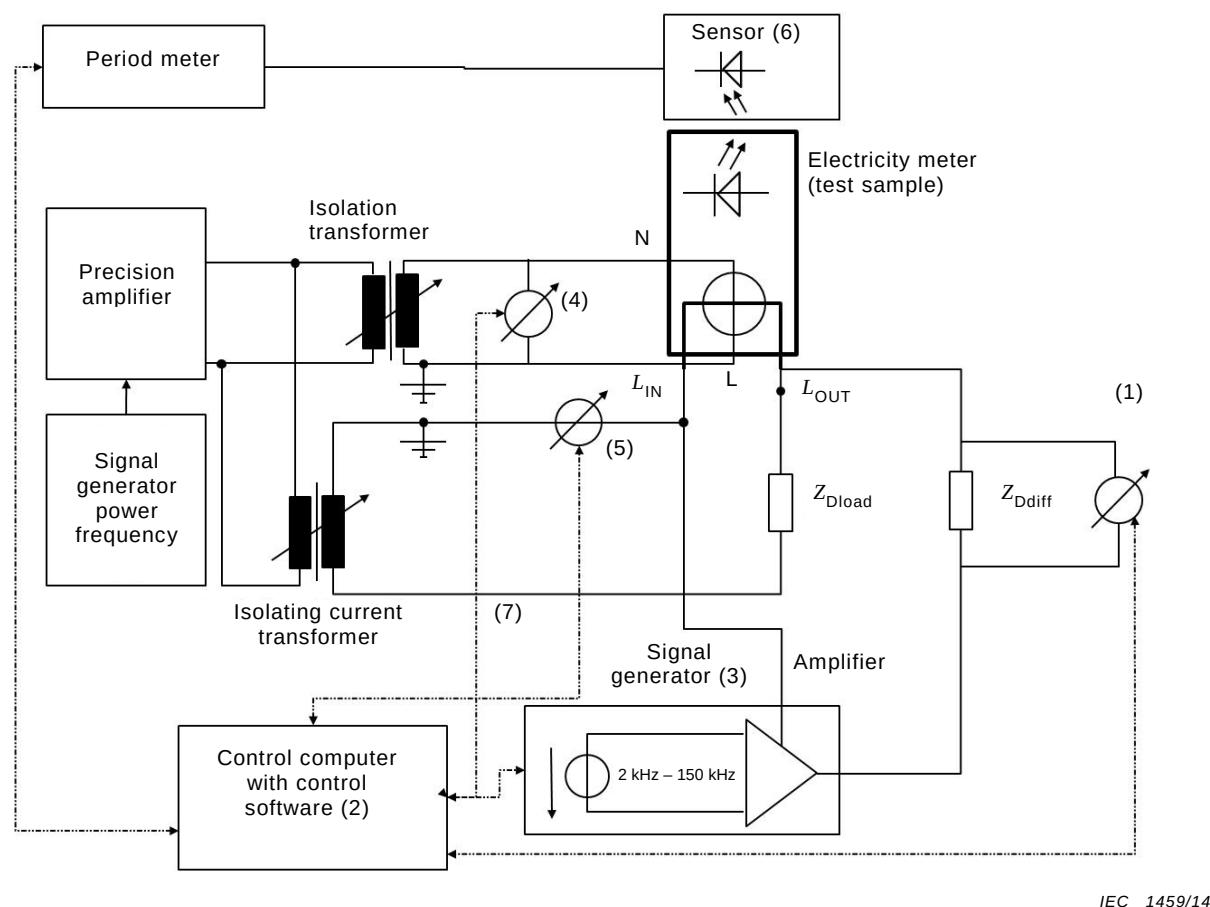
NOTE 1 The 1Ω value for the decoupling impedance Z_{Dload} yields a sufficiently small influence on the differential test current when the impedance of the current path of the meter (including all connection impedances) is $10 \text{ m}\Omega$ or less.

In the case of a load current of 10 A , this yields to a power dissipation of 100 W with a purely ohmic impedance Z_{Dload} of 1Ω . Other values of Z_{Dload} can be chosen, provided that the power factor is within the limits required by the product standard.

NOTE 2 In certain cases it could be advisable to decouple the voltage circuits from the current circuits (e.g. parallel capacitors with low capacitance value).

Figure C.2 – Example of a test circuit

C.3 Example of a realized setup including schematics



The dotted lines in the figure are control lines (e.g. RS 232 and IEC bus 488).

Figure C.3 – Example for a realized test set up

The differential current flowing through L_{IN} to L_{OUT} is measured by the current meter (1). The software (2) increases the signal generator (3) level from zero to the wanted test level in steps. The signal level is increased until the desired test level is reached. Then the signal is applied for the selected dwell time (until the reading of the energy values is stable or as specified by the manufacturer). During the dwell time the line frequency voltage (4) and current (5) are measured and the pulse period of the sensor output (6) is measured also. The average of the current, the voltage and the period is then used for the calculation of the additional percentage error.

Special care has to be taken with the cabling to avoid current loops generating strong magnetic fields around the cables which might disturb the meter directly via a magnetic field coupling.

NOTE A small portion of the differential test current in this setup is flowing through the load current circuit (7) and not through the EUT. However this portion is very small since the impedance of the current path is very low compared to the decoupling resistor in the load current path. This current can be neglected or determined in a pre-test and corrected in the calculation or signal generation. Other measures like an inductor as low pass filter in the current path can also be used.

Annex D (informative)

Test wave profiles

The test specifications reported in Clause 5 are based on two types of possibly occurring interferences which lead to two different test wave profiles as detailed in the following:

- 1) A test wave profile with CW pulses with pauses, which is representative of electromagnetic interferences due to longer-term PLC signalling or emissions from an a.c./d.c. or d.c./a.c. converter.

For simulating the nature of such voltage/current components and therefore for appropriately checking the related susceptibility of electrical equipment, a test with amplitude-modulated a.c. voltage/current is specified, the carrier frequency being swept in the range from 2 kHz to 150 kHz.

Between two CW pulses, a pause is specified, representing the generally time-limited nature of CW voltages/currents in case the disturbing device is switched on and switched off after a certain period. Application of shorter pause times could lead to a situation where basically the given susceptibility, e.g. of touch-controlled devices, would not be possible to be recognized due to the reaction time of some electronic circuit.

For the purpose of the CW test specified in this standard, the duration of these pauses is defined with 300 ms.

- 2) A test wave profile with rectangularly modulated pulses, which is representative of voltage/current components, with frequencies in the range of some tens of kHz, whose envelope changes over time. The time-behaviour of this envelope determines the severity of the disturbing effect.

Overall, four modulation frequencies are specified:

- 101 Hz, 301 Hz and 601 Hz for a power frequency of 50 Hz or 121 Hz, 361 Hz and 721 Hz for a power frequency of 60 Hz,

being representative for electromagnetic interference situations caused by non-intentional voltage/current components from single or three phase a.c./d.c or d.c./a.c inverters, operating synchronously to the network frequency;

- 3 Hz (for 50 Hz power frequency) or 4 Hz (for 60 Hz power frequency), being representative of the keying-behaviour of intentionally generated infed PLC signals.

Bibliography

- [1] J. Kirchhof, G. Klein, Results of the OPTINOS Project – Deficits and Uncertainties in Photovoltaic Inverter Test Procedures, Fraunhofer IWES Institute for Wind Energy and Energy System Technology, 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, 21st to 25th September 2009, Hamburg
- [2] S. Rönnerberg, M. Wahlberg, M. Bollen, A. Larsson, M. Lundmark – Measurements of Interaction between Equipment in the Frequency Range 9 to 95 kHz, 20th CIRED Conference, Prague, 8 – 11/09, Paper 0231
- [3] Seibersdorf Laboratories. Test House for EMC: Certificate No. EMV-E 40/09 concerning disturbances from AMR systems to consumer products connected to the public electricity supply network (dimmer lamps, ceramic hobs), as of 14/10/09
- [4] TÜV-Test report No. M/EMV-09/164, as of 14/5/09 (Conformity test of AMR-PLC meter + concentrator as partner equipment for data transmission, according to EN 50065-1)
- [5] TÜV-Test report No. M/EMV-09/165, as of 14/5/09 (Conformity tests table lamps, according to EN 61547)
- [6] S. Rönnerberg, M. Bollen, M. Wahlberg – Interaction between Narrowband Power-Line Communication and End-User Equipments, IEEE Transactions on power delivery, Vol. 26, No. 3, 3 July 2011
- [7] SC205A/Sec0260/R – Study report on electromagnetic interference between electrical equipment / systems in the frequency range below 150 kHz, CENELEC SC 205A, April 2010
- [8] SC205A/Sec0339/R – Study report on electromagnetic interference between electrical equipment / systems in the frequency range below 150 kHz, CENELEC SC 205A, April 2013

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

IEC 60050-161, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 161: Electromagnetic compatibility*

IEC 60068-1, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 61000-2-2:2002, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-2: Environment – Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems*

IEC/TR 61000-2-5:2011, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-5: Environment – Description and classification of electromagnetic environments*

IEC 61000-2-12:2003, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-12: Environment – Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public medium-voltage power supply systems*

IEC 61000-3-8:1997, *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 3: Limits – Section 8: Signalling on low-voltage electrical installations – Emission levels, frequency bands and electromagnetic disturbance levels*

IEC/TS 62578:2009, *Power electronics systems and equipment – Operation conditions and characteristics of active infeed converter applications*

CISPR 14-1:2005, *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission*

Amendment 1:2008

Amendment 2:2011

CISPR 15:2013, *Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment*

EN 50160:2010, *Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution networks*

EN 50065 (all parts), *Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz*

EN 50065-1:2011, *Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz – Part 1: General requirements, frequency bands and electromagnetic disturbances (harmonised)*

TR 50579:2012, *Electricity metering equipment – Severity levels, immunity requirements and test methods for conducted disturbances in the frequency range 2 – 150 kHz*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	36
INTRODUCTION.....	38
1 Domaine d'application	39
2 Références normatives	39
3 Termes et définitions	40
3.1 Termes et définitions	40
3.2 Abréviations.....	41
4 Généralités.....	41
5 Niveaux d'essai et profils d'ondes dans la gamme de fréquences 2 kHz à 150 kHz.....	42
5.1 Niveaux d'essai pour les essais de tension différentielle	42
5.1.1 Généralités.....	42
5.1.2 Profil d'ondes d'essai avec impulsions à ondes continues avec pause	43
5.1.3 Profil d'ondes d'essai avec impulsions modulées rectangulairement	44
5.2 Niveaux d'essai pour les essais de courant différentiel	45
5.2.1 Généralités.....	45
5.2.2 Profil d'ondes d'essai avec impulsions à ondes continues avec pause	46
5.2.3 Profil d'ondes d'essai avec impulsions modulées rectangulairement	46
6 Matériels d'essai.....	46
6.1 Générateurs d'essai.....	46
6.1.1 Généralités.....	46
6.1.2 Caractéristiques et performances du générateur pour l'essai de tension différentielle.....	46
6.1.3 Caractéristiques et performances du générateur pour l'essai de courant différentiel	47
6.2 Vérification des caractéristiques des générateurs d'essai	48
6.2.1 Généralités.....	48
6.2.2 Vérification des générateurs	48
6.2.3 Vérification du réseau de couplage/découplage	49
7 Montages d'essai.....	50
7.1 Montage d'essai pour les essais de tension en mode différentiel	50
7.2 Montage d'essai pour l'essai de courant en mode différentiel.....	51
8 Procédure d'essai.....	52
8.1 Généralités	52
8.2 Conditions de référence en laboratoire.....	53
8.2.1 Conditions climatiques.....	53
8.2.2 Conditions électromagnétiques	53
8.3 Exécution de l'essai	53
9 Évaluation des résultats d'essai.....	54
10 Rapport d'essai	54
Annexe A (informative) Sources d'interférence, victimes et effets	55
Annexe B (informative) Choix des niveaux d'essai	60
Annexe C (informative) Lignes directrices pour les essais des compteurs d'électricité	62
C.1 Exemple de la structure fondamentale d'un générateur d'essai pour les essais de courant différentiel	62
C.2 Exemple d'un circuit d'essai	63

