

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



BASIC EMC PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

**Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 4-12: Testing and measurement techniques – Ring wave immunity test**

**Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Partie 4-12: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à l'onde
sinusoïdale fortement amortie**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

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

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

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

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

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



BASIC EMC PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

**Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 4-12: Testing and measurement techniques – Ring wave immunity test**

**Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Partie 4-12: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à l'onde
sinusoïdale fortement amortie**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.100.20

ISBN 978-2-8322-4556-9

**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	5
INTRODUCTION	7
1 Scope	8
2 Normative references	8
3 Terms, definitions and abbreviated terms	8
3.1 Terms and definitions	8
3.2 Abbreviated terms	10
4 General	10
4.1 Description of the phenomenon	10
4.2 Relevant parameters	12
4.2.1 Repetition rate	12
4.2.2 Phase angle	12
5 Test levels	13
6 Test instrumentation	13
6.1 Ring wave generator	13
6.1.1 Ring wave generator circuit	13
6.1.2 Impedance values	14
6.1.3 Performance characteristics of the ring wave generator	14
6.1.4 Calibration of the ring wave generator	15
6.2 Coupling/decoupling networks	15
6.2.1 General	15
6.2.2 Coupling/decoupling networks for AC/DC power port rated up to 63 A per line	16
6.2.3 Coupling/decoupling networks for interconnection lines	19
6.3 Calibration of coupling/decoupling networks	22
6.3.1 General	22
6.3.2 Calibration of CDNs for AC/DC power port rated up to 63 A per line	22
6.3.3 Calibration of CDNs for interconnection lines	23
7 Test setup	26
7.1 Test equipment	26
7.2 Verification of the test instrumentation	27
7.3 Test setup for ring waves applied to EUT power ports	27
7.4 Test setup for ring waves applied to unshielded unsymmetrical interconnection lines	28
7.5 Test setup for ring waves applied to unshielded symmetrical interconnection lines	28
7.6 Test setup for ring waves applied to shielded lines	28
7.7 Protective earth connection	29
8 Test procedure	30
8.1 General	30
8.2 Laboratory reference conditions	30
8.2.1 Climatic conditions	30
8.2.2 Electromagnetic conditions	30
8.3 Execution of the test	30
9 Evaluation of test results	31

10 Test report.....	32
Annex A (informative) Information on electromagnetic environments, installation classes and test levels	33
Annex B (informative) Selection of generators and test levels	35
B.1 General.....	35
B.2 The classification of environments	35
B.3 The definition of port types.....	35
B.4 Selection of the test levels	36
Annex C (informative) Explanatory notes	38
C.1 Different source impedance	38
C.2 Application of the tests.....	38
C.2.1 Equipment level immunity	38
C.2.2 System level immunity	38
Annex D (informative) Measurement uncertainty (MU) considerations	39
D.1 General.....	39
D.2 Legend for ring wave parameters	39
D.3 Uncertainty contributors to the ring wave measurement uncertainty	40
D.4 Uncertainty of the generator output voltage and current measurement	40
D.4.1 General	40
D.4.2 Rise time of the ring wave	40
D.4.3 Peak of the ring wave	42
D.4.4 Further MU contributions to time measurements	43
D.4.5 Rise time of the step response and bandwidth of the frequency response of the measuring system.....	43
D.4.6 Impulse peak and width distortion due to the limited bandwidth of the measuring system.....	44
D.5 Application of uncertainties in the ring waveform compliance criterion	45
Bibliography.....	46
Figure 1 – Waveform of the ring wave (open-circuit voltage and short-circuit current)	12
Figure 2 – Example of schematic circuit of the ring wave generator	14
Figure 3 – Selection of coupling/decoupling method.....	16
Figure 4 – Example of coupling network and decoupling network for capacitive coupling on AC/DC lines: line-to-line coupling.....	17
Figure 5 – Example of coupling network and decoupling network for capacitive coupling on AC/DC lines: line-to-ground coupling.....	18
Figure 6 – Example of coupling network and decoupling network for capacitive coupling on AC lines (three phases): line L3-to-line L2 coupling.....	18
Figure 7 – Example of coupling network and decoupling network for capacitive coupling on AC lines (three phases): line L3-to-ground coupling	19
Figure 8 – Example of coupling network and decoupling network for unshielded unsymmetrical interconnection lines: line-to-line and line-to-ground coupling	20
Figure 9 – Example of coupling and decoupling network for unshielded symmetrical interconnection lines: lines-to-ground coupling.....	21
Figure 10 – Example of coupling and decoupling network for unshielded symmetrical interconnection lines: lines-to-ground coupling via capacitors	22
Figure 11 – Example of test setup for ring waves applied to shielded lines	29

Table 1 – Test levels.....	13
Table 2 – Relationship between peak open-circuit voltage and peak short-circuit current.....	15
Table 3 – Ring wave specification at the EUT power port of the CDN.....	17
Table 4 – Summary of calibration process for CDNs for unsymmetrical interconnection lines.....	24
Table 5 – Ring wave waveform specifications at the EUT port of the CDN for unsymmetrical interconnection lines.....	25
Table 6 – Summary of calibration process for CDNs for symmetrical interconnection lines.....	26
Table 7 – Ring wave waveform specifications at the EUT port of the CDN for symmetrical interconnection lines	26
Table B.1 – Power ports: Selection of the test levels (depending on the installation class).....	36
Table B.2 – Circuits/lines: Selection of the test levels (depending on the installation class).....	37
Table D.1 – Example of uncertainty budget for ring wave rise time (T_1).....	41
Table D.2 – Example of uncertainty budget for the peak of the short-circuit current of the ring wave (I_{PK1}).....	42
Table D.3 – α factor (Formula (D.3)) of different unidirectional impulse responses corresponding to the same bandwidth of the system B	44

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-12:2017

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –**Part 4-12: Testing and measurement techniques –
Ring wave immunity test****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 61000-4-12 has been prepared by subcommittee 77B: High frequency phenomena, of IEC technical Committee 77: Electromagnetic compatibility.

It forms Part 4-12 of IEC 61000. It has the status of a basic EMC publication in accordance with IEC Guide 107.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2006. This edition constitutes a technical revision. This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) addition of a mathematical modelling of ring wave waveform;
- b) new Annex B on selection of generators and test levels;
- c) new Annex C on explanatory notes;
- d) new Annex D on measurement uncertainty;

- e) addition of high speed CDN;
- f) addition of a calibration procedure for CDN.

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

CDV	Report on voting
77B/764/CDV	77B/774/RVC

Full information on the voting for the approval of this International 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-12:2017

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 will be published with the part number followed by a dash and a second number identifying the subdivision (example: IEC 61000-6-1).

This part is an International Standard which gives immunity requirements and test procedures related to ring waves. It should be noted that edition 1 of IEC 61000-4-12, published in 1995, covered immunity tests against two phenomena, ring waves and damped oscillatory waves. This situation was changed in edition 2, published in 2006, where IEC 61000-4-12 covered the ring wave phenomena only and the damped oscillatory wave phenomenon was moved into a new standard IEC 61000-4-18.

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4-12: Testing and measurement techniques – Ring wave immunity test

1 Scope

This part of IEC 61000 relates to the immunity requirements and test methods for electrical and electronic equipment, under operational conditions, to ring waves occurring in low-voltage power, control and signal lines supplied by public and non-public networks.

The object of this document is to establish a common reference for evaluating the immunity of electrical and electronic equipment when subjected to ring waves. The test method documented in this part of IEC 61000 describes a consistent method to assess the immunity of an equipment or system against a defined phenomenon.

NOTE As described in IEC Guide 107, this is a basic EMC publication for use by product committees of the IEC. As also stated in Guide 107, the IEC product committees are responsible for determining whether this immunity test standard is applied or not, and if applied, they are responsible for determining the appropriate test levels and performance criteria. TC 77 and its sub-committees are prepared to co-operate with product committees in the evaluation of the value of particular immunity test and test levels for their products.

This document defines:

- test voltage and current waveforms;
- a range of test levels;
- test equipment;
- test setups;
- test procedures.

2 Normative references

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

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)* (available at www.electropedia.org)

3 Terms, definitions and abbreviated terms

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050 (all parts) as well as the following apply.

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

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

3.1.1**calibration**

set of operations which establishes, by reference to standards, the relationship which exists under specified conditions, between an indication and a result of a measurement

Note 1 to entry: This term is based on the "uncertainty" approach.

Note 2 to entry: The relationship between the indications and the results of measurement can be expressed, in principle, by a calibration diagram.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-01-09]

3.1.2**coupling**

interaction between circuits, transferring energy from one circuit to another

3.1.3**coupling network****CN**

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

3.1.4**coupling/decoupling network****CDN**

combination of a coupling network and a decoupling network

3.1.5**decoupling network****DN**

electrical circuit for the purpose of preventing test voltages applied to the equipment under test (EUT) from affecting other devices, equipment, or systems which are not under test

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**port**

particular interface of an equipment, which couples this equipment with the external electromagnetic environment (IEC 60050-161:1990, 161-01-01) and through which the equipment is influenced by the environment

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-27]

3.1.8**ring wave**

damped oscillation, whose damping time constant is of the order of one period

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-02-30]

3.1.9**rise time** **T_r**

interval of time between the instants at which the instantaneous value of an impulse first reaches 10 % value and then the 90 % value

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-02-05, modified – the content of the note has been included in the definition and “pulse” has been changed to “impulse”]

3.1.10

transient (adj and noun)

pertaining to or designating a phenomenon or a quantity which varies between two consecutive steady states during a time interval short compared with the time-scale of interest

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-02-01]

3.1.11

verification

set of operations which is used to check the test equipment system (e.g. the test generator and its interconnecting cables) to demonstrate that the test system is functioning

Note 1 to entry: The methods used for verification may be different from those used for calibration.

Note 2 to entry: For the purposes of this basic EMC standard this definition is different from the definition given in IEC 60050-311:2001, 311-01-13.

3.2 Abbreviated terms

AE	Auxiliary equipment
CD	Coupling device
CDN	Coupling/decoupling network
CLD	Clamping device
CN	Coupling network
DN	Decoupling network
EMC	Electromagnetic compatibility
EUT	Equipment under test
GDT	Gas discharge tube
MU	Measurement uncertainty
PDF	Probability density function
PE	Protective earth
RGP	Reference ground plane
RWG	Ring wave generator
SPD	Surge protective device

4 General

4.1 Description of the phenomenon

The ring wave (described in Figure 1) is an oscillatory transient, induced in low-voltage cables due to the switching of electrical networks and reactive loads, faults and insulation breakdown of power supply circuits or lightning. It is, in fact, the most diffused phenomenon occurring in power supply (high voltage, medium voltage, low voltage) networks, as well as in control and signal lines.

The ring wave is representative of a wide range of electromagnetic environments of residential, as well as industrial installations. It is suitable for checking the immunity of equipment in respect of the above-mentioned phenomena, which give rise to impulses characterized by sharp front-waves that, in the absence of filtering actions, are in the order of 10 ns to a fraction of μs . The duration of these impulses may range from 10 μs to 100 μs .

The rise time and duration of the impulse are dependent on the propagation characteristics of the media and the path.

The propagation of the wave in the lines (power and signal) is always subject to reflections, due to the mismatching impedance (the lines are terminated with loads or connected to protection devices, input line filters, etc.). These reflections produce oscillations, whose frequency is related to the propagation speed. The presence of parasitic parameters (e.g. stray capacitance of components like motors, transformer windings, etc.) are additional influencing factors.

The rise time can be increased by the low-pass characteristics of the line. This effect is more relevant for fast rise times (in the order of 10 ns), and less relevant for slow rise times (in the order of 1 µs).

Another cause of the ring wave is lightning, which itself is characterized by a unidirectional waveform (standard 1,2/50 µs impulse). Circuits subjected to the indirect effects of lightning (inductive coupling among lines) are influenced by the derivative of the primary impulse and the coupling mechanisms involved, which can cause oscillations. The characteristics of the resulting ring wave depend on the reactive parameters of the ground circuits, metal structures involved in the lightning current flow, and the propagation in the low-voltage transmission lines.

The phenomenon, which is created by the above mentioned effects at the equipment ports, is an oscillatory transient or a ring wave. Oscillatory transients are covered in IEC 61000-4-18. A ring wave with a defined 0,5 µs rise time and 100 kHz oscillation frequency has been determined to be typical and is widely used for testing products.

The formula of the ideal waveform of Figure 1, $w(t)$, is as follows:

$$w(t) = A \cdot K \cdot \frac{\left(\frac{t}{t_1}\right)^n}{1 + \left(\frac{t}{t_1}\right)^n} \cdot \exp\left(-\frac{t}{t_2}\right) \cdot \cos(\beta t)$$

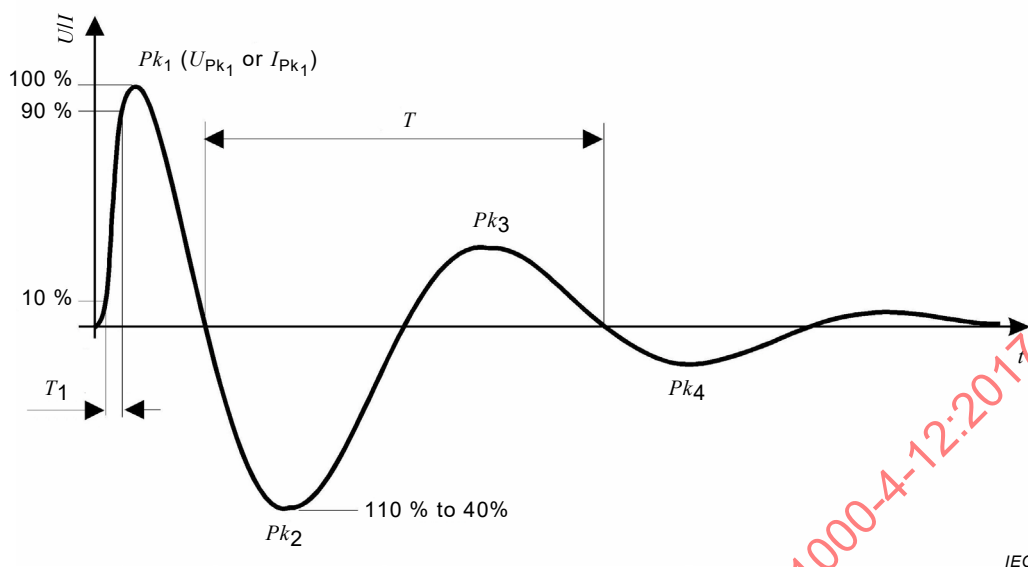
with

$$t_2 = \frac{T}{2} \cdot \frac{1}{\ln R} = 7,21 \mu\text{s} \text{ and } \beta = \frac{2\pi}{T} \text{ and } T = 10 \mu\text{s}$$

where the parameters for oscillation period $T = 10 \mu\text{s}$ are:

$$A = 1; K = 1,81; n = 1,83; t_1 = 0,507 \mu\text{s}$$

NOTE R is the ratio between Pk_2 and Pk_3 , Pk_3 and Pk_4 . The value of R ensures that the ratios Pk_2/Pk_3 , Pk_3/Pk_4 are in the range specified by this document. The value of R cannot be too small otherwise the ratio Pk_1/Pk_2 exceeds the specified tolerance. $R = 2$ has been selected. The parameters n and t_1 are adjusted to obtain $T_1 = 0,5 \mu\text{s}$.



Key

- T_1 Rise time
 T Oscillation period

NOTE Only Pk_1 is specified for the current waveform.

**Figure 1 – Waveform of the ring wave
(open-circuit voltage and short-circuit current)**

Other IEC standards, such as IEC 61000-4-5, refer to the 1,2/50 μ s standard lightning impulse, which may be considered to be complementary to the ring wave described in this document.

It is the responsibility of the product committees to define the most appropriate test, according to the phenomenon considered as relevant.

4.2 Relevant parameters

4.2.1 Repetition rate

The repetition rate of the transient is directly related to the frequency of occurrence of the primary phenomenon (lightning and switching). It is higher whenever the primary cause is the load switching in control lines, and less frequent in the case of faults and lightning. The occurrence may typically range from once per second down to once per year.

The repetition rate may be increased in order to reduce the duration of the test. It should be selected according to the characteristics of the protection device used for mitigation/suppression of transients.

4.2.2 Phase angle

Equipment failures related to the ring wave on power supply sources can depend on the phase angle of the AC mains at which the transient is applied. When a protection element operates during a ring wave test, follow current may occur depending on the phase angle at which the transient occurs. Follow current is the current from the connected power source that flows through a protective element, or from any arc in the EUT both during and following the transient.

For semiconductors, the phenomenon may be related to the conduction state of the device at the time the ring wave occurs. Semiconductor parameters that may be involved, include forward and reverse recovery characteristics and secondary breakdown performance.

Devices most likely to fail in a phase-related way are semiconductors involved in the power input circuitry. Other devices in different areas of the EUT can also exhibit such failure modes.

5 Test levels

The preferred test levels for the ring wave applicable to power, signal and control ports of the equipment, are given in Table 1. The test level is defined as the voltage of the first peak (maximum or minimum) in the test waveform (Pk_1 in Figure 1).

Different test levels may apply to power, signal and control ports.

Table 1 – Test levels

Level	Open-circuit test voltage	
	kV	
	Line-to-line	Line-to-ground ^b
1	0,25	0,5
2	0,5	1
3	1	2
4	2	4
X ^a	Special	Special
^a "X" can be any level, above, below or in between the others. This level shall be specified by product committees and/or equipment specification.		
^b For symmetrical interconnection lines the test can be applied to multiple lines simultaneously with respect to ground, i.e. "lines to ground".		

The test levels shall be selected according to the installation conditions; classes of installation are given in Annex C. Annex A gives information on test levels.

The test shall be applied at all test levels in Table 1 up to and including the specified test level (see 8.3).

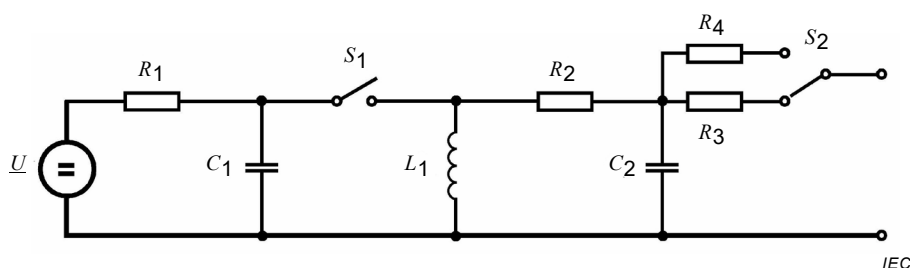
For selection of the test levels for the different interfaces, refer to Annex B.

6 Test instrumentation

6.1 Ring wave generator

6.1.1 Ring wave generator circuit

The generator output shall have the capability to operate under short-circuit conditions. A block diagram of a representative ring wave generator is shown in Figure 2.



Key

U :	high-voltage source	R_3 :	30 Ω resistor
C_1 :	energy storage capacitor	R_4 :	12 Ω resistor
C_2 :	filter capacitor	L_1 :	oscillating circuit coil
R_1 :	charging resistor	S_1 :	high-voltage switch
R_2 :	filter resistor	S_2 :	output impedance selector

Figure 2 – Example of schematic circuit of the ring wave generator

6.1.2 Impedance values

Two values of impedance (see R_3 and R_4 in Figure 2) have been selected as follows:

- 12 Ω when testing AC/DC power ports and shielded interconnection lines
- 30 Ω when testing unshielded interconnection lines

6.1.3 Performance characteristics of the ring wave generator

A generator with a floating output shall be used.

The generator is a single-shot ring wave generator with the following characteristics, measured at the output of the generator:

- voltage rise time (T_1 in Figure 1) 0,5 $\mu\text{s} \pm 30\%$ (open-circuit condition)
- current rise time (T_1 in Figure 1) 0,2 μs to 1,0 μs (short-circuit condition)
- voltage oscillation frequency ($1/T$ in Figure 1) 100 kHz $\pm 10\%$

NOTE 1 Oscillation frequency is defined as the reciprocal of the period between the first and third zero crossings after the initial peak.

- decay (voltage only; see Figure 1)
 - 0,4 $\leq$ ratio of Pk_2 to $Pk_1 \leq 1,1$
 - 0,4 $\leq$ ratio of Pk_3 to $Pk_2 \leq 0,8$
 - 0,4 $\leq$ ratio of Pk_4 to $Pk_3 \leq 0,8$
 - no requirements for Pk_5 onwards
- repetition rate 1/min or faster
- output impedance see Table 2

NOTE 2 The output impedance is calculated from the open-circuit voltage U_{Pk1} divided by the short-circuit current I_{Pk1}

- open-circuit voltage U_{Pk1} (see Figure 1) adjustable from 0,25 kV to the required test level
- short-circuit current I_{Pk1} (see Figure 1) see Table 2
- phase shifting in a range between 0° to 360° relative to the phase angle of the AC line voltage to the EUT with a tolerance of $\pm 10^\circ$

- polarity of Pk_1 (see Figure 1) positive and negative

Table 2 – Relationship between peak open-circuit voltage and peak short-circuit current

Open-circuit peak voltage $\pm 10\%$ at generator output	Short-circuit peak current $\pm 10\%$ at 12 Ω generator output	Short-circuit peak current $\pm 10\%$ at 30 Ω generator output
0,25 kV	20,8 A	8,3 A
0,5 kV	41,7 A	16,7 A
1,0 kV	83,3 A	33,3 A
2,0 kV	166,7 A	66,7 A
4,0 kV	333,3 A	133,3 A

6.1.4 Calibration of the ring wave generator

The test generator characteristics shall be calibrated in order to establish that they meet the requirements of this document. For this purpose the following procedure shall be undertaken.

The generator output shall be connected to a measurement system with a sufficient bandwidth (minimum 20 MHz), voltage and current capability to monitor the characteristics of the waveform.

The characteristics of the generator shall be measured both under open-circuit (load greater than or equal to 10 k Ω) and short-circuit conditions at the same set voltage.

All performance characteristics stated in 6.1.3, with the exception of phase shifting and repetition rate, shall be met at the output of the generator. Phase shifting performance shall be met at the output of the CDN at 0°, 90°, 180° and 270° at one polarity.

6.2 Coupling/decoupling networks

6.2.1 General

Each coupling/decoupling network (CDN) consists of a coupling network and a decoupling network as shown in the examples of Figure 4 through Figure 10.

NOTE The coupling capacitors can be part of the CDN or part of the generator or discrete external components.

The coupling network shall be provided with a coupling capacitor suitable for the selected impedance of the test generator, i.e. $\geq 3\ \mu\text{F}$.

On the AC or DC power lines, the decoupling network provides relatively high impedance to the ring wave transient but at the same time allows current to flow to the EUT. This impedance allows the voltage waveform to be developed at the output of the coupling/decoupling network and prevents the ring wave current from flowing back into the AC or DC power supply. High voltage capacitors are used as the coupling element, sized to allow the full waveform durations to be coupled to the EUT. The coupling/decoupling network for the AC or DC power supply shall be designed so that the open-circuit voltage waveform and short-circuit current waveform meet the requirements of Table 3.

For I/O and communication lines, the series impedance of the decoupling network limits the available bandwidth for data transmission. Coupling elements can be capacitors, in cases where the line tolerates the capacitive loading effects, clamping devices or arrestors. When coupling to interconnection lines, the waveforms may be distorted by the coupling mechanisms which are described in 6.2.3.

The coupling/decoupling network for the unshielded interconnection lines shall be designed so that the open-circuit voltage waveform and short-circuit current waveform meet the requirements of Table 5 and Table 7.