C.3 Exemple d'une installation réalisée avec schémas	64
Annexe D (informative) Profils d'ondes d'essai.....	66
Bibliographie.....	67
Figure 1 – Profil de tension en fonction de la fréquence pour les essais de tension différentielle	43
Figure 2 – Profil d'ondes d'essai avec impulsions à ondes continues avec pause.....	44
Figure 3 – Profil d'ondes d'essai avec impulsions modulées rectangulairement pour les essais de la tension différentielle.....	45
Figure 4 – Exemple d'un diagramme de circuit simplifié avec les principaux éléments du générateur d'essai à tension différentielle	47
Figure 5 – Installation d'essai pour la vérification du RCD dans un système de mesure de 10 Ω	49
Figure 6 – Limite des caractéristiques d'amortissement mesurée dans un système de mesure de 10 Ω	50
Figure 7 – Exemple d'installation pour les essais de tension en mode différentiel avec les matériels auxiliaires	51
Figure 8 – Exemple de montage d'essai pour les essais du courant en mode différentiel	52
Figure A.1 – Normes relatives aux niveaux de tension dues aux émissions non intentionnelles dans la gamme de fréquences 2 kHz à 150 kHz	58
Figure A.2 – Normes relatives aux émissions non intentionnelles dans la gamme de fréquences 2 kHz à 150 kHz	59
Figure C.1 – Circuit simplifié d'un générateur d'essai du courant différentiel	62
Figure C.2 – Exemple d'un circuit d'essai.....	63
Figure C.3 – Exemple d'une installation d'essai réalisée	64
Tableau 1 – Niveaux d'essai dans la gamme de fréquences de 2 kHz à 150 kHz pour les essais de tension différentielle	42
Tableau 2 – Niveaux d'essai dans la gamme de fréquences de 2 kHz à 150 kHz pour les essais de courant différentiel.....	45

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-19: Techniques d'essai et de mesure – Essai pour l'immunité aux perturbations conduites en mode différentiel et à la signalisation dans la gamme de fréquences de 2 kHz à 150 kHz, aux accès de puissance à courant alternatif

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.

La Norme internationale IEC 61000-4-19 a été établie par le sous-comité 77A: CEM – Phénomènes basse fréquence, du comité d'études 77 de l'IEC: Compatibilité électromagnétique.

Elle constitue la partie 4-19 de l'IEC 61000. Elle a le statut de publication fondamentale en CEM conformément au Guide 107 de l'IEC.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
77A/845/FDIS	77A/854/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61000, publiées sous le titre général *Compatibilité électromagnétique (CEM)*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

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.

INTRODUCTION

L'IEC 61000 est publiée dans des parties séparées, conformément à la structure suivante:

Partie 1: Généralités

Considérations générales (introduction, principes fondamentaux)

Définitions, terminologie

Partie 2: Environnement

Description de l'environnement

Classification de l'environnement

Niveaux de compatibilité

Partie 3: Limites

Limites d'émission

Limites d'immunité (dans la mesure où elles ne relèvent pas des comités de produits)

Partie 4: Techniques d'essai et de mesure

Techniques de mesure

Techniques d'essai

Partie 5: Principes d'installation et d'atténuation

Principes d'installation

Méthodes et dispositifs d'atténuation

Partie 6: Normes génériques

Partie 9: Divers

Chaque partie est à son tour subdivisée en plusieurs parties, publiées soit sous forme de normes internationales, soit sous forme de spécifications ou de rapports techniques, dont certaines ont déjà été publiées en tant que sections. D'autres sont publiées avec un tiret à la suite du numéro de partie suivi d'un second numéro pour identifier la subdivision (exemple: IEC 61000-6-1).

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-19: Techniques d'essai et de mesure – Essai pour l'immunité aux perturbations conduites en mode différentiel et à la signalisation dans la gamme de fréquences de 2 kHz à 150 kHz, aux accès de puissance à courant alternatif

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61000 traite des exigences en matière d'immunité et des méthodes d'essai relatives aux matériels électriques et électroniques soumis à des perturbations et des signaux par conduction en mode différentiel dans la bande de fréquences de 2 kHz à 150 kHz, aux accès de puissance à courant alternatif.

L'objet de la présente norme est d'établir une base commune et reproductible destinée à soumettre à essai les performances des matériels électriques et électroniques lorsque ceux-ci sont soumis à des perturbations et des signaux par conduction en mode différentiel sur les accès de puissance en courant alternatif. La présente norme définit:

- les formes d'onde d'essai;
- les plages de niveaux d'essai;
- le matériel d'essai;
- l'installation d'essai;
- les procédures d'essai;
- les procédures de vérification.

Ces essais sont destinés à démontrer l'immunité des équipements électriques et électroniques fonctionnant sous une tension d'alimentation du réseau jusqu'à 280 V (phase-neutre ou phase-terre, si le neutre n'est pas utilisé) et une fréquence de 50 Hz ou 60 Hz lorsqu'ils sont soumis à des perturbations conduites en mode différentiel, telles que celles provenant de l'électronique de puissance et des systèmes de communication par courants porteurs en ligne (CPL).

NOTE Dans certains pays, la tension maximale peut atteindre 350 V phase-neutre.

L'immunité aux harmoniques et interharmoniques, incluant les signaux transmis sur le réseau électrique, sur les accès de puissance jusqu'à 2 kHz en mode différentiel est traitée par l'IEC 61000-4-13.

Les émissions dans la gamme de fréquences de 2 kHz à 150 kHz ont souvent des composantes en mode différentiel et en mode commun. La présente norme fournit les essais d'immunité pour les signaux et perturbations en mode différentiel uniquement. Il est recommandé d'effectuer aussi des essais en mode commun, qui sont traités par l'IEC 61000-4-16.

2 Références normatives

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

IEC 61000-4-13:2002, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-13: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité basse fréquence aux harmoniques et inter-harmoniques incluant les signaux transmis sur le réseau électrique alternatif*
Amendement 1:2009

IEC 61000-4-16:1998, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-16: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux perturbations conduites en mode commun dans la gamme de fréquences de 0 Hz à 150 kHz*
Amendement 1:2001
Amendement 2:2009

3 Termes et définitions

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

NOTE Les termes s'appliquent au domaine restreint des signaux et perturbations par conduction en mode différentiel, dans la gamme de 2 kHz à 150 kHz (ces définitions ne figurent pas toutes dans l'IEC 60050-161).

3.1 Termes et définitions

3.1.1 équipement auxiliaire EA

matériel nécessaire pour installer toutes les fonctions et évaluer les performances correctes (en fonctionnement) de l'EUT (matériel soumis à l'essai) au cours de l'essai

3.1.2 accès

interface particulière entre les matériels spécifiés et l'environnement électromagnétique extérieur

3.1.3 accès de puissance en courant alternatif

accès de connexion aux réseaux d'alimentation électrique

3.1.4 couplage

interaction entre les circuits, assurant le transfert de l'énergie d'un circuit à l'autre

3.1.5 réseau de couplage

circuit électrique destiné au transfert de l'énergie d'un circuit à l'autre

3.1.6 immunité (contre une perturbation)

aptitude d'un dispositif, d'un équipement ou d'un système à fonctionner sans dégradation en présence d'une perturbation électromagnétique

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-20]

3.1.7 tension en mode différentiel tension symétrique

tension entre deux conducteurs donnés d'un ensemble de conducteurs

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-04-08]

3.1.8

courant en mode différentiel

I_{Diff}

dans un câble à deux conducteurs, ou pour deux conducteurs particuliers d'un câble multiconducteur, moitié du module de la différence des vecteurs représentant les courants dans chaque conducteur

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-04-38]

3.1.9

courant de charge

I_{Charge}

pour l'EUT qui a un accès de mesure dédié de courant alternatif, c'est le courant à fréquence d'alimentation traversant l'EUT, par exemple, dans un compteur d'électricité, le courant de charge I_{Charge} passe à travers les câbles électriques actifs $L_{ENTRÉE}$ à L_{SORTIE} du compteur

3.2 Abréviations

BB	Broadband (large bande)
BT	Basse tension
CPL	Courants porteurs en ligne
EUT	Equipment under test (matériel soumis à l'essai)
MT	Moyenne tension
NB	Narrowband (bande étroite)
RCD	Réseau de couplage/découplage)

4 Généralités

Les perturbations et signaux conduits en mode différentiel dans la gamme de fréquences de 2 kHz à 150 kHz peuvent avoir une influence sur la performance des matériels et des systèmes installés dans tous les environnements électromagnétiques. Par conséquent, dans cette gamme de fréquences, les perturbations et signaux conduits en mode différentiel doivent être pris en compte.

Sachant que le couplage de ces perturbations et de ces signaux peut être très fort pour les accès de puissance en courant alternatif, mais n'est que relativement faible pour tous les autres accès, les exigences de la présente norme s'appliquent uniquement aux accès de puissance en courant alternatif.

Les perturbations et signaux sont généralement générés par:

- des systèmes de communication sur les lignes de puissance;
- des équipements électroniques de puissance (par exemple: les convertisseurs d'énergie, l'éclairage).

L'Annexe A contient des informations sur les sources d'interférence, les victimes et les effets.

L'Annexe D fournit la justification des profils d'ondes d'essai et certaines recommandations pour le choix des essais.

L'immunité adéquate à ces perturbations et signaux en mode différentiel est nécessaire. Pour vérifier cette immunité, deux essais en tension et en courant sont définis dans la présente norme, dans la gamme de fréquences de 2 kHz à 150 kHz dans les deux cas:

- un essai de balayage effectué avec des impulsions en ondes continues avec des pauses entre chaque impulsion;

- un essai effectué avec des rafales d'impulsions modulées rectangulairement avec quatre fréquences de modulation différentes.

Généralement, les essais de tension s'appliquent à tous les équipements, tandis que les essais de courant sont destinés aux équipements avec un accès de mesure du courant alternatif, comme un compteur d'électricité.

Les comités de produit sont libres de choisir entre les essais de tension et de courant, les niveaux d'essai, le type de modulation et les fréquences de modulation.

Néanmoins, il convient d'effectuer des essais d'immunité incluant au moins un essai de balayage effectué avec des impulsions d'ondes continues avec des pauses et un autre essai avec des impulsions modulées rectangulairement avec des fréquences de modulation de 3 Hz et 101 Hz pour une fréquence d'alimentation à 50 Hz (ou 4 Hz et 121 Hz à 60 Hz) qui reflètent l'interférence due aux onduleurs et aux systèmes de communication du secteur.

NOTE Les niveaux d'essai proposés à l'Article 5 peuvent être révisés à l'avenir afin de prendre en compte les travaux engagés sur les niveaux de compatibilité (IEC 61000-2-2 et IEC 61000-2-12).

5 Niveaux d'essai et profils d'ondes dans la gamme de fréquences 2 kHz à 150 kHz

5.1 Niveaux d'essai pour les essais de tension différentielle

5.1.1 Généralités

Les niveaux d'essai des essais de tension différentielle sur les accès de puissance en courant alternatif dans la gamme de fréquences de 2 kHz à 150 kHz sont donnés dans le Tableau 1.

L'Annexe B présente un guide de sélection des niveaux d'essai.

Le niveau dans la colonne 1 du Tableau 1 fait référence à la classe d'environnement (Classe 1, Classe 2, etc.) définie dans l'Annexe B. Le Tableau 1 indique les valeurs préférentielles des niveaux de tension d'essai pour le matériel utilisé dans la classe d'environnement correspondante.