Each coupling/decoupling network shall satisfy the requirements of 6.2.2 or 6.2.3 and shall meet the calibration requirements in 6.3. Their use is made according to the flowchart in Figure 3:

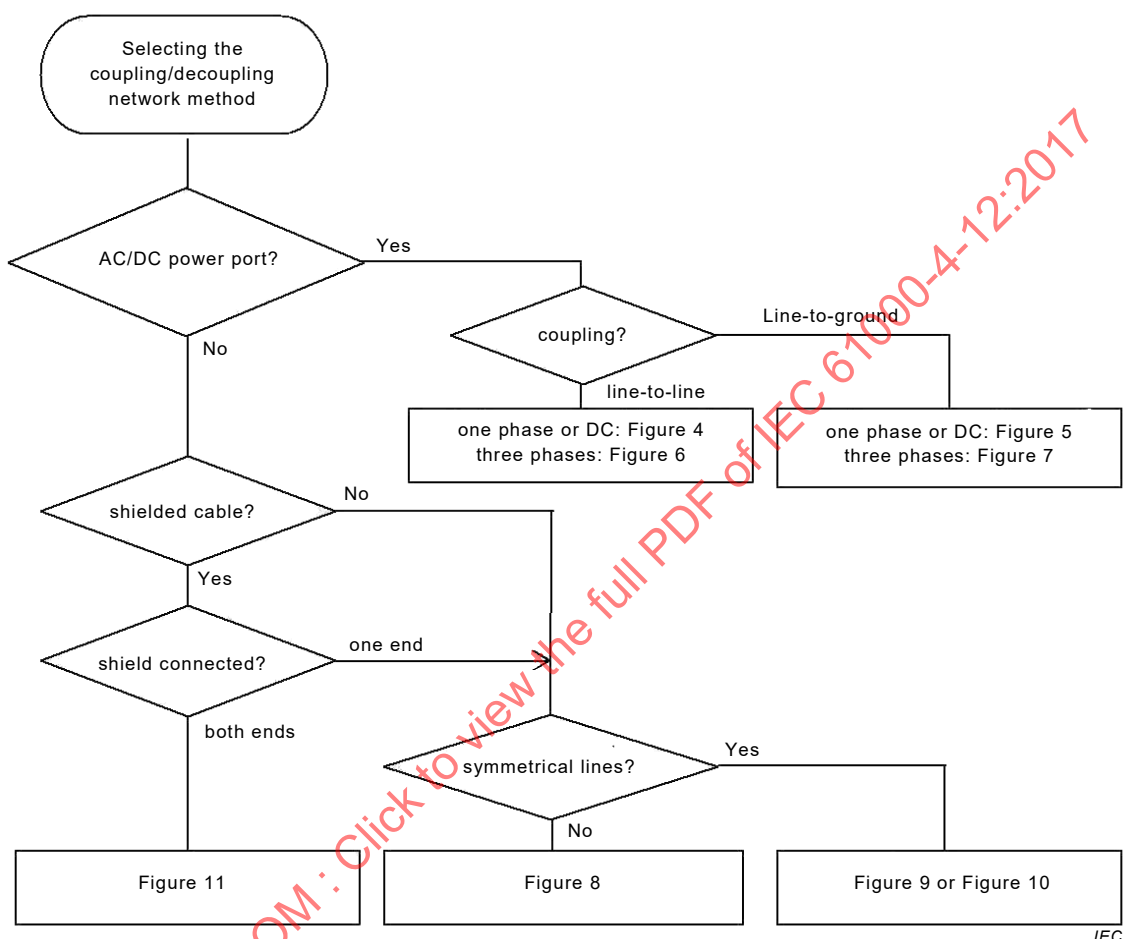


Figure 3 – Selection of coupling/decoupling method

6.2.2 Coupling/decoupling networks for AC/DC power port rated up to 63 A per line

The peak amplitude Pk_1 and rise time shall be verified for voltage under open-circuit conditions and for current under short-circuit conditions, at the EUT port as well as the oscillation period in addition to the voltage under open-circuit conditions. The waveform parameters measured at the EUT port of the CDN are dependent upon the generator source and as such are only valid for the particular generator/CDN combination tested. The CDN shall be connected to a measuring system with a sufficient bandwidth, voltage and current capability to monitor the characteristics of the waveforms.

NOTE The surge and ring wave originate from the same disturbance sources. The ring wave is the outcome of the involved cable layout and the surge protective device (SPD) between the disturbance source and the power outlet. For currents larger than 63 A the cable layout forms usually a part of the EUT and therefore the EUT is tested in accordance with IEC 61000-4-5.

The decoupling inductance shall be selected by the CDN manufacturer so that the voltage drop across the CDN shall not exceed 10 % of the CDN input voltage at the specified current rating, but should not exceed 1,5 mH.

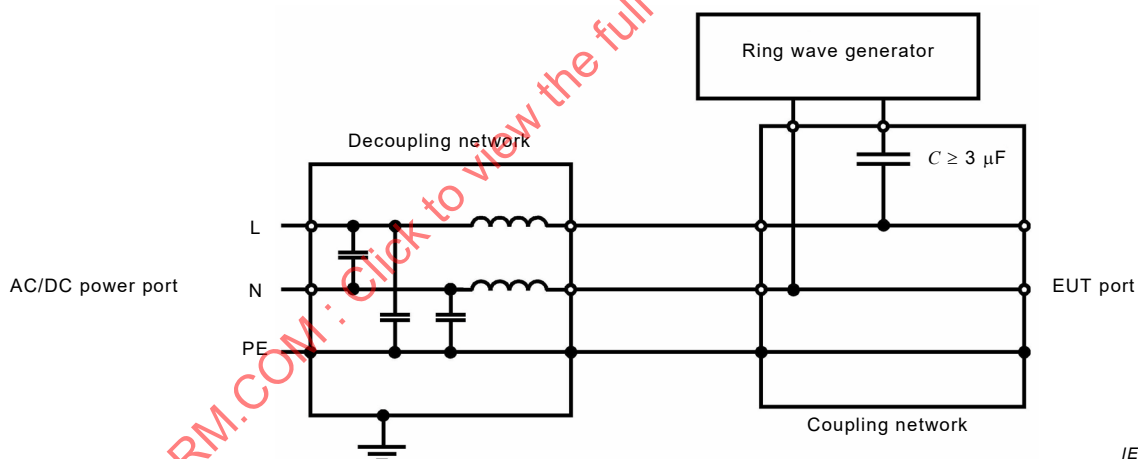
To prevent unwanted voltage drops in the CDN, the value of the decoupling element shall be reduced for CDNs rated at > 16 A. As a consequence, the peak current can vary within the tolerances given in Table 3 below.

Table 3 – Ring wave specification at the EUT power port of the CDN

Ring wave parameter under short-circuit condition	Peak current
Peak current I_{pk1}	
Current rating ≤ 16 A	+10 –10 %
$16 \text{ A} < \text{current rating} \leq 32 \text{ A}$	+10 –10 %
$32 \text{ A} < \text{current rating} \leq 63 \text{ A}$	+10 –25 %
NOTE The current rating is the CDN rating.	

All performance characteristics stated in 6.1.3, with the exception of the repetition rate, shall be met at the output of the CDN. Phase shifting performance shall be met at 0° , 90° , 180° and 270° at one polarity.

The above mentioned characteristics are applicable for single-phase systems (line, neutral, protective earth) and three-phase systems (three-phase wires, neutral and protective earth).



IEC

Figure 4 – Example of coupling network and decoupling network for capacitive coupling on AC/DC lines: line-to-line coupling

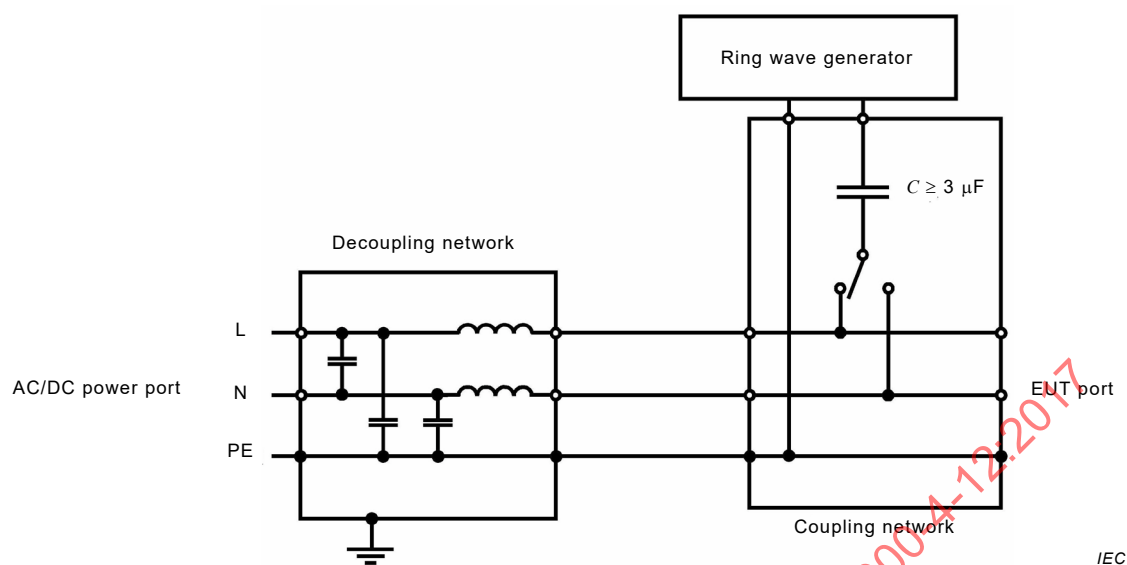
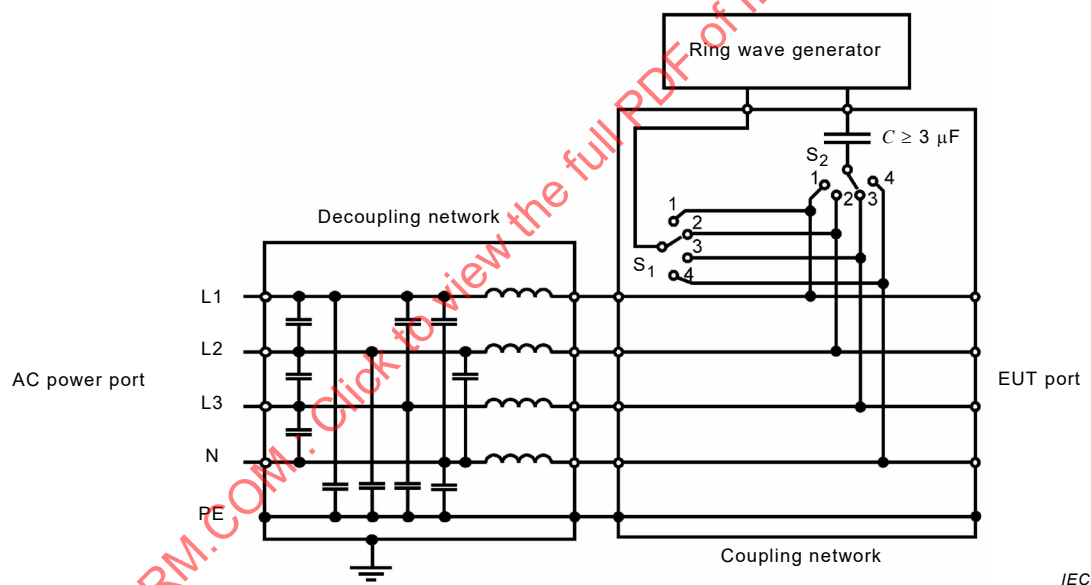


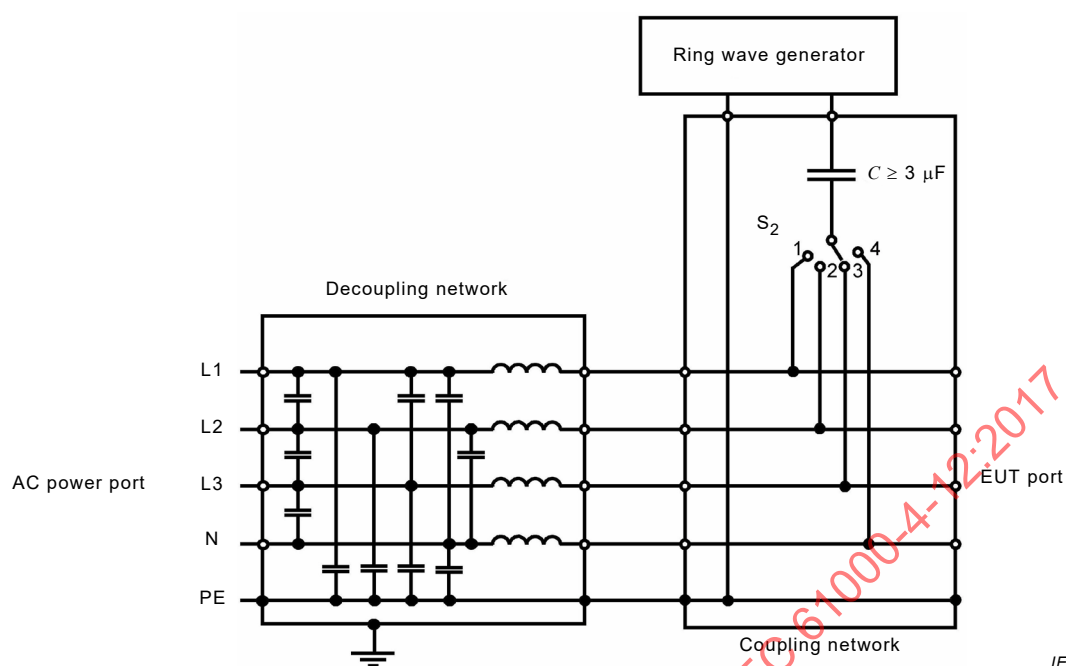
Figure 5 – Example of coupling network and decoupling network for capacitive coupling on AC/DC lines: line-to-ground coupling



Switches S_1 and S_2 are used to select individual lines for test.

During testing, the position of switch S_2 is different from the position of switch S_1 .

Figure 6 – Example of coupling network and decoupling network for capacitive coupling on AC lines (three phases): line L3-to-line L2 coupling



Switch S_2 is used to select individual lines for test.

Figure 7 – Example of coupling network and decoupling network for capacitive coupling on AC lines (three phases): line L3-to-ground coupling

6.2.3 Coupling/decoupling networks for interconnection lines

6.2.3.1 General

The coupling method shall be selected as a function of interconnection cable types, the circuits, and the operational conditions supported by the product specification/standard.

Coupling to unshielded lines requires coupling devices (CDs) that ensure sufficient insulation between the interconnection lines and the ring wave generator, but allow efficient transfer of the ring wave impulse.

Any CDs, such as capacitors or gas discharge tubes (GDTs) capable of meeting the coupling and insulation functions may be used.

Coupling using capacitors maintains waveform integrity, but may have filtering effects on fast data transfer.

Avalanche devices like GDTs have a low parasitic capacitance and allow connection to most types of interconnection lines. The breakdown voltage of the coupling device shall be selected to be as low as possible, but higher than the maximum working voltage of the lines to be tested.

All CDNs shall meet the calibration requirements in 6.3.

Current compensated inductors shall be used in the decoupling network if the signal lines are symmetrical.

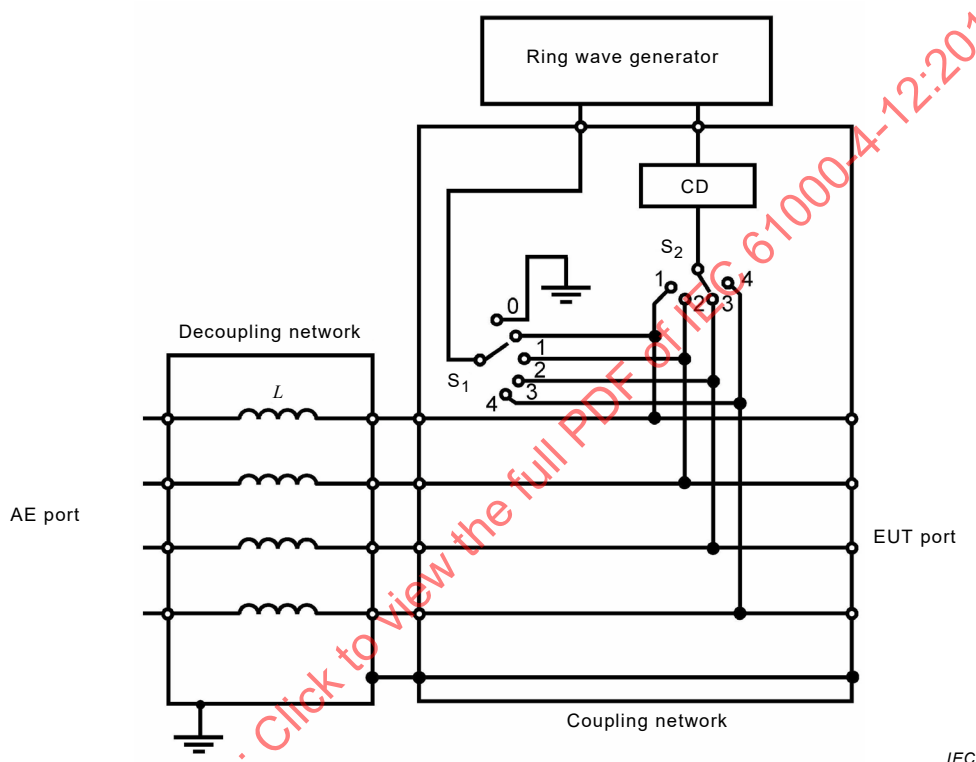
The required decoupling performance on the AE side depends on the application specification and determines the value of the decoupling elements (inductors, resistors, capacitors, GDTs, clamping devices, etc.) to be used. In order to ensure the best possible decoupling

performance and AE protection, a case specific analysis is required for the choice of the decoupling elements.

6.2.3.2 Coupling/decoupling of ring waves to unshielded unsymmetrical interconnection lines

Coupling to unshielded unsymmetrical interconnection lines can be to both line-to-line and line-to-ground. Decoupling is provided with one decoupling choke per line.

An example of a coupling/decoupling network for unshielded unsymmetrical interconnection lines is shown in Figure 8.



- 1) Switch S_1
 - line-to-ground: position 0
 - line-to-line: positions 1 to 4
- 2) Switch S_2 : Positions 1 to 4
 - during testing, the position of switch S_2 is different from the position of switch S_1

NOTE For details of CD: see Table 5.

Figure 8 – Example of coupling network and decoupling network for unshielded unsymmetrical interconnection lines: line-to-line and line-to-ground coupling

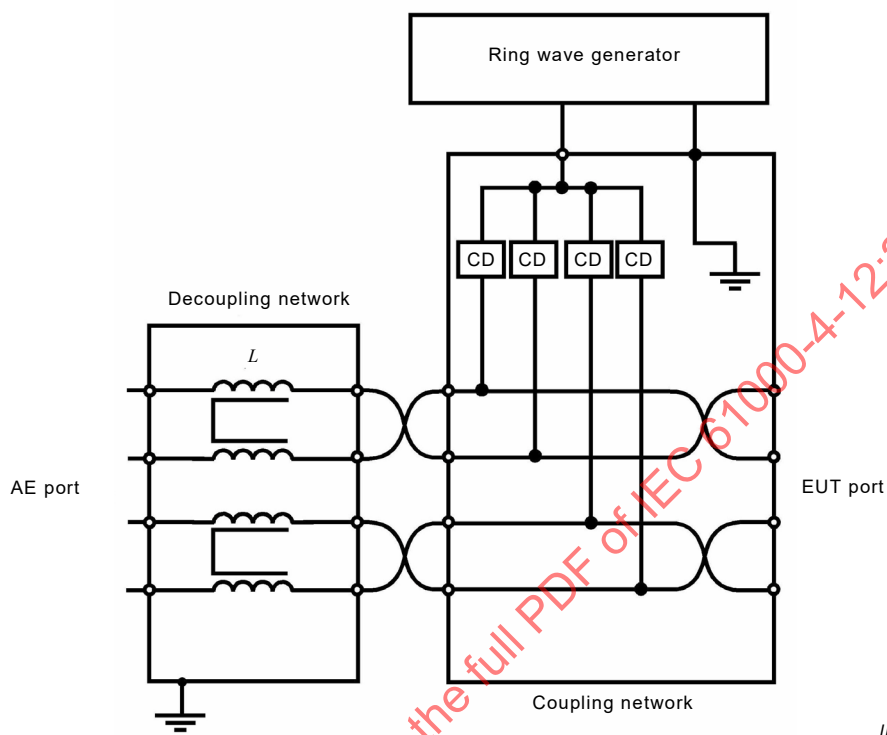
6.2.3.3 Coupling/decoupling of ring waves to unshielded symmetrical interconnection lines

Due to the characteristic nature of unshielded wiring, coupling to symmetrical interconnection lines (twisted pairs) is always in common mode, i.e. coupling between all lines to ground.

The energy transfer from the ring wave generator to the EUT is considered to be a constant which is independent from the number of lines in the cable. The CDN shall be selected to match the number of lines/pairs existing in the cable; however, for cables with more than eight lines/four pairs the pairs shall be split and linked through several eight-line/four-pair CDNs.

Common mode chokes are used for decoupling, allowing fast data transfer and ensuring efficient common mode decoupling.

One example of a coupling/decoupling network for unshielded symmetrical interconnection lines is shown in Figure 9.



L with current compensation may include all four coils or only pairs (as shown in Figure 9) to be effective.

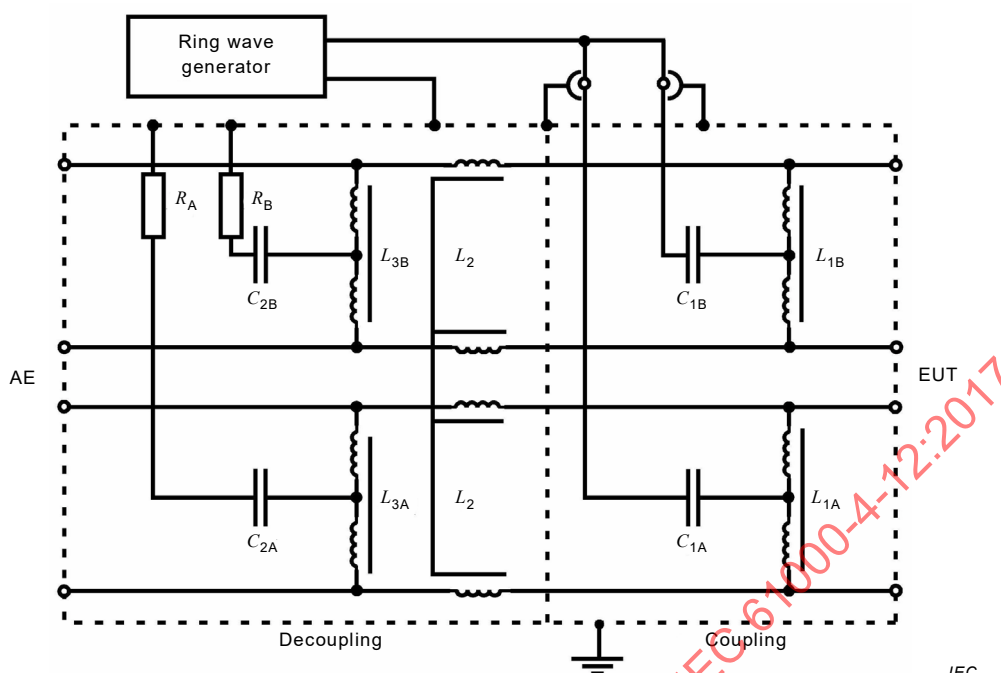
NOTE For details of CD: see Table 7.

Figure 9 – Example of coupling and decoupling network for unshielded symmetrical interconnection lines: lines-to-ground coupling

For high-speed interconnection lines, the examples given in Figure 9 and Figure 10 can be used.

In order to avoid the coupling and decoupling capacitors having a filtering effect on the data transfer, a balanced high frequency design associating the coupling capacitors with coupling chokes is required.