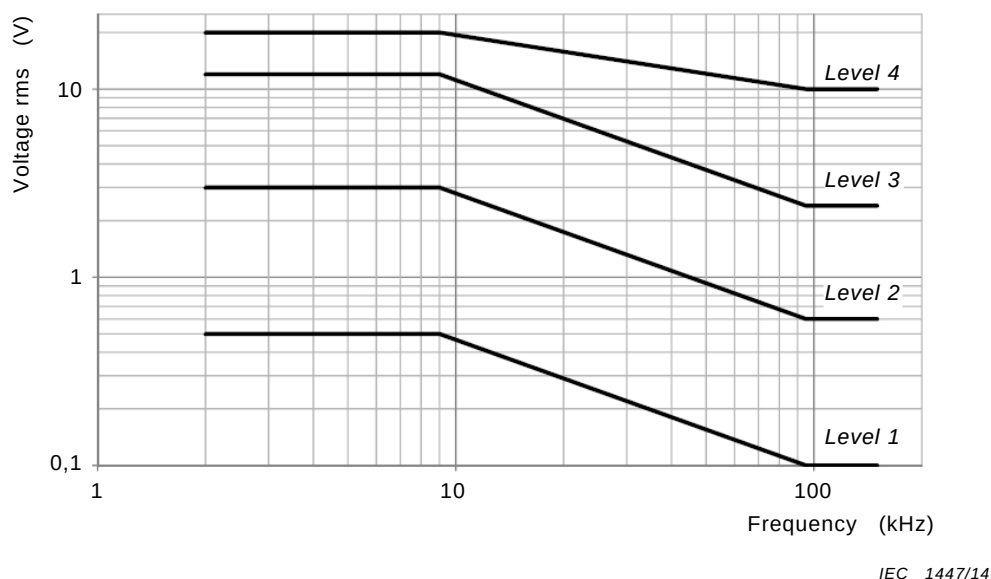
Tableau 1 – Niveaux d'essai dans la gamme de fréquences de 2 kHz à 150 kHz pour les essais de tension différentielle

Niveau	Tension d'essai non modulée en circuit ouvert V (efficace)		
	2 kHz à 9 kHz	9 kHz à 95 kHz	95 kHz à 150 kHz
1	0,5	0,5 à 0,1	0,1
2	3	3 à 0,6	0,6
3	12	12 à 2,4	2,4
4	20	20 à 10	10
X ^a	Spécial	Spécial	Spécial
^a "X" peut correspondre à n'importe quel niveau, en dessous ou entre les autres. Le niveau doit être spécifié par la norme de produit.			

Comme le montre la Figure 1, où est donné le profil de chaque tension d'essai en circuit ouvert définie dans le Tableau 1 en relation avec la fréquence, la tension d'essai varie avec la fréquence comme suit:

- le niveau est constant entre 2 kHz et 9 kHz;

- le logarithme du niveau décroît linéairement avec le logarithme de la fréquence entre 9 kHz et 95 kHz;
- le niveau est constant entre 95 kHz et 150 kHz.



Légende

Anglais	Français
Voltage (r.m.s.)	Tension (efficace)
Level 1	Niveau 1
Level 2	Niveau 2
Level 3	Niveau 3
Level 4	Niveau 4
Frequency	Fréquence

Figure 1 – Profil de tension en fonction de la fréquence pour les essais de tension différentielle

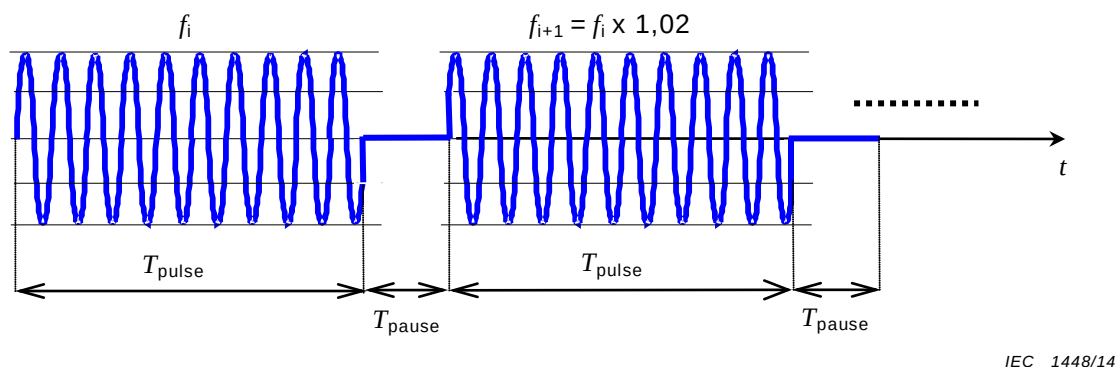
Selon les enquêtes actuellement disponibles (voir l'Annexe A), des essais en mode différentiel avec deux types de modulation sont requis: un essai avec des impulsions avec ondes continues avec des pauses entre chaque impulsion (5.1.2, respectivement 5.2.2) et un autre essai avec des rafales d'impulsions modulées rectangulairement (5.2.2, respectivement 5.2.3).

5.1.2 Profil d'ondes d'essai avec impulsions à ondes continues avec pause

L'essai est effectué par l'application d'une séquence d'impulsions d'un signal sinusoïdal avec une fréquence croissante f_i comprise entre 2 kHz et 150 kHz et des pauses d'une durée définie comme suit (voir également la Figure 2):

- Chaque impulsion à ondes continues a une durée (temps de palier) de $T_{\text{impulsion}}$.
- Entre chaque impulsion à ondes continues, le niveau du signal d'essai (tension ou courant) est zéro pour une période de $T_{\text{pause}} = 300$ ms avec une tolérance de ± 200 ms.
- Le temps de palier $T_{\text{impulsion}}$ ne doit pas être inférieur au temps nécessaire pour soumettre l'EUT à l'essai et le laisser réagir, mais ne doit pas être inférieur à 3 s. Les comités de produit peuvent vouloir exiger des temps de palier plus longs (au prix d'un temps de test total plus long).

- La durée d'un cycle essai pour une fréquence spécifique d'essai à ondes continues est $T_{\text{impulsion}} + T_{\text{pause}}$.
- La fréquence de départ du signal d'essai à ondes continues doit être de 2 kHz et la fréquence des signaux d'essai à ondes continues successifs doit être augmentée de 2 % par rapport à la fréquence d'essai précédente: $f_i = 1,02 f_{i-1}$.
- Les temps de coupure à la fin d'une impulsion à ondes continues (début de la pause) et les temps d'établissement au début de l'impulsion à ondes continues (fin de la pause) des tensions d'essai (à des fréquences $f_i, f_{i+1}, \dots$) peuvent ne pas être synchronisés aux passages par zéro du signal d'essai à ondes continues.



Légende

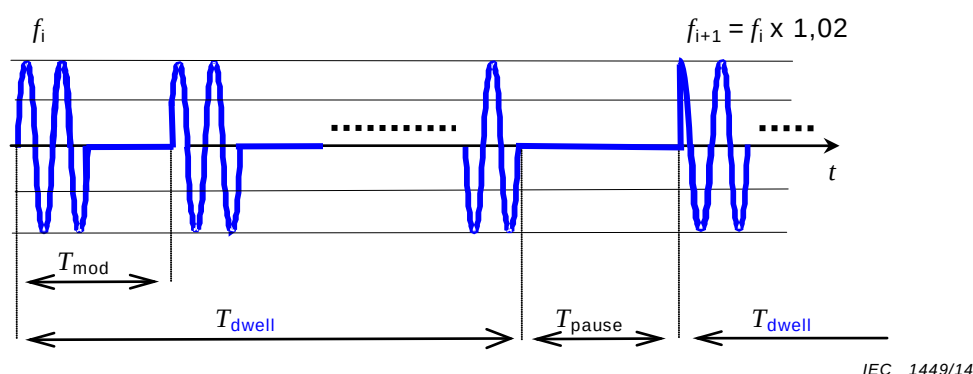
Anglais	Français
T_{pulse}	$T_{\text{impulsion}}$
T_{pause}	T_{pause}

Figure 2 – Profil d'ondes d'essai avec impulsions à ondes continues avec pause

5.1.3 Profil d'ondes d'essai avec impulsions modulées rectangulairement

L'essai est effectué par l'application d'une séquence d'impulsions avec une fréquence croissante comprise entre 2 kHz et 150 kHz et modulée en rafales avec quatre fréquences de modulation différentes, avec un cycle d'utilisation de 50 % comme suit (voir également la Figure 3).

- La séquence d'impulsions à la fréquence f_i pour une fréquence de modulation choisie a une durée (temps de palier) de $T_{\text{palier}} = 3$ s.
- La fréquence de départ des impulsions doit être de 2 kHz et la fréquence de la séquence d'impulsions successives doit être augmentée de 2 % par rapport à la fréquence précédente: $f_i = 1,02 f_{i-1}$. Entre deux temps de palier, il y a une pause de 300 ms avec une tolérance de ± 200 ms.
- Pour les quatre essais spécifiés avec des impulsions modulées rectangulairement, les fréquences de modulation f_{mod} dépendent de la fréquence de réseau applicable comme suit:
 50 Hz: 3 Hz; 101 Hz; 301 Hz; 601 Hz,
 60 Hz: 4 Hz; 121 Hz; 361 Hz; 721 Hz.
- La période de modulation T_{mod} pour une certaine fréquence de modulation f_{mod} a la relation suivante: $T_{\text{mod}} = 1/f_{\text{mod}}$
- Les temps de coupure à la fin d'une impulsion et les temps d'établissement au début d'une impulsion peuvent ne pas être synchronisés aux passages par zéro des impulsions.



Légende

Anglais	Français
T_{mod}	T_{mod}
T_{pause}	T_{pause}
T_{dwell}	T_{palier}

Figure 3 – Profil d'ondes d'essai avec impulsions modulées rectangulairement pour les essais de la tension différentielle

5.2 Niveaux d'essai pour les essais de courant différentiel

5.2.1 Généralités

Le Tableau 2 montre les niveaux d'essai dans la gamme de fréquences de 2 kHz à 150 kHz pour les essais de courant différentiel

L'Annexe B présente un guide de sélection des niveaux d'essai.

Le niveau dans la colonne 1 du Tableau 2 fait référence à la classe d'environnement (Classe 2, Classe 1, etc.) définie dans l'Annexe B. Le Tableau 2 indique les valeurs préférentielles des niveaux de courant d'essai pour le matériel utilisé dans la classe d'environnement correspondante.

Tableau 2 – Niveaux d'essai dans la gamme de fréquences de 2 kHz à 150 kHz pour les essais de courant différentiel

Niveau	Courant non modulé en A (efficace)	
	2 kHz à 30 kHz	30 kHz à 150 kHz
1	1	0,5
2	2	1
3	3	1,5
4	4	2
X ^a	Spécial	Spécial

A la fréquence de transition, c'est le niveau supérieur qui s'applique.

^a "X" peut être n'importe quel niveau, supérieur, inférieur ou intermédiaire entre les autres. Le niveau doit être spécifié par la norme de produit.

Deux types de modulation d'essai en courant différentiel sont définis, un avec des impulsions à ondes continues avec des pauses entre chaque impulsion (5.2.2), et un autre avec des rafales d'impulsions modulées rectangulairement (5.2.3). Les comités de produit doivent déterminer si un seul ou les deux types de modulation doit/doivent être appliqué(s).

5.2.2 Profil d'ondes d'essai avec impulsions à ondes continues avec pause

Le même profil d'ondes d'essai tel que défini pour les essais de tension différentielle en 5.1.2 est applicable. Les comités de produit peuvent définir des largeurs de pas de la fréquence inférieures à celles spécifiées en 5.1.2. En guise d'exemple, ce profil d'essai est appliqué aux compteurs d'électricité.

5.2.3 Profil d'ondes d'essai avec impulsions modulées rectangulairement

Le même profil d'ondes d'essai tel que défini pour les essais de tension différentielle en 5.1.3 est applicable. Les comités de produit peuvent définir des largeurs de pas de la fréquence inférieures à celles spécifiées en 5.1.3.

6 Matériels d'essai

6.1 Générateurs d'essai

6.1.1 Généralités

Les caractéristiques du générateur d'essai pour les essais de tension différentielle sont données en 6.1.2. Les caractéristiques du générateur d'essai pour les essais de courant différentiel sont données en 6.1.3.

Tous les générateurs doivent être en mesure d'éviter les émissions qui pourraient avoir une influence sur les résultats des essais si elles étaient injectées dans le réseau d'alimentation.