Figure 10 shows an example of a coupling and decoupling network for a two-pair symmetrical interconnection lines. A similar design with four-pair symmetrical interconnection lines allows tests with an interconnection speed up to 1 Gbit/s (Ethernet).



R_A , R_B , C_1 , C_2 , L_1 , L_2 , L_3 : All components are selected so that the specified impulse parameters are met.

NOTE The generator impedance is 30 Ω for two pairs as shown or multiple pairs.

Figure 10 – Example of coupling and decoupling network for unshielded symmetrical interconnection lines: lines-to-ground coupling via capacitors

Where normal functioning cannot be achieved because of the impact of the CDN on the EUT, product committees should specify appropriate operation or that no ring wave test is required.

6.3 Calibration of coupling/decoupling networks

6.3.1 General

In order to compare the test results from different CDNs, the CDN shall be calibrated periodically. For this purpose, the following procedure is necessary to measure the most essential characteristics of the CDN. The waveform parameters measured at the EUT port of the CDN are dependent upon the generator source and as such are only valid for the particular generator/CDN combination tested.

The measuring equipment used for the calibration of the CDN shall satisfy the same requirements applicable to the calibration of the generator (see 6.1.4).

6.3.2 Calibration of CDNs for AC/DC power port rated up to 63 A per line

The characteristics of the CDN shall be measured under open-circuit conditions (load greater than or equal to 10 k Ω) and under short-circuit conditions (less than 0,1 Ω) at the same set voltage.

The residual ring wave voltage measured between coupled lines and ground on the AC/DC power port of the decoupling network with EUT and mains supply not connected shall not exceed 15 % of the maximum applied test voltage or twice the rated peak voltage of the CDN, whichever is higher.

The unwanted ring wave voltage measured between non-coupled lines and ground with EUT and mains supply not connected shall not exceed 15 % of the maximum applied test voltage (open-circuit).

NOTE Due to the structure of the coupling/decoupling network a significant part of the test voltage can appear as a line-to-line voltage during line-to-ground coupling. This voltage can be higher than the corresponding line-to-line test level in the case of a high impedance EUT (see 7.3. for further information).

All performance characteristics stated in 6.2.2, Table 3, shall be met at the EUT port of the CDN with the AC/DC power port left in an open-circuit condition.

6.3.3 Calibration of CDNs for interconnection lines

6.3.3.1 General

It is recommended and sufficient to calibrate the CDNs for interconnection lines in the same configuration (same coupling and decoupling elements fitted) that will be used for testing.

The residual ring wave voltage measured between the coupled lines and ground on the AE side of the CDN, with the EUT and AE equipment disconnected, shall be measured and recorded so that users of the CDN may determine if the protection is sufficient for use with a particular AE.

6.3.3.2 Calibration of CDNs for unsymmetrical interconnection lines

The measurements shall be performed with the impulse applied to one coupling path at a time.

The peak voltage, the rise time, the oscillation period and the ratio between peaks shall be measured for the CDN rated impulse voltage at the EUT port according to Table 4.

The peak current and the rise time shall be measured for the CDN rated impulse voltage at the EUT port according to Table 4.

The inputs of the DN at the AE side shall be short-circuited to PE for the impulse voltage and impulse current measurement at the EUT port.

The residual voltage value depends on the protection requirements of the AE. Therefore no limits are given in this document.

**Table 4 – Summary of calibration process for CDNs
for unsymmetrical interconnection lines**

	Coupling	Measuring	AE side	EUT side
Ring wave voltage at EUT side	Single line to PE	Single line Peak voltage, rise time, voltage oscillation period, ratio between peaks	All lines shorted to PE	Open-circuit
Ring wave current at EUT side	Single line to PE	Single line Peak current, rise time	All lines shorted to PE	Short-circuit
Ring wave voltage at EUT side	Single line-to-line	Single line Peak voltage, rise time, voltage oscillation period, ratio between peaks	All lines shorted to PE	Open-circuit
Ring wave current at EUT side	Single line-to-line	Single line Peak current, rise time	All lines shorted to PE	Short-circuit
Residual voltage on AE side (with protection elements)	Single line to PE	Line to PE at a time Peak voltage	Open-circuit	Open-circuit

The intention of this calibration process is to check the proper function of the components, the saturation of decoupling chokes, the decoupling effect of the DN part, the current capability and the coupling effect of the CN part. The coupling method described in the above paragraphs has an influence on the voltage and current wave forms. The parameters for the calibration are defined in Table 5.

Table 5 – Ring wave waveform specifications at the EUT port of the CDN for unsymmetrical interconnection lines

Coupling method	RWG output voltage ^{a,b,c}	U_{pk1} at CDN EUT port $\pm 10 \%$	Voltage rise time T_1 $\pm 30 \%$	Voltage oscillation period T $\pm 10 \%$	I_{pk1} at CDN EUT port $\pm 10 \%$	Current rise time T_1
Line to PE CD $\geq 3 \mu\text{F}$	4 kV	4 kV	0,5 μs	10 μs	133,3 A	0,2 μs to 1,0 μs
Line to PE CD = GDT	4 kV	4 kV	0,5 μs	10 μs	133,3 A	0,2 μs to 1,0 μs
Line-to-line CD $\geq 3 \mu\text{F}$	4 kV	4 kV	0,5 μs	10 μs	133,3 A	0,2 μs to 1,0 μs
Line-to-line CD = GDT	4 kV	4 kV	0,5 μs	10 μs	133,3 A	0,2 μs to 1,0 μs
^a It is recommended to calibrate the CDN at the highest rated impulse voltage, as this will minimise the effects of the switching noise generated by CLDs and GDTs. The value shown in the table is for a generator setting of 4 kV and 30 Ω. In case the CDN is rated for another maximum impulse voltage, the calibration shall be done at this maximum rated impulse voltage. The short-circuit peak current specification shall be adapted accordingly. For example, if the maximum voltage is 1 kV the short-circuit current value shown in this table shall be multiplied by 1/4. ^b Coupling via gas arrestors, clamping or avalanche devices will show some switching noise on the impulse waveform. Working with the highest possible impulse voltage will minimise their impact on measurements; it is recommended to neglect the switching noise for the front times and duration values measurements. ^c The values shown in this table are for a ring wave generator with ideal values. In case the ring wave generator generates parameter values close to the tolerances, the additional tolerances of the CDN may generate values out of the tolerances for the ring wave generator-CDN combination.						

6.3.3.3 Calibration of CDNs for symmetrical interconnection lines

The measurements shall be performed as indicated in Table 6 at the CDN rated impulse voltage. The peak voltage and current, the rise time and the oscillation period shall be measured at the EUT port according to Table 6.

The inputs of the DN at the auxiliary equipment (AE) shall be short-circuited to PE for the voltage and current measurements at the EUT port.

The residual voltage value depends on the protection requirements of the AE. Therefore no limits are given in this document.

NOTE The open-circuit voltage between wires of different pairs can also be measured. A differential voltage between pairs can produce false failures in EUTs that are designed to operate in highly balanced networks. No limit has been proposed for this value as the tolerance is dependent upon the design of the EUT.

**Table 6 – Summary of calibration process for CDNs
for symmetrical interconnection lines**

	Coupling	Measuring	AE side	EUT side
Ring wave voltage at EUT side	Common mode – all lines to PE	All lines shorted together Peak voltage, rise time, voltage oscillation period, ratio between peaks	All lines shorted to PE	Open-circuit – all lines connect together
Ring wave current at EUT side	Common mode – all lines to PE	All lines shorted together Peak current, rise time	All lines shorted to PE	All lines shorted to PE
Residual voltage on AE side (with protection elements)	Common mode – all lines to PE	Each line to PE in turn Peak voltage	Open-circuit	Open-circuit

The intention of this calibration process is to check the proper function of the components, the saturation of decoupling chokes, the decoupling effect of the DN part, the current capability and the coupling effect of the CN part. The coupling method described in the above paragraphs has an influence on the voltage and current wave forms. The parameters for the calibration are defined in Table 7.

**Table 7 – Ring wave waveform specifications at the EUT port
of the CDN for symmetrical interconnection lines**

Coupling method	RWG output voltage ^{a, b, c}	U_{pk1} at CDN EUT port	Voltage rise time T_1	Voltage oscillation period T	I_{pk1} at CDN EUT port	Current rise time T_1
		± 10 %	± 30 %	± 10 %	± 10 %	
Common mode CD ^d	2 kV	2 kV	0,5 µs	10 µs	66,7 A	0,2 µs to 1,0 µs

^a It is recommended to calibrate the CDN at the highest rated impulse voltage, as this will minimise the effects of the switching noise generated by CLDs and GDTs. The value shown in the table is for a generator setting of 2 kV and 30 Ω. In case the CDN is rated for another maximum impulse voltage, the calibration shall be done at this maximum rated impulse voltage. The short-circuit peak current specification shall be adapted accordingly. For example, if the maximum voltage is 4 kV, the short-circuit current value shall be multiplied by 2.

^b Coupling via gas arrestors, clamping or avalanche devices will show some switching noise on the impulse wave. Working with the highest possible impulse voltage will minimise their impact on measurements, however, it is recommended to neglect the switching noise for the peak values measurements.

^c The values shown in this table are for a ring wave 30 Ω generator with ideal values. In case the ring wave generator generates parameter values close to the tolerances, the additional tolerances of the CDN may generate values out of the tolerances for the ring wave generator-CDN combination.

^d The CD can be based upon capacitors, gas arrestors, clamping devices, avalanche devices or any method that allows the wanted data of the EUT to function correctly and at the same time meet the impulse waveform parameters of this table.

7 Test setup

7.1 Test equipment

The following equipment is part of the test setup:

- equipment under test;
- auxiliary equipment when required;

- cables (of specified type and length);
- coupling/decoupling networks;
- ring wave generator;
- reference ground plane for tests to shielded lines as described in 7.6 and Figure 11.

7.2 Verification of the test instrumentation

The purpose of verification is to ensure that the test setup is operating correctly. The test setup includes:

- the ring wave generator;
- the CDN;
- the interconnection cables of the test equipment.

To verify that the system is functioning correctly, the following signal should be checked:

- ring wave present at the output terminal of the CDN.

It is sufficient to verify that the ring wave is present at any level by using suitable measuring equipment (e.g. oscilloscope) without an EUT connected to the system.

NOTE Test laboratories can define an internal control reference value assigned to this verification procedure.

7.3 Test setup for ring waves applied to EUT power ports

The ring wave shall be applied to the EUT power supply terminals via the capacitive coupling network (see Figure 4, Figure 5, Figure 6 and Figure 7). Decoupling networks are required in order to avoid possible adverse effects on equipment not under test that may be powered by the same lines and to provide sufficient decoupling impedance to the ring wave wave so that the specified wave may be applied on the lines under test.

The selection of the CDN specification from Table 3 shall be made to match the current rating of the EUT (for example: an EUT rated at 5 A shall be tested using a CDN fulfilling the specifications of a 16 A rated CDN). Any higher current rated CDN can be used if it meets the specification requirements in Table 3 for the relevant lower current rating of the EUT (for example: a CDN rated 63 A can be used for testing an EUT rated at 5 A, if it meets the specification requirements of a 16 A rated CDN).

If not otherwise specified the power cord between the EUT and the coupling network shall not exceed 2 m in length.

For the purpose of generating the specifications within this document, power ports have been considered to be those ports directly connected to either an AC mains supply or a DC mains supply (distribution network).

Product committees may decide that power ports not connected to distribution networks require testing according to this document using a CDN defined in 6.3.3.

DC mains supply ring wave testing is applied between the lines (e.g. 0 V to -48 V) and between each line in turn and ground (e.g. 0 V to ground and -48 V to ground).

No line-to-ground ring waves are applied for double-insulated products (i.e. products without any dedicated earth terminal).

Product committees may decide if line-to-ground ring wave testing is applicable to double-insulated products with earthed connections other than PE.

7.4 Test setup for ring waves applied to unshielded unsymmetrical interconnection lines

The CDN shall not influence the specified functional conditions of the circuits to be tested.