Une seule source électronique d'alimentation en courant alternatif pour l'essai de tension différentielle et l'essai de courant différentiel peut être utilisée comme un générateur d'essai. Pour le générateur de tension d'essai différentielle, les valeurs de C et de L incluses dans la Figure 4 sont déterminées par les exigences de performance.

6.1.2 Caractéristiques et performances du générateur pour l'essai de tension différentielle

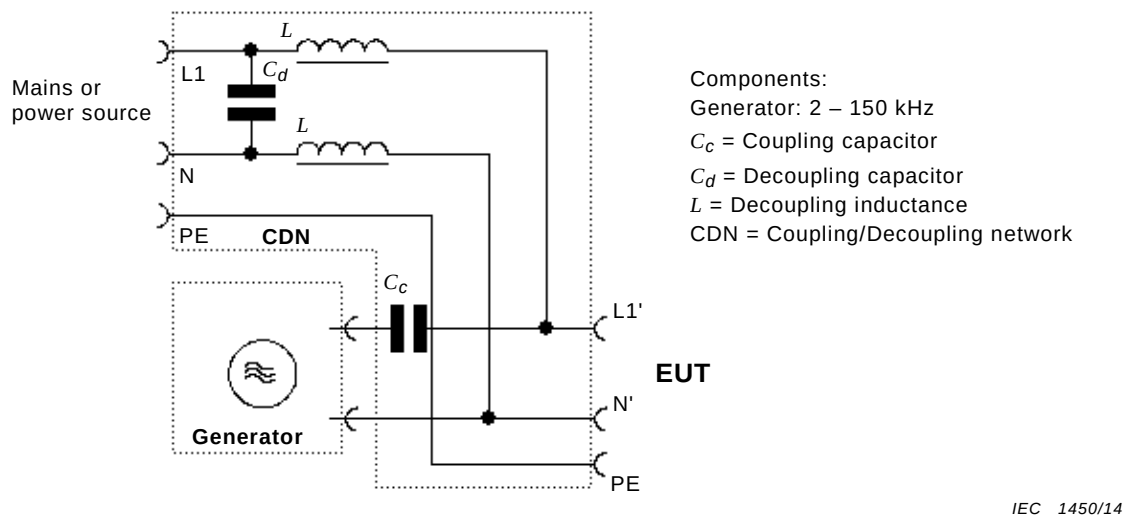
Le générateur d'essai de tension différentielle se compose généralement d'un générateur de signal capable de couvrir la bande de fréquence concernée et de fournir des impulsions à ondes continues conformes à la Figure 2 et des impulsions modulées conformes à la Figure 3.

Générateur de tension en mode différentiel:

- forme d'onde: sinusoïdale, distorsion harmonique totale inférieure à 5 % pour toutes les fréquences dans la gamme;
- gamme de tensions de sortie en circuit ouvert (efficace): 0,1 V (–10 %) à 20 V (+10 %);
- impédance aux bornes de connexion de l'EUT: 10 Ω ; $\pm$ 30 % sur toute la gamme 2 kHz à 150 kHz;
- gamme de fréquences: 2 kHz à 150 kHz;
- marche/arrêt de la tension de sortie: aucune synchronisation à la source d'alimentation du secteur;
- tolérance du niveau d'essai de la tension différentielle: $\pm$ 5 %.

Ces paramètres doivent être vérifiés sur l'accès de connexion à l'EUT du réseau de couplage avec un court-circuit sur l'entrée secteur.

Un exemple du schéma de principe du générateur d'essai en mode différentiel est donné à la Figure 4.



Légende

Anglais	Français
Mains or power source	Secteur ou source de puissance
CDN (coupling/decoupling network)	RCD (réseau de couplage/découplage)
EUT	EUT
Generator	Générateur
Components: Generator: 2 kHz to 150 kHz C_c = Coupling capacitor C_d = Decoupling capacitor L = Decoupling inductance CDN= Coupling/decoupling network	Composants: Générateur: 2 kHz à 150 kHz C_c = Condensateur de couplage C_d = Condensateur de découplage L = Inductance de découplage RCD = Réseau de couplage/découplage

Figure 4 – Exemple d'un diagramme de circuit simplifié avec les principaux éléments du générateur d'essai à tension différentielle

6.1.3 Caractéristiques et performances du générateur pour l'essai de courant différentiel

Le générateur d'essai de courant différentiel se compose généralement d'un générateur de signaux capable de couvrir la bande de fréquence concernée et de fournir des impulsions à ondes continues conformes à la Figure 2 et des impulsions modulées conformes à la Figure 3.

- forme d'onde: sinusoïdale, distorsion harmonique totale inférieure à 5 % pour toutes les fréquences dans la gamme;
- gamme de courants de sortie en court-circuit (efficace): 0,5 A (–10 %) à 4 A (+10 %), voir la Note;
- impédance: 1 Ω ; $\pm$ 30 % sur toute la gamme 2 kHz à 150 kHz;
- gamme de fréquences: 2 kHz à 150 kHz;
- marche/arrêt du courant de sortie: aucune synchronisation à la source d'alimentation du secteur;
- tolérance du niveau d'essai du courant différentiel $\pm$ 5 %.

NOTE Une valeur de 0,01 A à la place de 0,5 A pour le courant de sortie de court-circuit peut être nécessaire pour les essais des compteurs électriques reliés à des transformateurs.

Ces paramètres doivent être vérifiés sur l'accès de connexion à l'EUT de la configuration d'essai.

La valeur d'impédance 1Ω est obtenue par division de la tension du circuit ouvert par le courant de court-circuit de sortie mesuré à la même fréquence.

De plus amples informations sur les essais relatifs à des matériels particuliers comme les compteurs électriques sont indiquées à l'Annexe C.

6.2 Vérification des caractéristiques des générateurs d'essai

6.2.1 Généralités

Afin de pouvoir comparer les résultats traitant de différents générateurs d'essai, ceux-ci doivent être étalonnés ou vérifiés pour ce qui concerne les caractéristiques les plus importantes.

Les caractéristiques suivantes du générateur doivent être vérifiées:

- forme d'onde de la tension de sortie en circuit ouvert,
- forme d'onde du courant de sortie en court-circuit,
- précision de la tension/du courant de sortie,
- impédance du générateur,
- précision de la fréquence.

6.2.2 Vérification des générateurs

La vérification des générateurs doit être effectuée en circuit ouvert pour le générateur de tension différentielle avec une sonde différentielle d'au moins $1 M\Omega$ et en court-circuit pour le générateur de courant différentiel avec un shunt de valeur maximale de $0,01 \Omega$ à l'aide d'un oscilloscope ou d'un instrument de mesure équivalent, avec une largeur de bande d'au moins 10 MHz.

La précision doit être suffisante pour la conformité avec les exigences relatives à la tension, au courant et à l'impédance.

Pour la configuration correcte du générateur et du niveau d'essai de l'impulsion modulée, les procédures données en 5.1.2 et 5.1.3 doivent être appliquées.

Le générateur des essais de tension doit être conforme à 6.1.2 et au Tableau 1 des niveaux d'essai en 5.1.1.

Le générateur des essais de courant doit être conforme à 6.1.3 et au Tableau 2 des niveaux d'essai en 5.2.1.

Le réseau de couplage/découplage (RCD) doit être conforme aux exigences en 6.2.3.

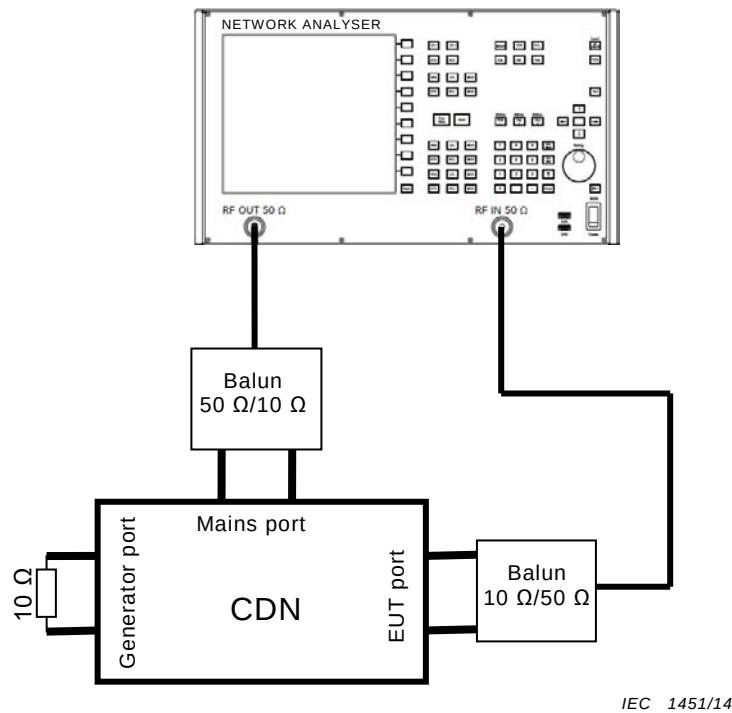
Pour la vérification de la tension différentielle, la tension du circuit ouvert sur l'accès à l'EUT du RCD doit être mesurée avec la sonde différentielle de tension.

Pour la vérification du courant différentiel, le courant en court-circuit sur l'accès à l'EUT doit être mesuré à l'aide du shunt.

L'impédance doit être vérifiée par la mesure des valeurs de la tension de circuit ouvert divisée par le courant de sortie en court-circuit à 2 kHz et 150 kHz.

6.2.3 Vérification du réseau de couplage/découplage

Les caractéristiques d'amortissement (de secteur à l'EUT) du RCD montrées à la Figure 4 doivent être vérifiées dans un système de mesure de 10 Ω à l'aide de symétriseurs à impédance adaptée et d'un analyseur de réseau. Il convient que l'accès du générateur soit terminé par 10 Ω ou par le générateur ayant une impédance de sortie de 10 Ω. La Figure 5 montre le principe de base de l'installation d'essai.

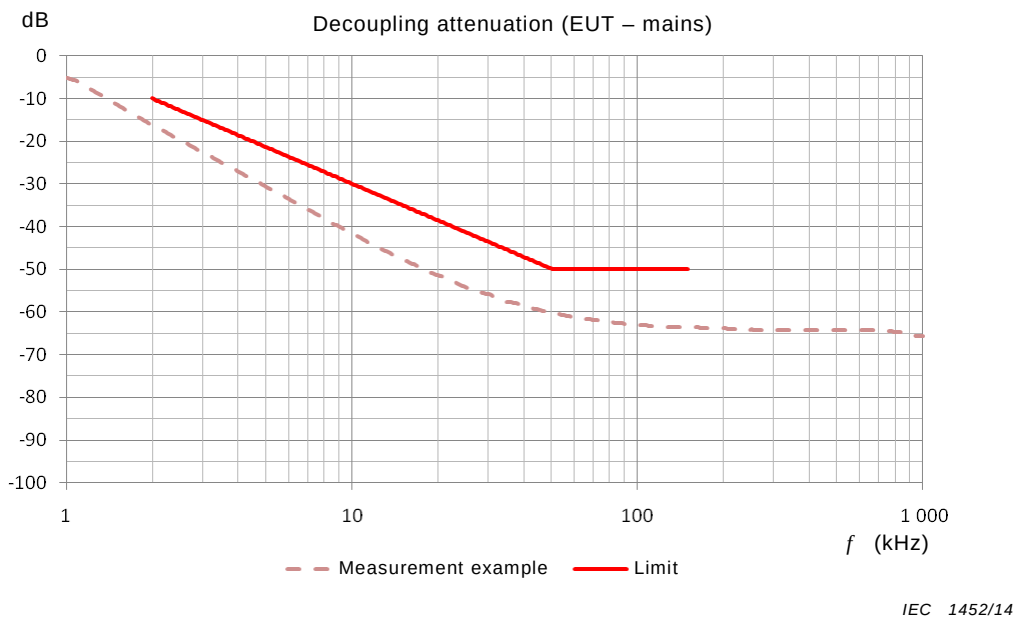


Légende

Anglais	Français
NETWORK ANALYSER	ANALYSEUR DE RÉSEAU
CDN (coupling/decoupling network)	RCD (réseau de couplage/découplage)
Balun (50 Ω/10 Ω)	Symétriseur (50 Ω/10 Ω)
Generator port	Accès du générateur
Mains port	Accès secteur
EUT port	Accès EUT

Figure 5 – Installation d'essai pour la vérification du RCD dans un système de mesure de 10 Ω

La limite d'amortissement minimal du réseau de couplage et un exemple de mesure sont donnés à la Figure 6. La limite décroît linéairement avec le logarithme de la fréquence de 10 dB à 2 kHz à 50 dB à 50 kHz et reste constante à 50 dB de 50 kHz à 150 kHz.



Légende

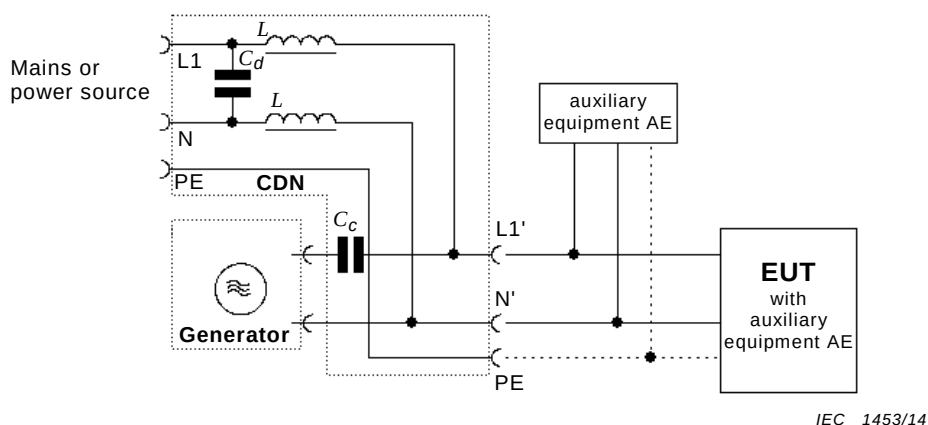
Anglais	Français
Decoupling attenuation (EUT - mains)	Affaiblissement de découplage (EUT - secteur)
Measurement example	Exemple de mesure
Limit	Limite
f in kHz	f en kHz

Figure 6 – Limite des caractéristiques d'amortissement mesurée dans un système de mesure de 10 Ω

7 Montages d'essai

7.1 Montage d'essai pour les essais de tension en mode différentiel

Un montage d'essai pour l'essai de tension différentielle défini en 5.1.2 et 5.1.3 est montré à la Figure 7.



Légende

Anglais	Français
Mains or power source	Secteur ou source de puissance
C_d = Decoupling capacitor	C_d = Condensateur de découplage
Auxiliary equipment (AE)	Équipement auxiliaire (EA)
PE	PE
CDN (coupling/decoupling network)	RCD (réseau de couplage/découplage)
C_c = Coupling capacitor	C_c = Condensateur de couplage
EUT with auxiliary equipment (AE)	EUT avec équipement auxiliaire (EA)
Generator	Générateur

Figure 7 – Exemple d'installation pour les essais de tension en mode différentiel avec les matériels auxiliaires

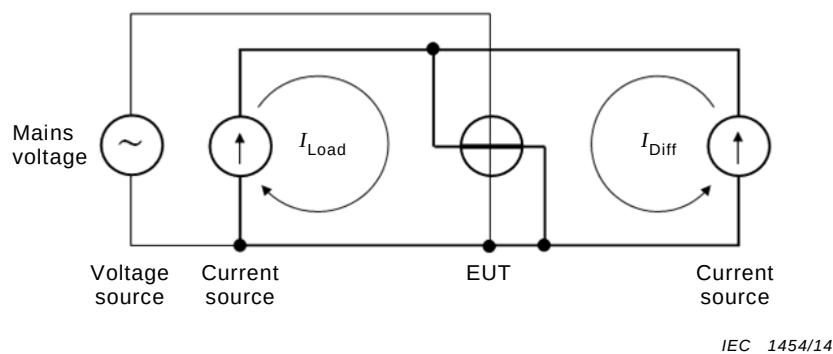
Les EUT doivent être connectés au système de mise à la terre conformément aux spécifications du fabricant. Les matériels en cours d'essai doivent être disposés et raccordés conformément aux spécifications d'installation des matériels.

Les signaux d'exploitation destinés à faire fonctionner les EUT peuvent être fournis par les EA ou par un simulateur, par exemple un modem CPL (communication par courant porteur en ligne).

On doit utiliser les câbles indiqués par le fabricant des matériels; en l'absence de spécifications, on doit adopter des câbles non blindés du type approprié aux signaux concernés.

7.2 Montage d'essai pour l'essai de courant en mode différentiel

Le montage d'essai du courant différentiel, représenté à la Figure 8, est utilisé avec les EUT tels que les compteurs électriques ayant un accès de mesure de courant alternatif. Un premier courant est le courant de charge I_{Charge} à la fréquence d'alimentation et le second est le courant différentiel I_{Diff} dans la gamme de fréquences de 2 kHz à 150 kHz, circulant uniquement à travers l'EUT. Les deux courants, I_{Charge} et I_{Diff} sont générés indépendamment l'un de l'autre.



Légende

Anglais	Français
Mains voltage	Tension secteur
Voltage source	Source de tension
Current source	Source de courant
I_{Load}	I_{Charge}
EUT	EUT
I_{Diff}	I_{Diff}

Figure 8 – Exemple de montage d'essai pour les essais du courant en mode différentiel

La méthode de génération du courant d'essai différentiel I_{Diff} circulant à travers l'accès de mesure du courant alternatif de l'EUT n'est pas donnée comme spécification ou exigence détaillée. Le paramètre important est le niveau de courant I_{Diff} pénétrant dans l'accès de mesure du courant alternatif de l'EUT.

La méthode de génération à la fois du courant différentiel I_{Diff} et du courant de charge I_{Charge} n'est pas intéressante pour le résultat de l'essai.

Les matériels soumis à l'essai doivent être disposés et raccordés conformément aux spécifications d'installation des matériels.

On doit utiliser les câbles spécifiés par le fabricant des matériels; en l'absence de spécifications, on doit adopter des câbles non blindés appropriés aux signaux concernés.

8 Procédure d'essai

8.1 Généralités

La procédure d'essai comprend:

- la vérification des conditions de référence en laboratoire;
- la vérification de l'instrumentation d'essai;
- la vérification du fonctionnement correct de l'EUT;
- l'exécution de l'essai.

À la fin de l'exécution d'essai, l'évaluation des résultats d'essai est demandée (voir Article 9).

Afin de réduire au maximum l'impact des paramètres d'environnement sur les résultats des essais, ceux-ci doivent être réalisés dans des conditions de référence climatiques et électromagnétiques spécifiées en 8.2.1 et 8.2.2.

8.2 Conditions de référence en laboratoire

8.2.1 Conditions climatiques

Sauf spécification contraire par le comité responsable d'une norme générique ou d'une norme de produit, les conditions climatiques dans le laboratoire doivent être dans les limites spécifiées pour le fonctionnement de l'EUT et des matériels d'essai par leurs constructeurs respectifs.

Les essais ne doivent pas être réalisés si l'humidité relative est à un niveau si élevé qu'elle cause une condensation sur l'EUT ou sur les matériels d'essai.

Lorsqu'il est estimé qu'il y a une preuve suffisante pour démontrer que les effets du phénomène couverts par la présente norme sont influencés par les conditions climatiques, il convient d'en informer le comité responsable de la présente norme.

8.2.2 Conditions électromagnétiques

Les conditions électromagnétiques du laboratoire ne doivent pas influencer les résultats des essais.

8.3 Exécution de l'essai

L'EUT doit être placé dans des conditions de fonctionnement normal.

L'essai doit avoir lieu conformément à un programme d'essais qui doit indiquer:

- le type d'essai;
- le niveau d'essai;
- la durée de l'essai;
- les accès de l'EUT à soumettre à essai;
- les conditions de fonctionnement représentatives de l'EUT;
- les équipements auxiliaires.

Les principales étapes de la procédure d'essai sont les suivantes:

- vérification préliminaire de la performance des matériels;
- vérification des performances de fonctionnement des signaux d'entrée, si nécessaire;
- application de la perturbation.

Le signal d'essai doit être appliqué pendant une durée suffisante permettant d'effectuer au moins une vérification complète des performances de fonctionnement de l'EUT.

Les performances de l'EUT doivent faire l'objet d'une surveillance constante, et toute dégradation doit être mentionnée dans le rapport d'essai.

Le générateur d'essai doit être raccordé aux accès de puissance en courant alternatif.

Si l'EUT est équipé d'entrées de puissance multiphase, l'essai en mode différentiel doit être effectué étape par étape de $L_{1,2,3}$ à N , L_1 à L_2 , L_2 à L_3 , L_3 à L_1 , sauf spécification contraire par le comité de produit.

La performance de l'EUT doit être vérifiée par rapport aux exigences du plan.

9 Évaluation des résultats d'essai

Les résultats d'essai doivent être classés en tenant compte de la perte de fonction ou de la dégradation du fonctionnement du matériel soumis à l'essai, par rapport à un niveau de fonctionnement défini par son constructeur ou par le demandeur de l'essai, ou en accord entre le constructeur et l'acheteur du produit. La classification recommandée est comme suit:

- a) fonctionnement normal dans les limites spécifiées par le constructeur, le demandeur de l'essai ou l'acheteur;
- b) perte temporaire de fonction ou dégradation temporaire du fonctionnement cessant après la disparition de la perturbation; le matériel soumis à l'essai retrouve alors son fonctionnement normal sans l'intervention d'un opérateur;
- c) perte temporaire de fonction ou dégradation temporaire du fonctionnement nécessitant l'intervention d'un opérateur;
- d) perte de fonction ou dégradation du fonctionnement non récupérable, due à une défaillance du matériel ou du logiciel, ou à une perte de données.

La spécification du constructeur peut définir des effets sur l'EUT qui peuvent être considérés comme non significatifs et donc acceptables.

Cette classification peut être utilisée comme un guide pour l'élaboration des critères d'aptitude à la fonction, par les comités responsables pour les normes génériques, de produit ou de famille de produits, ou comme un cadre pour l'accord sur les critères d'aptitude à la fonction entre le constructeur et l'acheteur, par exemple lorsque aucune norme générique, de produit ou de famille de produits appropriée n'existe.

10 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir toutes les informations nécessaires pour reproduire l'essai. En particulier, ce qui suit doit être noté:

- les points spécifiés dans le plan d'essai requis à l'Article 8 de la présente norme;
- l'identification de l'EUT et de tous les matériels associés, par exemple marque, type, numéro de série;
- l'identification des matériels d'essai, par exemple marque, type, numéro de série;
- toutes les conditions d'environnement spéciales dans lesquelles l'essai a été réalisé, par exemple une enceinte blindée;
- toutes les conditions spécifiques nécessaires pour permettre la réalisation de l'essai;
- le niveau de fonctionnement défini par le constructeur, le demandeur de l'essai ou l'acheteur;
- le critère d'aptitude à la fonction spécifié dans la norme générique, de produit ou de famille de produits;
- tous les effets observés sur l'EUT pendant ou après l'application de la perturbation, et la durée pendant laquelle ces effets ont persisté;
- la justification de la décision succès/échec (basée sur le critère d'aptitude à la fonction spécifié dans la norme générique, de produit ou de famille de produits, ou dans l'accord entre le constructeur et l'acheteur);
- toutes les conditions spécifiques d'utilisation, par exemple longueur ou type de câble, blindage ou raccordement à la terre, ou les conditions de fonctionnement de l'EUT, qui sont requises pour assurer la conformité.

Annexe A **(informative)**

Sources d'interférence, victimes et effets

Jusqu'à présent, les composantes de tension/courant dues aux perturbations et aux signaux dans la gamme de fréquences de 2 kHz à 150 kHz ont été prises en considération dans la normalisation jusqu'à un certain point seulement.