An example of a coupling network is given in Figure 8.

If not otherwise specified, the interconnection line between the EUT and the coupling network shall not exceed 2 m in length.

No line-to-ground ring waves are applied for double-insulated products (i.e. products without any dedicated earth terminal).

7.5 Test setup for ring waves applied to unshielded symmetrical interconnection lines

Examples of coupling networks for symmetrical interconnection lines are given in Figure 9 and Figure 10.

NOTE If coupling arrestors are used, test levels below the ignition point of the coupling arrestor (the ignition point is about 300 V for a gas arrestor with a rated voltage of 90 V) cannot be specified.

If not otherwise specified the interconnection line between the EUT and the coupling network shall not exceed 2 m in length.

For ring wave testing to high speed interconnection lines, no ring wave test shall be applied when normal functioning cannot be achieved because of the impact of the CDN on the EUT.

No line-to-ground ring waves are applied for double-insulated products (i.e. products without any dedicated earth terminal).

7.6 Test setup for ring waves applied to shielded lines

The EUT is isolated from ground and the ring wave is applied to its metallic enclosure; the termination (or auxiliary equipment) at the port(s) under test is grounded. This test applies to equipment with one or more shielded cables (see Figure 11).

NOTE 1 The reference ground plane mentioned in Figure 11 represents a low impedance reference. A dedicated cable or a metal plate can be used.

All connections to the EUT other than the port(s) under test shall be isolated from ground by suitable means such as safety isolating transformers or a suitable decoupling network.

No line-to-ground ring waves are applied for double-insulated products (i.e. products without any dedicated earth terminal).

The length of the cable between the port(s) under test and the device attached to the other end of the cable (AE in Figure 11) shall be:

- 20 m (preferred length), or
- the shortest length over 10 m, where the manufacturer provides pre-assembled cables used in actual installations.

No test shall be required for cables which according to the manufacturer's specification are ≤ 10 m.

The cable between the EUT and the AE shall be non-inductively bundled or wound as a bifilar coil and shall be placed on an insulated support.

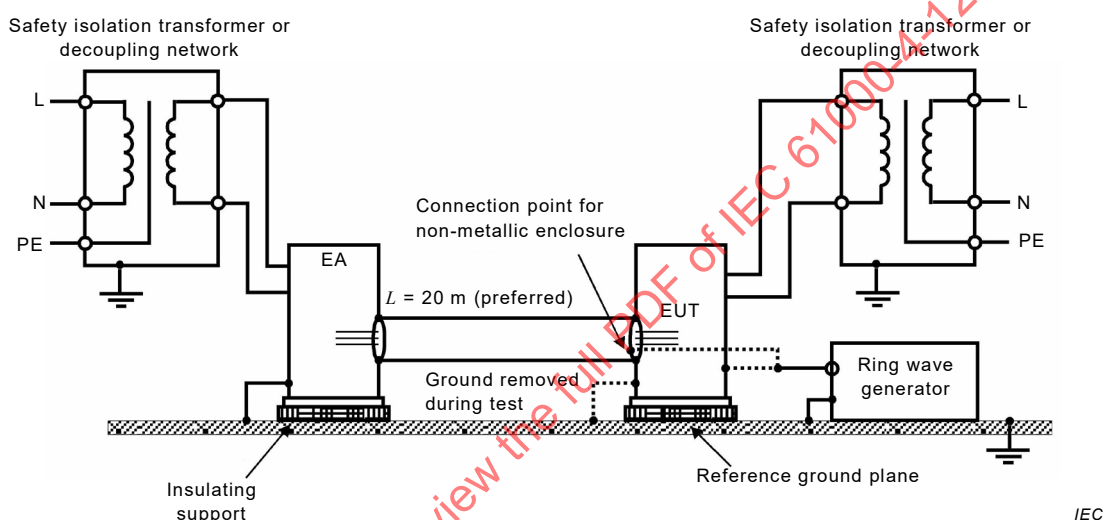
Rules for application of the ring wave to shielded lines:

- a) Shields grounded at both ends:
 - the test shall be carried out according to Figure 11.
- b) Shields grounded at one end:
 - the test shall be carried out according to 7.4 or 7.5 (see Figure 3) because the shield does not provide any protection against ring waves induced by magnetic fields.

NOTE 2 In this case, ring wave testing is not applied to the shield.

For EUTs which do not have metallic enclosures, the ring wave is applied directly to the shielded cable at the EUT side.

Ring wave tests do not apply to antenna ports (see Table B.2).



It is permissible for the power to the EUT and/or the AE to be provided via a decoupling network, rather than via the isolating transformer shown. In this case, the EUT's protective earth connection should not be connected to the decoupling network.

DC supplied EUT and/or AE should be powered through the decoupling networks.

Where it is necessary to isolate the AE equipment from the ring wave, the ground connection on the AE side of the cable under test may be achieved by connecting directly to the connector shield rather than the AE chassis. Where further insulation is required and the cable may be extended without impacting the integrity of the shield (e.g. using a coaxial barrel connector or a shielded Ethernet cable coupler) the connection to ground may be made to the shield of the extension coupler. In this case the length of the cable is measured between the EUT and the coupler and not between the EUT and AE. The cable length between the coupler and AE is not critical.

Figure 11 – Example of test setup for ring waves applied to shielded lines

7.7 Protective earth connection

Ring wave tests may be performed without an RGP in order to satisfy national safety regulations. However, repeatability may be affected. When testing is performed without the RGP, it is important to minimise coupling to other conductors (including protective earth conductors) and equipment not intended to be part of the test configuration.

To accomplish this, protective earth (PE) of each unit (test generator, coupling/decoupling network and EUT) is connected to the PE input terminal of the coupling/decoupling network.

It is also necessary that the test generator case shall be connected to the PE, but the generator output terminals shall be floating.

8 Test procedure

8.1 General

The test procedure includes:

- the verification of the test instrumentation according to 7.2;
- the establishment of the laboratory reference conditions;
- the confirmation of the correct operation of the EUT;
- the execution of the test;
- the evaluation of the test results (see Clause 9).

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.

8.2.2 Electromagnetic conditions

The electromagnetic conditions of the laboratory shall be such as to guarantee the correct operation of the EUT so as not to influence the test results.

8.3 Execution of the test

Verification shall be performed. It is preferable to perform the verification prior to the test (see 7.2).

The test shall be performed according to a test plan which shall specify the test setup, including:

- test level;
- number of impulses (for each coupling path):
number of ring wave impulses unless otherwise specified by the relevant standard:
 - for DC power ports and interconnection lines five positive and five negative ring wave impulses;
 - for AC power ports five positive and five negative impulses each at 0°, 90°, 180° and at 270°;
- time between successive impulses: 1 min or less;
- representative operating conditions of the EUT;
- EUT ports to be tested;
- test generator and the internal impedance selected for each test;
- applied test levels.

Power ports (AC or DC) can be input ports or output ports.

Ring waves to output ports are recommended in applications where ring waves are likely to enter the EUT via those output ports (e.g. switching of loads with large power consumption).

When testing three-phase systems, the synchronization of phase angles shall be taken from the same line under test, for example when applying ring wave impulses between L2 and L3, the phase angle synchronization shall be the voltage between L2 and L3.

No synchronization is applied in case of absence of mains supply voltage between the coupled lines, for example between N and PE in TN-S power distribution systems. In this case, five positive impulses and five negative impulses shall be applied.

Ring waves to low voltage DC input/output ports (≤ 60 V) are not applied when secondary circuits (isolated from the AC mains) are not subject to transient overvoltages (i.e. reliably-grounded, capacitively-filtered DC secondary circuits where the peak-to-peak ripple is less than 10 % of the DC component).

NOTE 1 In the case of several identical circuits, representative tests on a selected number of circuits can be sufficient.

If testing done at rates faster than one per minute causes failures and tests done at one per minute do not, the test done at one per minute prevails.

NOTE 2 Product committees can select different phase angles and either increase or reduce the number of ring waves per phase if appropriate for their products.

NOTE 3 Most protectors in common use have limited average power capabilities even though their peak power or peak energy handling capabilities can deal with high currents. Therefore, the time between two ring waves depends on the built-in protection devices of the EUT.

NOTE 4 Further information on the application of the tests is given in Clause C.2.

When testing line-to-ground, the lines are tested individually in sequence, if there is no other specification.

The test procedure shall also consider the non-linear current-voltage characteristics of the equipment under test. Therefore all lower test levels (see Table 1) including the selected test level shall be tested.

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 in Clause 8 of this document;
- 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;
- test configuration (hardware) including the coupling method used;
- test configuration (software).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-12:2017

Annex A (informative)

Information on electromagnetic environments, installation classes and test levels

The relevance of the ring wave phenomena for immunity testing depends on the electromagnetic environment where equipment is intended to be operated. Based on common installation practices which are representative for the electromagnetic environment concerned, a guide for the selection of levels for ring waves testing may be based on the following classification. According to the description of the ring wave phenomenon (see 4.1), effects of switching and of lightning are considered.

- Class 0** Well-protected electrical environment, often within a special room. All incoming cables are provided with overvoltage (primary and secondary) protection. The units of the electronic equipment are interconnected by a well-designed grounding system, which is not significantly influenced by the power installation or lightning. The electronic equipment has a dedicated power supply (see Table B.1).
- Class 1** Switching: the power supply port of the EUT is connected to protected local power source (for example uninterruptible power system, power converter). The cables of EUT input/output ports run in parallel with power cables of this class.
- Lightning: power supply, input/output ports of equipment are installed in partly protected areas (for example in a control room).
- The requirements of this class are covered by test level 1 as defined in Table 1.
- Class 2** Switching: the power supply port of the EUT is directly connected to the public mains distribution systems of the residential area or is decoupled from a private mains power distribution system through isolation transformers, protection devices, etc. The cables of EUT input/output ports run in parallel with power cables of this class.
- Lightning: power supply, input/output ports are connected to shielded cables.
- The requirements of this class are covered by test level 2 as defined in Table 1.
- Class 3** Switching: the power supply port of the EUT is connected to dedicated power distribution systems in electrical and industrial plants. The cables of EUT input/output ports run in parallel with power cables of this class.
- Lightning: the power supply port is connected to unshielded cables; power supply, input/output ports connected to outdoor cables are provided with mitigation measures (for example, metallic cable trays).
- The requirements of this class are covered by test level 3 as defined in Table 1.
- Class 4** Switching: the power supply port of the EUT is connected to power sources characterized by switching of heavy inductive loads in electrical and industrial plants. The cables of EUT input/output ports run in parallel with power cables of this class.
- Lightning: power supply, input/output ports are connected to outdoor cables without shielding provisions.
- The requirements of this class are covered by test level 4 as defined in Table 1.
- Class 5** Switching: electronic equipment connected to telecommunication cables and overhead power lines in a non-densely populated area.
- Lightning: All these cables and lines are provided with overvoltage (primary) protection. Outside the electronic equipment there is no widespread grounding system (exposed plant). The interference voltages due to lightning (currents up to 100 kA) can be extremely high.
- The requirements of this class are covered by test level 4 as defined in Table 1.

Class X The minor or major electromagnetic separation of interference sources from equipment circuits, cables, lines etc., and the quality of the installations may require the use of a higher or lower test level than those described above. This may need a case-by-case assessment.

It should be noted that the lines of equipment (e.g. cabling, bus bars, overhead lines) associated to electromagnetic environments with higher test levels can penetrate into locations being assigned to an environment with lower test levels. In such cases a re-assessment of the latter location with respect to the suitable test levels should be carried out.

A manufacturer should test its equipment on the basis of the specified test levels to confirm the equipment level immunity, for example with secondary protection at the ports of the EUT for a level of 0,5 kV. The users of the plant or those responsible for the installation should then apply measures (e.g. shielding, bonding, grounding protection) necessary to ensure that the interference voltage caused by, for example, switching does not exceed the chosen immunity level.