Concernant le courant différentiel et les tensions différentielles, aucune exigence en matière d'immunité n'a été établie à ce jour et aucune limitation d'émission n'a été établie. Aujourd'hui, les niveaux de compatibilité, comme base pour définir les limites d'émission et les exigences en matière d'immunité, sont à l'étude.

Dans la gamme de fréquences 2 kHz à 150 kHz, les interférences électromagnétiques sont principalement les résultats:

- du fonctionnement d'un matériel électrique, générant des composantes de tension/courant non intentionnels différents de la fréquence principale,
- de l'utilisation du réseau d'alimentation pour la signalisation intentionnelle, par les systèmes de communication du secteur.

Les composantes de ces tension/courant se produisent avec le comportement suivant dans le domaine temporel:

- avec une enveloppe constante sur de longues périodes de temps, allant jusqu'à quelques minutes;
- avec une enveloppe non constante, avec des durées typiques de quelques dizaines de ms à plusieurs centaines de ms.

À présent, les dispositifs électriques qui semblent les plus impliqués dans ces cas d'interférence électromagnétique sont:

a) comme une source de perturbations:

- 1) les onduleurs (par exemple: les commandes d'ascenseurs, les remonte-pentes, les installations photovoltaïques);
- 2) les compteurs intelligents avec la transmission de données CPL;
- 3) les alimentations à découpage (par exemple, dans les lampes compactes, les ordinateurs, les téléviseurs);
- 4) les systèmes d'alimentation sans coupure (UPS);
- 5) les variateurs de vitesse (par exemple, les pompes à chaleur);
- 6) les lecteurs DVD;

b) comme une victime, avec une performance dégradée ou un dysfonctionnement:

- 1) les compteurs intelligents avec la transmission des données CPL;
- 2) les compteurs à semi-conducteurs;
- 3) les lampes à variateur sensible;
- 4) les systèmes de communication (par exemple: le système Ethernet, les modems RNIS et ADSL, les autocommutateurs du réseau IP, les routeurs);
- 5) les lecteurs de carte sans contact;
- 6) les terminaux de carte de crédit;
- 7) les systèmes d'alarme;
- 8) les commandes électroniques (par exemple: dans les systèmes de chauffage, l'éclairage public, les feux de circulation, les urinoirs);

- 9) les appareils électroménagers (par exemple: les fers à vapeur, les machines à café, les fours micro-ondes, les tables vitrocéramiques, les machines à laver);
 - 10) les ordinateurs portables (position du curseur);
 - 11) les clés intelligentes des véhicules routiers;
 - 12) les récepteurs de télévision et de radio;
 - 13) les systèmes de signal horaire;
 - 14) la radio amateur;
- c) avec les exemples suivants de dégradation de la performance ou de dysfonctionnement:
- 1) la réception perturbée d'émetteurs distants de radio amateur;
 - 2) les systèmes de mesure électroniques avec:
 - i) affichage incorrect de l'énergie livrée au compteur;
 - ii) défaillances de communication/perte temporaire de la fonction de transmission des données à cause des signaux brouilleurs;
 - iii) échec de la communication due à l'atténuation via la dérivation par le matériel de l'utilisateur du réseau;
 - 3) les perturbations de la commande électronique:
 - i) commutation non intentionnelle des lampes à variateur sensitif (entre les états de la lumière, arrêt, marche);
 - ii) mise en marche et arrêt non intentionnels de l'éclairage public;
 - iii) montres électroniques avançant rapidement;
 - iv) redémarrage intempestif des appareils électroménagers jusqu'à quelques heures après la fin de la phase de fonctionnement prévue;
 - v) commande de chasse d'eau d'urinoir passant en mode de fonctionnement permanent;
 - vi) perte de la fonction des feux de circulation;
 - vii) fonctionnement incorrect des systèmes de chauffage à cause de pannes du capteur;
 - viii) commutation incorrecte des relais dans les tables vitrocéramiques;
 - ix) chaleur insuffisante et perte d'eau dans les fers à vapeur.

Des études ont été menées sur les mécanismes de perturbation ([1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8]¹), notamment le mécanisme concernant l'interférence entre les compteurs intelligents et les lampes à variateur sensitif, ainsi qu'entre les onduleurs et les compteurs intelligents.

Les essais destinés à clarifier le mécanisme d'interférence entre les compteurs intelligents et les lampes à variateur sensitif ont montré que:

- 1) quelle que soit la méthode de modulation, aucune interaction n'a eu lieu en raison de perturbations continues lors du couplage de ces perturbations (modulées ou non modulées) à la ligne via le réseau de couplage/découplage en mode commun;
- 2) en revanche, des essais similaires avec des signaux discontinus, avec une amplitude croissante, aussi bien symétrique que non symétrique, sur un transformateur CPL, ont produit différents effets de commutation des lampes à variateur sensitif, en fonction de la tension d'essai et de la méthode de couplage (y compris la mise en marche du projecteur à large faisceau vertical éteint au premier état de luminosité) et dans l'interaction avec la commande de luminosité en gradation ascendante uniquement (non en perturbation continue ou en gradation descendante).

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

Dans certains cas, lorsque les compteurs d'électricité n'ont enregistré qu'une partie de l'énergie effectivement apportée dans le réseau d'alimentation public à partir d'un onduleur photovoltaïque, les études ont montré que:

- ce dysfonctionnement a été causé par le courant ondulé de l'onduleur, ce qui peut influencer un compteur d'électricité dans certaines circonstances;
- dans la plupart des cas, ces courants ondulés provenant des onduleurs ont une gamme de fréquences comprises entre 3 kHz et 150 kHz, découlant de la fréquence de commutation de l'onduleur (quelques dizaines de kHz) et de ses harmoniques.

Les émissions produites par les onduleurs sont des courants en mode différentiel qui ont lieu dans les réseaux à basse impédance. Les systèmes CPL à bande étroite (NB) produisent des émissions dans la même bande de fréquences.

Des études plus approfondies sont nécessaires et sont en cours pour étendre les connaissances sur les matériels à considérer comme sources ou victimes prouvées ou potentielles dans les cas de perturbation électromagnétique et des mécanismes de perturbations.

Néanmoins, les résultats des études disponibles montrent que les composantes de tension/courant discontinues avec le couplage en mode différentiel, avec un caractère lentement répétitif respectivement transitoire, en particulier la hausse soudaine d'une tension HF, sont le générateur de ces perturbations.

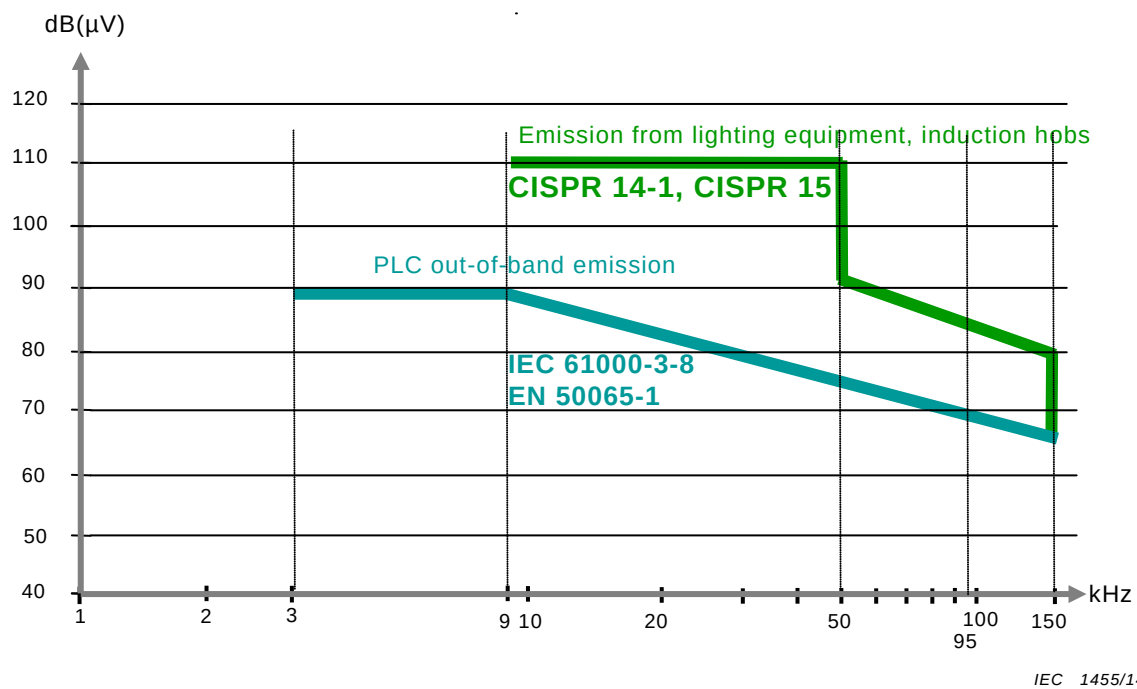
En ce qui concerne les réseaux d'alimentation publics réels, on doit considérer que les signaux en mode commun ou en mode différentiel pur n'ont jamais lieu parce que l'impédance du réseau non symétrique et l'impédance des matériels connectés convertissent les signaux du mode différentiel en signaux du mode commun, et vice versa.

Par conséquent, pour la gamme de fréquences comprise entre 2 kHz et 15 kHz, les essais avec des signaux continus non modulés et avec couplage en mode continu seulement ne peuvent pas couvrir complètement les effets de ces composantes de tension/courant.

La définition de la source et des mécanismes de couplage des perturbations électromagnétiques dans la gamme de fréquences 2 kHz à 150 kHz permet de trouver quelques lignes directrices sur les niveaux de tension attendus au point de livraison à un client à MT et à BT dans des conditions normales (voir la norme EN 50160).

Des indications peuvent également être obtenues de l'IEC 61000-2-5, qui donne les niveaux de transmission sur courant porteur dans la gamme de fréquences. La CPL est traitée dans l'IEC 61000-3-8 et dans la série EN 50065.

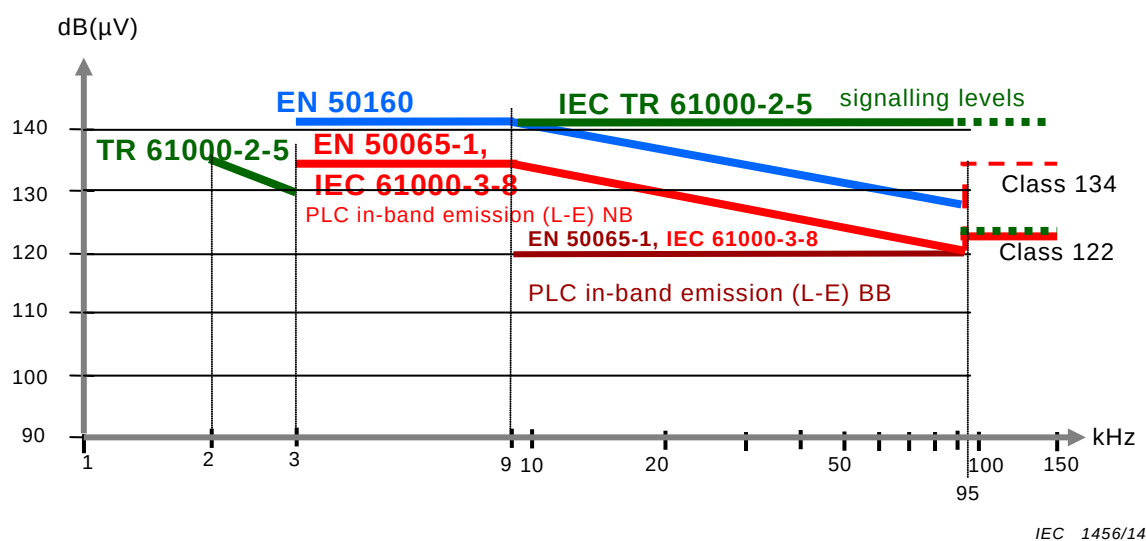
Les Figures A.1 et A.2 montrent les normes existantes traitant des émissions intentionnelles et non intentionnelles.



Légende

Anglais	Français
Emission from lighting equipment, induction hobs	Émissions provenant des matériels d'éclairage et des plaques de cuisson à induction
PLC out-of-band emission	Émission hors bande CPL

Figure A.1 – Normes relatives aux niveaux de tension dues aux émissions non intentionnelles dans la gamme de fréquences 2 kHz à 150 kHz



Légende

Anglais	Français
PLC in-band emission (L-E) NB	Émission en bande CPL (L-E) NB
Signalling levels	Niveaux de signalisation
Class 134	Classe 134
Class 122	Classe 122
PLC in-band emission (L-E)	Émission en bande de CPL (L-E)

Figure A.2 – Normes relatives aux émissions non intentionnelles dans la gamme de fréquences 2 kHz à 150 kHz

NOTE Les Figures A.1 et A.2 ne représentent qu'un résumé. Les normes d'origine contiennent des détails importants, tels que les différentes méthodes de mesure, qui rendent difficile la comparaison de certaines courbes les unes aux autres. Les niveaux indiqués dans le Tableau 1 de la présente norme peuvent être considérés comme des niveaux d'essai raisonnables, en prenant en compte les courbes dans les Figures A.1 et A.2, tout en attendant que les niveaux finaux de compatibilité soient sélectionnés et appliqués dans une autre norme CEM et dans des normes de produit.

Annexe B (informative)

Choix des niveaux d'essai

La présente norme décrit différents essais. Il convient que l'applicabilité de chaque essai, le niveau d'essai et le critère d'aptitude à la fonction correspondante soient définis dans les normes de produit/famille de produits.

En particulier, il convient de sélectionner les niveaux d'essai indiqués dans le Tableau 1 et le Tableau 2 de la présente norme conformément à la distinction suivante des conditions d'environnement selon une mesure de protection différente, pour la perturbation applicable, des installations et matériels branchés au secteur qui peuvent être installés n'importe où. Par exemple, la mesure d'atténuation donnée aux signaux provenant des sources de perturbation peut représenter un critère de sélection.

Pour être en phase avec la norme IEC 61000-4-16 pour les perturbations en mode commun dans la même gamme de fréquences, les règles pratiques suivantes peuvent être utilisées pour classer l'environnement:

Classe 1: Environnement bien protégé

L'installation est caractérisée par les attributs suivants:

- séparation du réseau d'alimentation interne et du réseau secteur, par exemple avec transformateur d'isolement dédié;
- matériel électronique mis à la terre et installé à l'aide d'un filtrage dédié empêchant l'interférence vers et en provenance du réseau en atténuant suffisamment les signaux de perturbation potentiels en mode différentiel transmis à travers l'installation.

Des installations spéciales de ce type ne peuvent se trouver qu'en laboratoire et dans un environnement industriel spécial protégé. La salle des ordinateurs peut être représentative de cet environnement.

Classe 2: Environnement protégé

L'installation est caractérisée par les attributs suivants:

- connexion directe au réseau d'alimentation basse tension;
- matériel électronique mis à la terre et installé à l'aide d'un filtrage dédié empêchant l'interférence vers et en provenance du réseau en atténuant suffisamment les signaux potentiels en mode différentiel transmis à travers l'installation.

Des installations de ce type peuvent être présentes dans un environnement commercial, résidentiel ou industriel où les mesures spécifiques dédiées ont été prises pour empêcher les interférences. L'utilisation de convertisseurs de puissance injectant des courants parasites dans le réseau de terre est omise.

Une salle de commande ou une salle de terminaux située dans un bâtiment dédié d'une usine industrielle ou d'une centrale électrique peut être représentative de cet environnement.

Classe 3: Environnement typique résidentiel, commercial et industriel léger

L'installation est caractérisée par les attributs suivants:

- connexion directe au réseau d'alimentation basse tension ou moyenne tension;

- équipement électronique branché au réseau de mise à la terre de l'installation (réseau de terre);
- utilisation de convertisseurs de puissance injectant des courants parasites dans le réseau de terre.

Classe 4: Environnement industriel sévère

L'installation est caractérisée par les attributs suivants:

- connexion directe au réseau d'alimentation basse tension ou moyenne tension;
- équipement électronique branché au réseau de mise à la terre de l'installation (réseau de terre) commun aux matériels et aux systèmes HT;
- utilisation de convertisseurs de puissance injectant des courants parasites dans le réseau de terre.

Les postes HT (haute tension) à isolation gazeuse et à isolation dans l'air ainsi que leurs centrales de production associées, peuvent être représentatifs de cet environnement.

En général, ce niveau n'est pas applicable aux environnements résidentiels et commerciaux.

Classe X: Situations particulières à analyser

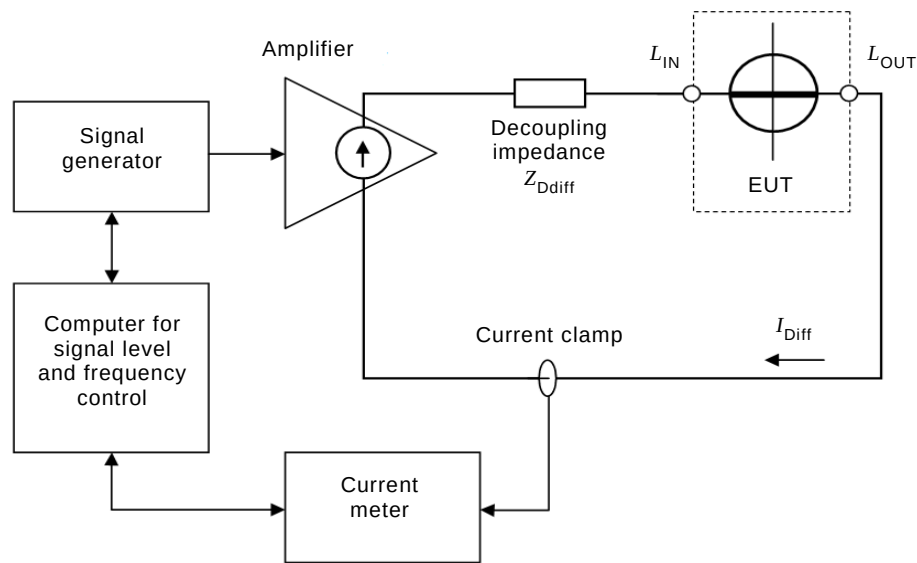
Des conditions d'installation spéciales peuvent être analysées ou étudiées et, conséquemment, des exigences d'immunité plus hautes ou plus basses que celles spécifiées dans les différentes classes peuvent être définies.

Annexe C
(informative)

Lignes directrices pour les essais des compteurs d'électricité

C.1 Exemple de la structure fondamentale d'un générateur d'essai pour les essais de courant différentiel

Des exemples des matériels d'essai et du montage d'essai sont donnés dans les Figures C.1, C.2 et C.3.



IEC 1457/14

Légende

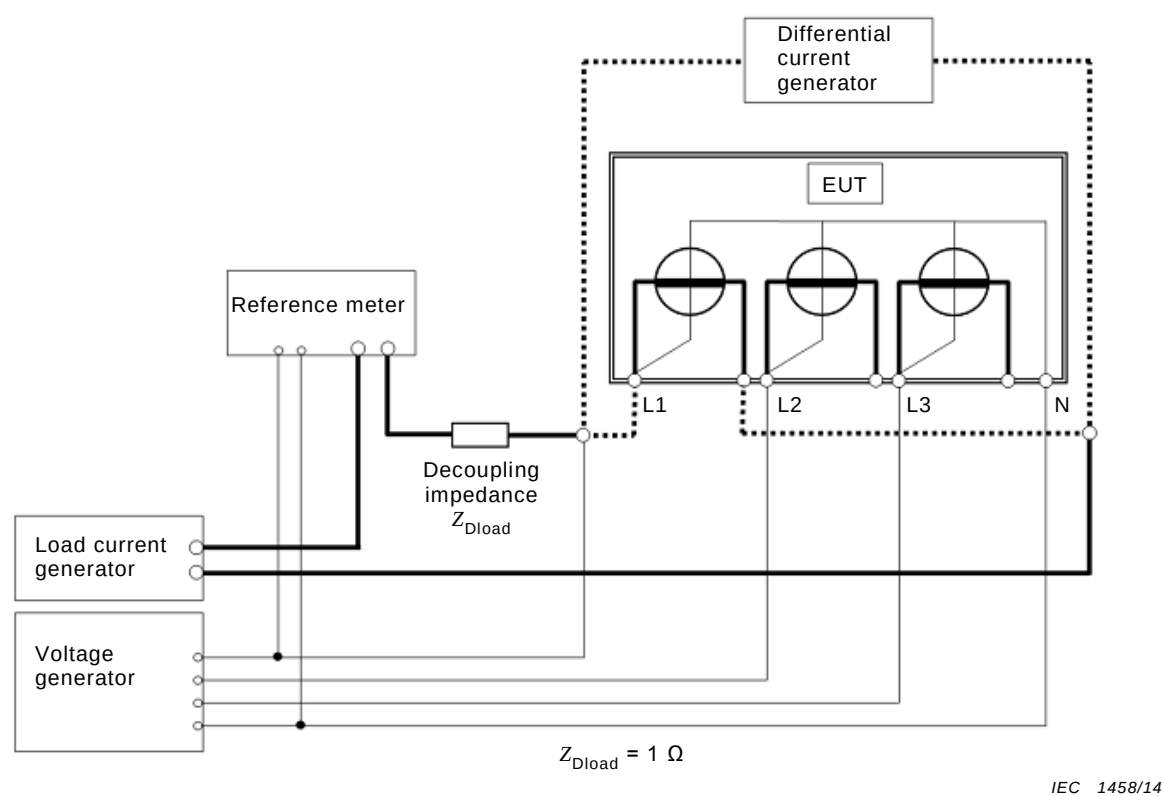
Anglais	Français
Amplifier	Amplificateur
Signal generator	Générateur de signal
Decoupling impedance Z_{Ddiff}	Impédance de découplage Z_{Ddiff}
EUT	EUT
Computer for signal level and frequency control	Calculateur/ordinateur pour commande de niveau et de fréquence du signal
Current clamp	Pince de courant / pince ampèremétrique
Current meter	Compteur de courant / ampèremètre
I_{Ddiff}	I_{Ddiff}

Figure C.1 – Circuit simplifié d'un générateur d'essai du courant différentiel

Il est important que l'impédance du générateur d'essai (impédance interne de l'amplificateur plus l'impédance de découplage Z_{Ddiff}) soit au moins 100 fois supérieure à l'impédance de l'EUT (compteur d'électricité) dans la gamme de fréquences de 2 kHz à 150 kHz.

Le compteur de courant est utilisé pour vérifier que les courants différentiels de l'essai sont dans les limites définies par la norme de produit pendant l'essai.

C.2 Exemple d'un circuit d'essai



Légende

Anglais	Français
Differential current generator	Générateur de courant différentiel
EUT	EUT
Reference meter	Compteur de référence
Decoupling impedance Z_{Dload}	Impédance de découplage $Z_{Dcharge}$
Load current generator	Générateur de courant de charge
Voltage generator	Générateur de tension
$Z_{Dload} = 1 \Omega$	$Z_{Dcharge} = 1 \Omega$

Il doit être assuré que le courant de charge passant par le générateur de courant différentiel ne perturbe pas le générateur de courant différentiel.