The above selection of test levels in terms of electromagnetic environments should be used as a guide only. There might be cases where a location might be assigned to one of the above types of electromagnetic environments but due to the features of the equipment concerned or other circumstances a different test level than that associated to that type of electromagnetic environment might be more appropriate. Corresponding assessment should be done by the parties involved (e.g. product committees).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-12:2017

Annex B (informative)

Selection of generators and test levels

B.1 General

The selection of the test levels should be based on the installation conditions and may be specified in product or product family standards. Where there are no defined levels, Table B.1 and Table B.2 should be used, together with the information given in Annex A. These values are included for illustration only and do not form a recommendation or requirement. The values have been chosen only for explanatory purposes and are not put forward as some recommended practice.

B.2 The classification of environments

The classification of environments is listed as follows:

Class 0: Well-protected electrical environment, often within a special room

Class 1: Partly protected electrical environment

Class 2: Electrical environment where the cables are well-separated, even at short runs

Class 3: Electrical environment where cables run in parallel

Class 4: Electrical environment where the interconnections run as outdoor cables along with power cables, and cables are used for both electronic and electric circuits

Class 5: Electrical environment for electronic equipment connected to communication cables and overhead power lines in a non-densely populated area

Class x: Special conditions specified in the product specification

To demonstrate the system level immunity, additional measures relevant to the actual installation conditions, for example primary protection, should be taken. Additional information is given in Annex C.

B.3 The definition of port types

The following ports are defined:

Intra-system port:

- The port is connected to ports within the same system.

Internal port:

- Only connected to cables within the same building.
- The port is not intended to provide a service that can be directly connected to an outdoor connection.
- The port will not have a conductive connection to a cable which leaves the building via other equipment (e.g., via a splitter).

External port:

- The port is intended to connect directly to lines which exit a building.
- The port has a conductive connection to a cable which leaves the building via other equipment (e.g., via a splitter).

B.4 Selection of the test levels

Examples of the selection of test levels are given in Table B.1 and Table B.2.

**Table B.1 – Power ports: Selection of the test levels
(depending on the installation class)**

Installation class	Test levels (kV)							
	AC power supply and AC I/O external ports ^a		AC power supply and AC I/O internal ports ^{a d}		DC power supply and DC I/O external ports ^a		DC power supply and DC I/O internal ports ^{a d}	
	Coupling mode		Coupling mode		Coupling mode		Coupling mode	
	Line-to-line	Line-to-ground	Line-to-line	Line-to-ground	Line-to-line	Line-to-ground	Line-to-line	Line-to-ground
0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1	NA	0,5	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2	0,5	1,0	NA	NA	NA	Nan	NA	NA
3	1,0	2,0	1,0	2,0	NA	NA	NA	NA
4	2,0 ^b	4,0 ^b	2,0 ^b	4,0 ^b	2,0 ^b	4,0 ^b	2,0 ^b	4,0 ^b
5	c, b	c, b	2,0 ^b	4,0 ^b	2,0 ^b	4,0 ^b	2,0 ^b	4,0 ^b

^a No test is advised if the cable length is shorter than or equal to 10 m.
^b Where the port is always intended to be used with specified primary protection, testing is performed with the primary protection in place to ensure coordination with the protection elements. If primary protection is required to protect the interface but not provided, testing is also performed at the maximum let through level of the specified primary protection and with a typical primary protector.
^c Depends on the class of the local power supply system.
^d The testing of intra-system ports is generally not required.

**Table B.2 – Circuits/lines: Selection of the test levels
(depending on the installation class)**

Installation class	Test levels (kV)											
	Unsymmetrical operated circuits/lines ^{a, c, e}				Symmetrical operated circuits/lines ^{a, c, e}				Shielded circuits/lines ^{a, d, e}			
	External port		Internal port		External port		Internal port		External port		Internal port	
	Line-to-line	Line-to-ground	Line-to-line	Line-to-ground	Line-to-line	Line-to-ground	Line-to-line	Line-to-ground	Line-to-line	Line-to-ground	Line-to-line	Line-to-ground
0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1	NA	NA	NA	0,5	NA	NA	NA	0,5	NA	NA	NA	NA
2	NA	NA	0,5	1,0	NA	NA	NA	1,0	NA	NA	NA	1,0
3	NA	NA	1,0	2,0	NA	NA	NA	2,0	NA	NA	NA	2,0
4	2,0 ^b	4,0 ^b	2,0 ^b	4,0 ^b	NA	4,0 ^b	NA	4,0 ^b	NA	4,0 ^b	NA	4,0 ^b
5	2,0 ^b	4,0 ^b	2,0 ^b	4,0 ^b	NA	4,0 ^b	NA	4,0 ^b	NA	4,0 ^b	NA	4,0 ^b
^a No test is advised for data connections intended for cables shorter than 10 m. ^b Where the port is always intended to be used with specified primary protection, testing is performed with the primary protection in place to ensure coordination with the protection elements. If primary protection is required to protect the interface but not provided, testing is also performed at the maximum let through level of the specified primary protection and with a typical primary protector. ^c Line-to-line transients (transverse) may occur in networks where SPDs (surge protective devices) with connection to ground are used for protection. Such ring waves are outside the scope of this document. This phenomenon can however be simulated by applying common mode ring waves through the defined primary protection elements. ^d The testing of ports connecting to antennas is outside the scope of this document. ^e The testing of intra-system ports is generally not required.												

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-12:2017

Annex C (informative)

Explanatory notes

C.1 Different source impedance

The selection of the source impedance of the generator depends on the kind of cable/conductor/line, i.e. AC power supply, DC power supply, shielded interconnection or unshielded interconnection lines, etc. and on the expected impedance of the power supply network depending on the proximity to the power supply source (e.g. generator, transformer) (see 6.1.2).

C.2 Application of the tests

C.2.1 Equipment level immunity

The test is intended to be carried out in the laboratory on a single EUT. The immunity of the EUT thus tested refers to equipment level immunity.

Preferential ranges of test levels are given in Table B.1 and Table B.2. The ring wave test is applicable to external connections only (i.e. connections outside of the cabinet/housing).

It is highly recommended that the test voltage does not exceed the specified capability of the EUT's insulation to withstand high-voltage stress.

If it is possible to test at the system level (see C.2.2), it is not necessary to test at the equipment level, especially in cases where the shield of the interconnection cable is part of the protection measure.

C.2.2 System level immunity

A test carried out in the laboratory refers to an EUT, but immunity at the EUT level does not necessarily assure the immunity of a system which contains that EUT. In order to ensure system level immunity, a test at the system level is recommended to simulate the real installation as closely as possible. This simulated installation should be comprised of individual EUTs and should also include protective devices (surge protective devices (SPDs)) if they are requested by the system application manual or stipulated by the system/network operator. The real length and type of interconnection lines should be used, all of which could affect the overall system protection level.

Annex D (informative)

Measurement uncertainty (MU) considerations

D.1 General

The reproducibility of EMC tests relies on many factors, or influences, that affect the test results. These influences may be categorized as random or systematic effects. The compliance of the realized disturbance quantity with the disturbance quantity specified by this document is usually confirmed through a set of measurements (e.g. measurement of the rise time of an impulse with an oscilloscope by using a voltage or current probe). The result of each measurement includes a certain amount of measurement uncertainty (MU) due to the imperfection of the measuring instrumentation as well as to the lack of repeatability of the measurand itself.

In order to evaluate MU it is necessary to:

- identify the sources of uncertainty, related both to the measuring instrumentation and to the measurand,
- identify the functional relationship (measurement model) between the influence (input) quantities and the measured (output) quantity,
- obtain an estimate and standard uncertainty of the input quantities,
- obtain an estimate of the interval containing, with a high level of confidence, the true value of the measurand.

In immunity tests estimates and uncertainties are evaluated for the parameters of the disturbance quantity (e.g. rise time, peak and oscillation period). As such, they describe the degree of agreement of the disturbance quantity with the relevant specifications of this basic standard.

These estimates and uncertainties, derived for a particular disturbance quantity, do not describe the degree of agreement between the simulated electromagnetic phenomenon, as defined in the basic standard, and the real electromagnetic phenomenon in the world outside the laboratory.

Since the effect of the parameters of the disturbance quantity on the EUT is a priori unknown and in most cases the EUT shows a nonlinear behaviour, a single estimate and uncertainty numbers cannot be defined for the disturbance quantity. Therefore each of the parameters of the disturbance quantity will be accompanied by the corresponding estimate and uncertainty. This yields to more than one uncertainty budget.

D.2 Legend for ring wave parameters

- T_1 rise time of the ring wave (voltage or current, 10 % to 90 %)
- T period of the ring wave (voltage, time interval between the first and third zero crossings after the initial peak)
- Pk_1 first peak of the ring wave (voltage or current)
- Pk_2 second peak of the ring wave (voltage)
- Pk_3 third peak of the ring wave (voltage)
- Pk_4 fourth peak of the ring wave (voltage)

NOTE The meaning and the relations among the symbols $u(x_i)$, c_i , $u_i(y)$, $u_c(y)$, $U(y)$ and y are explained in IEC TR 61000-1-6.

D.3 Uncertainty contributors to the ring wave measurement uncertainty

The following list shows the contributors used to assess both the measuring instrumentation and test setup influences:

- reading of peak value
- bandwidth of the measuring system
- shape of the impulse response of the measuring system
- oscilloscope vertical axis measurement error
- measurement system, measurand and setup repeatability (type A)
- calibration of oscilloscope
- calibration of voltage and current probes

D.4 Uncertainty of the generator output voltage and current measurement

D.4.1 General

In the case of the ring wave immunity test, the disturbance quantities are the impulse voltage and current generated by the test generator plus CDN combination and applied to the EUT. As discussed in Clause D.1, an uncertainty budget for each measured parameter of the disturbance quantity is required. The parameters of these disturbance quantities are the rise time T_1 of the (open-circuit) voltage and (short-circuit) current waveforms, the amplitude of the first peak Pk_1 of the voltage and current waveforms, the voltage waveform frequency $1/T$, decaying of voltage waveform (ratio between Pk_2 and Pk_1 , Pk_3 and Pk_2 , Pk_4 and Pk_3) and waveform repetition frequency. The evaluation of the measurement uncertainty of the voltage waveform frequency, the decaying of the voltage waveform and the waveform repetition frequency, although required, are less demanding. Therefore attention is focused here on the waveform rise time and peak (both voltage and current).

The approach adopted here to evaluate the impulse MU is described in D.4.5 and D.4.6. Table D.1 and Table D.2 give examples of uncertainty budgets for the amplitude of the first peak and the rise time parameters, respectively. Tables 1 and 2 include the input quantities that are considered most significant for this example, the details (numerical values, type of probability density function, etc.) of each contributor to MU and the results of the calculations required for determining the uncertainty budget.

D.4.2 Rise time of the ring wave

The measurand is the ring wave open-circuit voltage and short-circuit current rise time calculated by using the functional relationship

$$T_1 = \sqrt{(T_{90\%} - T_{10\%} + \delta R)^2 - T_{MS}^2}$$

where

$$T_{MS} = \frac{\alpha}{B}$$

and:

$T_{10\%}$ time at 10 % of the first peak amplitude

$T_{90\%}$ time at 90 % of the first peak amplitude

δR correction for non-repeatability

T_{MS} rise time of the step response of the measuring system (10 % to 90 %)

B –3 dB bandwidth of the measuring system

α coefficient whose value is 360 ± 40 (B in kHz and T_{MS} in μs)

Table D.1 – Example of uncertainty budget for ring wave rise time (T_1)

Symbol	Estimate	Unit	Error bound	Unit	Probability density function (PDF)	Divisor	$u(x_i)$	c_i	Unit	$u_i(y)$	Unit
$T_{10\%}$	0,07	μs	0,005 0	μs	triangular	2,45	0,002 0	–1,001	1	0,002 0	μs
$T_{90\%}$	0,64	μs	0,005 0	μs	triangular	2,45	0,002 0	1,001	1	0,002 0	μs
δR	0	μs	0,025	μs	normal ($k=1$)	1,00	0,025	1,001	1	0,025	μs
α	360	$\mu s \cdot kHz$	40	$\mu s \cdot kHz$	rectangular	1,73	23,1	$-1,58 \cdot 10^{-6}$	1/kHz	0,000 04	μs
B	20 000	kHz	500	kHz	rectangular	1,73	288,7	$2,84 \cdot 10^{-8}$	$\mu s/kHz$	0,000 01	μs
$u_c(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$										0,025 2	μs
$U(y) = 2 u_c(y)$										0,05	μs
y										0,57	μs

$T_{10\%}, T_{90\%}$: is the time reading at 10 % or 90 % of the first peak amplitude. The error bound is obtained assuming a sampling frequency of 100 MS/s and trace interpolation capability of the scope (triangular probability density function). Were this not the case, a rectangular probability density function should be assumed. Only the contributor to MU due to the sampling rate is considered here, for additional contributors see D.4.5. The readings are assumed to be $T_{10\%} = 0,07 \mu s$ and $T_{90\%} = 0,64 \mu s$.