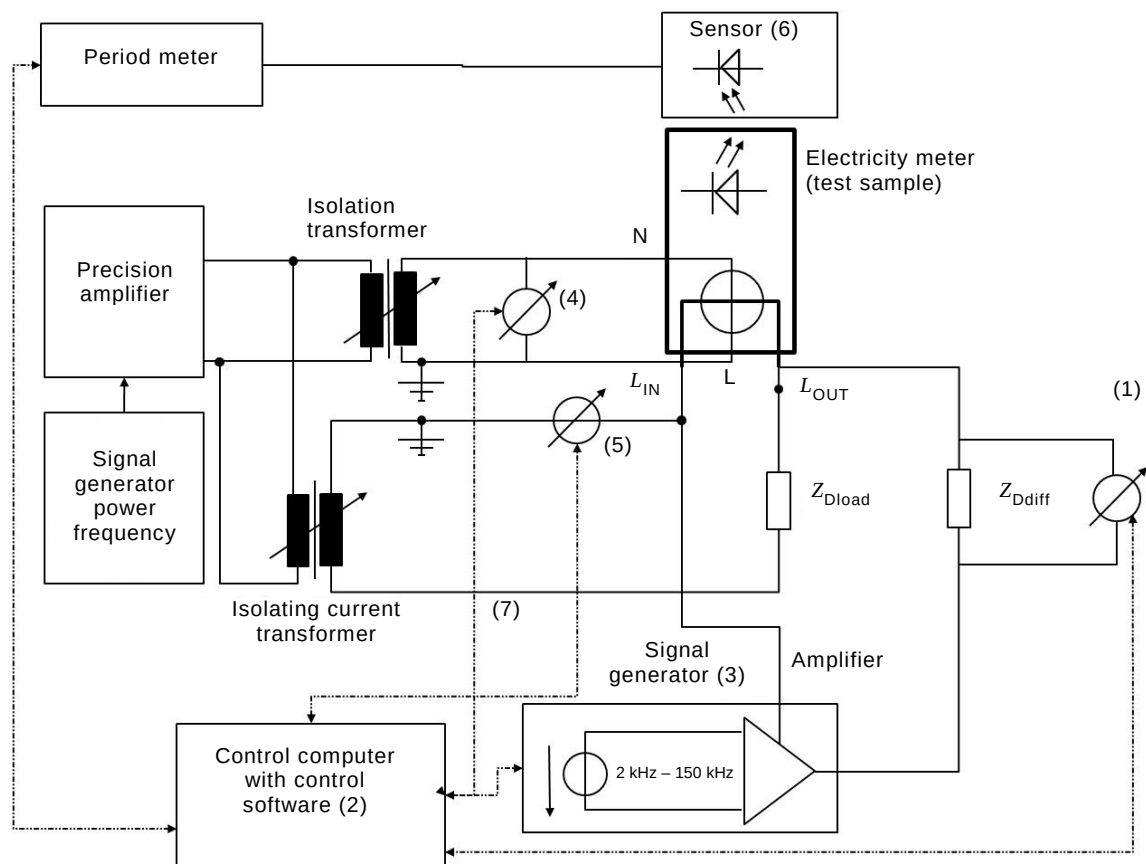
NOTE 1 La valeur 1Ω de l'impédance de découplage $Z_{Dcharge}$ produit une faible influence sur le courant d'essai différentiel lorsque l'impédance du chemin de courant du compteur (comprenant toutes les impédances de connexion) est de $10 \text{ m}\Omega$ ou inférieure.

En cas d'un courant de charge de 10 A , cela produit une dissipation de puissance de 100 W avec une impédance purement ohmique $Z_{Dcharge}$ de 1Ω . D'autres valeurs $Z_{Dcharge}$ peuvent être choisies si le facteur de puissance est dans les limites requises par la norme produit.

NOTE 2 Dans certains cas, il peut être conseillé de découpler les circuits de tension des circuits de courant (par exemple les condensateurs parallèles avec faible valeur de capacité).

Figure C.2 – Exemple d'un circuit d'essai

C.3 Exemple d'une installation réalisée avec schémas



IEC 1459/14

Légende

Anglais	Français
Period meter	Générateur de signal périodique
Sensor (6)	Capteur (6)
Electricity meter (test sample)	Compteur d'électricité (échantillon d'essai)
Z_{Ddiff}	Z_{Ddiff}
Isolation transformer	Transformateur d'isolement
Precision amplifier	Amplificateur de précision
Signal generator power frequency	Fréquence industrielle du générateur de signal
Isolating current transformer	Transformateur de courant d'isolement
Signal generator (3)	Générateur de courant (3)
Amplifier	Amplificateur
Control computer with control software (2)	Ordinateur de commande avec logiciel de commande (2)

Les pointillés dans la figure sont les lignes de commande (par exemple: RS 232 et IEC bus 488).

Figure C.3 – Exemple d'une installation d'essai réalisée

Le courant différentiel passant de $L_{ENTRANT}$ à $L_{SORTANT}$ est mesuré par le compteur de courant (1). Le logiciel (2) augmente le niveau du générateur de signal (3) de zéro au niveau d'essai souhaité par étapes. Le niveau de signal est augmenté jusqu'à ce que le niveau d'essai souhaité soit atteint. Puis le signal est appliqué aux paliers sélectionnés (jusqu'à ce que le relevé des valeurs d'énergie soit stable ou tel que spécifié par le fabricant). Pendant le temps de palier, la tension (4) et le courant (5) de fréquence de ligne sont

mesurés et la période d'impulsion de la sortie du capteur (6) est également mesurée. La moyenne du courant, de la tension et de la période est alors utilisée pour le calcul de l'erreur de pourcentage supplémentaire.

Il faut faire particulièrement attention avec le câblage afin d'éviter les boucles de courant générant autour des câbles des champs magnétiques puissants qui peuvent perturber le compteur directement via le couplage d'un champ magnétique.

NOTE Une petite partie du courant d'essai différentiel dans cette installation passe par le circuit de courant de charge (7) et non par l'EUT. Mais cette partie est très petite puisque l'impédance du chemin de courant est très basse en comparaison avec la résistance de découplage dans le chemin de courant de charge. Le courant peut être négligé ou déterminé dans un essai préalable puis corrigé dans le calcul ou la génération de signal. D'autres mesures telles qu'une bobine d'inductance comme filtre passe-bas dans le chemin de courant peuvent également être utilisées.

Annexe D (informative)

Profils d'ondes d'essai

Les spécifications d'essai indiquées à l'Article 5 sont basées sur deux types d'interférences éventuelles qui entraînent deux profils d'ondes d'essai différents comme cela est décrit ci-dessous:

- 1) Un profil d'ondes d'essai avec des impulsions à ondes continues avec pauses, qui est représentatif des interférences électromagnétiques dues la signalisation du CPL ou aux émissions provenant d'un convertisseur c.a./c.c. ou c.c./c.a.

Pour simuler la nature de ces composants de tension/courant et, par conséquent, pour bien vérifier la sensibilité liée du matériel électrique, un essai avec une tension/un courant en modulation d'amplitude c.a. est spécifié, la fréquence porteuse étant balayée dans la gamme de 2 kHz à 150 kHz.

Entre deux impulsions à ondes continues, une pause est spécifiée, représentant généralement la nature à temps limité des tensions/courant à ondes continues dans le cas où l'appareil de perturbation est mis en marche puis mis en arrêt après une certaine période. L'application de temps de pause plus courts peut entraîner une situation où il ne serait pas possible de reconnaître la sensibilité donnée de base, par exemple celle des appareils à commande sensitive, à cause du temps de réaction d'un circuit électronique.

Pour l'essai à ondes continues spécifié dans la présente norme, la durée de ces pauses est définie avec 300 ms.

- 2) Un profil d'ondes d'essai avec impulsions modulées rectangulairement, qui est représentatif des composants de tension/courant, avec des fréquences dans la gamme de quelques dizaines de kHz, et dont l'enveloppe change au fil du temps. Le comportement dans le temps de cette enveloppe détermine la sévérité de l'effet de perturbation.

Surtout, quatre fréquences de modulation sont spécifiées:

- 101 Hz, 301 Hz et 601 Hz pour une fréquence d'alimentation de 50 Hz ou 121 Hz, 361 Hz et 721 Hz pour une fréquence d'alimentation de 60 Hz,

qui sont représentatives des situations d'interférence électromagnétiques causées par les composants de tension/courant non intentionnels provenant des onduleurs c.a./c.c. ou c.c./c.a. monophasés ou triphasés, fonctionnant de manière synchrone à la fréquence du réseau;

- 3 Hz (pour la fréquence d'alimentation de 50 Hz) ou 4 Hz (pour la fréquence d'alimentation de 60 Hz), qui sont représentatives du comportement de manipulation des signaux générés intentionnellement en provenance de la CPL.

Bibliographie

- [1] J. Kirchhof, G. Klein, Results of the OPTINOS Project – Deficits and Uncertainties in Photovoltaic Inverter Test Procedures, Fraunhofer IWES Institute for Wind Energy and Energy System Technology, 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, 21st to 25th September 2009, Hamburg
- [2] S. Rönnerberg, M. Wahlberg, M. Bollen, A. Larsson, M. Lundmark – Measurements of Interaction between Equipment in the Frequency Range 9 to 95 kHz, 20th CIREP Conference, Prague, 8 – 11/09, Paper 0231
- [3] Laboratoires Seibersdorf. Laboratoire d'essai pour la compatibilité électromagnétique: Certificat N° EMV-E 40/09 concernant les perturbations des systèmes AMR sur les produits des consommateurs connectés au réseau public d'alimentation électrique (lampes à variateur, tables vitrocéramiques), à partir du 14/10/09
- [4] Rapport d'essai TÜV N° M/EMV-09/164, à partir du 14/5/09 (Essai de conformité du compteur AMR-CPL + concentrateur comme matériel du partenaire pour la transmission des données, conformément à l'EN 50065-1)
- [5] Rapport d'essai TÜV N° M/EMV-09/165, à partir du 14/5/09 (Essais de conformité des lampes de table, conformément à l'EN 61547)
- [6] S. Rönnerberg, M. Bollen, M. Wahlberg – Interaction between Narrowband Power-Line Communication and End-User Equipments, IEEE Transactions on power delivery, Vol. 26, No. 3, 3 July 2011
- [7] SC205A/Sec0260/R – Study report on electromagnetic interference between electrical equipment / systems in the frequency range below 150 kHz, CENELEC SC 205A, April 2010
- [8] SC205A/Sec0339/R – Study report on electromagnetic interference between electrical equipment / systems in the frequency range below 150 kHz, CENELEC SC 205A, April 2013 (Disponible en anglais uniquement)

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

IEC 60050-161, *Vocabulaire Électrotechnique International (VEI) – Partie 161: Compatibilité électromagnétique*

IEC 60068-1:1988, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et guide*
Amendement 1:1992

IEC 61000-2-2:2002, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-2: Environnement – Niveaux de compatibilité pour les perturbations conduites à basse fréquence et la transmission des signaux sur les réseaux publics d'alimentation basse tension*

IEC/TR 61000-2-5:2011, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-5: Environnement – Description et classification des environnements électromagnétiques*

IEC 61000-2-12:2003, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-12: Environnement – Niveaux de compatibilité pour les perturbations conduites à basse fréquence et la transmission des signaux sur les réseaux publics d'alimentation moyenne tension*

IEC 61000-3-8:1997 *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3: Limites – Section 8: Transmission de signaux dans les installations électriques à basse tension – Niveaux d'émission, bandes de fréquences et niveaux de perturbations électromagnétiques*

IEC/TS 62578:2009, *Power electronics systems and equipment – Operation conditions and characteristics of active infeed converter applications* (disponible en anglais seulement)

CISPR 14-1:2005, *Compatibilité électromagnétique – Exigences pour les appareils électrodomestiques, outillages électriques et appareils analogues – Partie 1: Émission*
Amendement 1:2008
Amendement 2:2011

CISPR 15:2013, *Limites et méthodes de mesure des perturbations radioélectriques produites par les appareils électriques d'éclairage et les appareils analogues*

EN 50160:2010, *Caractéristiques de la tension fournie par les réseaux publics de distribution*

EN 50065 (toutes les parties), *Transmission de signaux sur les réseaux électriques basse tension dans la bande de fréquences de 3 kHz à 148,5 kHz*

EN 50065-1:2011, *Transmission de signaux sur les réseaux électriques basse tension dans la bande de fréquences de 3 kHz à 148,5 kHz – Partie 1: Règles générales, bandes de fréquences et perturbations électromagnétiques (harmonisée)*

TR 50579:2012, *Équipement de comptage d'électricité (c.a.) – Niveaux de sévérité, exigences d'immunité et méthodes d'essai pour les perturbations conduites dans le domaine de fréquence de 2 kHz à 150 kHz*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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