T_{MS} : is the calculated rise time of the step response of the measuring system. The coefficient α depends on the shape of the impulse response of the measuring system. The range 360 ± 40 is representative of a wide class of systems, each having a different shape of the impulse response (see D.4.5 and Table D.3). The bandwidth B of the measuring system can be experimentally obtained (direct measurement of the bandwidth) or calculated from the bandwidth B_i of each element of the measurement system (essentially a voltage and current probe, a cable and a scope) by using the following formula:

$$\frac{1}{B} = \sqrt{\left(\frac{1}{B_1}\right)^2 + \left(\frac{1}{B_2}\right)^2 + \dots}$$

An estimate of 20 MHz and a 500 kHz error bound of a rectangular probability density function are assumed for B .

δR : is the 10 % to 90 % rise time non-repeatability. It quantifies the lack of repeatability in the measurement of $T_{90\%} - T_{10\%}$ due to the measuring instrumentation, the layout of the measurement setup and the ring wave generator itself. It is determined experimentally. This is a type A evaluation based on the formula of the experimental standard deviation $s(q_k)$ of a sample of n repeated measurements q_j and given by

$$s(q_k) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2}$$

where $\bar{q}$ is the arithmetic mean of the q_j values. An error bound $s(q_k) = 25$ ns (1 standard deviation of a normal probability density function) and an estimate of 0 ns are assumed.

NOTE For the open-circuit voltage and short-circuit current the uncertainty budgets are similarly obtained. In the case of the voltage waveform T_{MS} includes the bandwidth of the voltage probe, while it includes the bandwidth of the current probe in the case of the current waveform. The functional relationship is the same in both cases.

D.4.3 Peak of the ring wave

The measurand is the first peak of the short-circuit current of the ring wave obtained by using the functional relationship

$$Pk_1 = \frac{V_{Pk1}}{Z_T} \cdot \frac{1 + \delta R + \delta V}{1 - \left(\frac{\beta}{B}\right)^2}$$

where

V_{Pk1} impulse voltage peak reading

Z_T transfer impedance (or sensitivity) of the current probe or shunt

δR correction for non-repeatability

δV DC vertical accuracy of the scope

B – 3 dB bandwidth of the current measuring system

β coefficient whose value is (142 ± 16) kHz

Table D.2 – Example of uncertainty budget for the peak of the short-circuit current of the ring wave (I_{Pk1})

Symbol	Estimate	Unit	Error bound	Unit	Probability density function (PDF)	Divisor	$u(x_i)$	c_i	Unit	$u_i(y)$	Unit
V_{Pk1}	0,321	V	0,000 6	V	triangular	2,45	0,000 26	1 000	1/ Ω	0,256	A
Z_T	0,001	Ω	0,000 05	Ω	rectangular	1,73	0,000 03	$3,21 \cdot 10^5$	A/ Ω	9,267	A
δR	0	1	0,03	1	normal ($k=1$)	1,00	0,030	321,0	A	9,630	A
δV	0	1	0,02	1	rectangular	1,73	0,011 6	321,0	A	3,707	A
β	142	kHz	16	kHz	rectangular	1,73	9,238	$2,3 \cdot 10^{-4}$	A/kHz	0,002 11	A
B	20 000	kHz	500	kHz	rectangular	1,73	288,7	$-1,6 \cdot 10^{-6}$	A/kHz	0,000 47	A
							$u_c(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$			13,87	A
							$U(y) = 2 u_c(y)$			27,7	A
							y			321	A
							Expressed in % of 321 A			8,6	%

V_{Pk1} : is the voltage peak reading at the output of a current probe or across a current shunt. The error bound is obtained assuming that the scope has an 8-bit vertical resolution with interpolation capability (triangular probability density function).

Z_T : is the transfer impedance (or sensitivity) of the current shunt or probe. An estimated value of 0,001 Ω and an error bound of 5 % (rectangular probability density function) are assumed.

δR : quantifies the non-repeatability of the measurement setup, layout and instrumentation. This is a type A evaluation based on the formula of the experimental standard deviation. It is expressed in relative terms and an estimate of 0 % and an error bound of 3 % (1 standard deviation) are assumed.

δV : quantifies the amplitude measurement inaccuracy of the scope at DC. A 2 % error bound of a rectangular probability density function and an estimate of 0 are assumed.

β : is a coefficient which depends on the shape of both the impulse response of the measuring system and the standard impulse waveform in the neighborhood of the peak (see D.4.6). The interval (142 ± 16) kHz is representative of a wide class of systems, each having a different shape of the impulse response.

B: the bandwidth B of the measuring system can be experimentally obtained (direct measurement of the bandwidth) or calculated from the bandwidth B_i of each element of the measurement system (essentially a current probe or shunt, a cable and a scope) by using the following formula:

$$\frac{1}{B} = \sqrt{\left(\frac{1}{B_1}\right)^2 + \left(\frac{1}{B_2}\right)^2 + \dots}$$

An estimate of 20 MHz and a 500 kHz error bound of a rectangular probability density function are assumed for B .

NOTE The uncertainty of the peak the ring wave voltage is obtained by using a similar functional relationship where the reciprocal of the attenuation of the voltage probe is considered in place of Z_T and B is the bandwidth of the voltage measuring system (voltage probe, cable and oscilloscope).

D.4.4 Further MU contributions to time measurements

Time base error and jitter: the oscilloscope specifications may be taken as error bounds of rectangular probability density functions. Usually these contributions are negligible.

Vertical resolution: the contribution depends on the vertical amplitude resolution ΔA and on the slope of the trace dA/dt . The uncertainty is related to the half width of the resolution and is $(\Delta A/2)/(dA/dt)$. If trace interpolation is performed (see the oscilloscope manual) a triangular probability density function is used, otherwise a rectangular probability density function is used. This contribution is often negligible.

D.4.5 Rise time of the step response and bandwidth of the frequency response of the measuring system

Let T_{MS} be the rise time of the step response of the measuring system as defined by

$$T_{MS} = \sqrt{2\pi \int_0^{\infty} (t - T_s)^2 \cdot h_0(t) dt} \quad (D.1)$$

where $h_0(t)$ is the impulse response of the measuring system having a normalized area,

i.e. $\int_0^{\infty} h_0(t) dt = 1$, and T_s is the delay time given by

$$T_s = \int_0^{\infty} t \cdot h_0(t) dt \quad (D.2)$$

Formula (D.1) is much more easy to handle, from the mathematical point of view, than the usual one based on the 10 % and 90 % threshold levels. Nonetheless, in the technical applications, the 10 % to 90 % rise time definition is usually adopted. Given the –3 dB bandwidth of the system the two definitions lead to comparable rise times. Indeed, if we define

$$\alpha = T_{MS} B \quad (D.3)$$

we find that the α values derived from the two definitions of rise time do not differ very much. The values of α , corresponding to different shapes of the impulse response $h(t)$, are given in

Table D.3. It is evident from Table D.3 that it is not possible to identify a unique value of α since α depends both on the adopted definition of the rise time (e.g. based on thresholds or on Formula (D.1)) and on the shape of the impulse response of the measuring system. A reasonable estimate of α can be obtained as the arithmetic mean between the minimum ($321 \cdot 10^{-3}$) and maximum ($399 \cdot 10^{-3}$) values that appear in Table D.3, that is $360 \cdot 10^{-3}$. Further, it can be assumed that, if no information is available about the measuring system apart from its bandwidth, any value of α between $321 \cdot 10^{-3}$ and $399 \cdot 10^{-3}$ is equally probable. Differently stated, α is assumed to be a random variable having a rectangular probability density function with lower and upper bounds $321 \cdot 10^{-3}$ and $399 \cdot 10^{-3}$, respectively. The standard uncertainty of α quantifies both:

- e) the indifference to the mathematical model adopted for the definition of the rise time, and
- f) the indifference to the shape of the impulse response of the system.

Table D.3 – α factor (Formula (D.3)) of different unidirectional impulse responses corresponding to the same bandwidth of the system B

Values of α are multiplied by 10^3	Gaussian	I order	II order (crit. damp.)	Rectangular	Triangular
α – using Formula (D.1)	332	399	363	321	326
α – 10 % to 90 %	339	350	344	354	353

D.4.6 Impulse peak and width distortion due to the limited bandwidth of the measuring system

The distorted impulse waveform $V_{\text{out}}(t)$ at the output of the measuring system is given by the convolution integral

$$V_{\text{out}}(t) = \int_0^t V_{\text{in}}(\tau) h(t-\tau) d\tau \quad (\text{D.4})$$

where $V_{\text{in}}(t)$ is the input impulse waveform and $h(t)$ is the impulse response of the measuring system. Note that $A \cdot h(t) = h_0(t)$, where A is the DC attenuation of the measuring system. The input waveform can be approximated by its Taylor series expansion about the time instant t_p when the input reaches its peak value V_p

$$V_{\text{in}}(t) = V_p + \frac{V_{\text{in}}''(t_p)}{2} (t - t_p)^2 + \frac{V_{\text{in}}'''(t_p)}{6} (t - t_p)^3 + \dots \quad (\text{D.5})$$

Note that the first order term is missing from Formula (D.5) since $V_{\text{in}}'(t_p) = 0$. Further $V_{\text{in}}''(t_p) < 0$ because the concavity points downwards (maximum), and $V_{\text{in}}'''(t_p) > 0$ because, for the standard waveforms of interest here, the rise-time is lower than the fall time. Substituting Formula (D.5) by Formula (D.4) and after simplifications, valid when the bandwidth of the measuring system is large with respect to the bandwidth of the input signal (so that the power series terms whose order is greater than two are negligible), we obtain

$$V_{\text{pd}} = \frac{V_p}{A} \left[1 - \left(\frac{\beta}{B} \right)^2 \right] \quad (\text{D.6})$$

where V_{pd} is the output impulse peak, A is the DC attenuation of the measuring system and

$$\beta = \alpha \sqrt{\frac{|V''_{in}(t_p)|}{4\pi V_p}} \quad (D.7)$$

Note that the parameter β depends on the second derivative of the standard input waveform and on the parameter α defined and derived in D.4.5. The mathematical expression for the standard ring waveform is given in 4.1 and the value is numerically calculated as $\beta = (142 \pm 16)$ kHz.

D.5 Application of uncertainties in the ring waveform compliance criterion

In order to provide evidence that the ring wave generated is compliant with the requirements of this document, the calibration results should be compared with the tolerances specified by this document. Tolerances shall not be reduced by MU.

Further guidance is given in IEC TR 61000-1-6:2012, Clause 6.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-12:2017

Bibliography

IEC 60050-300, *International Electrotechnical Vocabulary – Electrical and electronic measurements and measuring instruments – Part 311: General terms relating to measurements – Part 312: General terms relating to electrical measurements – Part 313: Types of electrical measuring instruments – Part 314: Specific terms according to the type of instrument*

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

IEC 60816, *Guide on methods of measurement of short duration transients on low voltage power and signal lines*

IEC TR 61000-1-6:2012, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1-6: General – Guide to the assessment of measurement uncertainty*

IEC TR 61000-4-1, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-1: Testing and measurement techniques – Overview of IEC 61000-4 series*

IEC 61000-4-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 61000-4-18, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-18: Testing and measurement techniques – Damped oscillatory wave immunity test*

IEC 61010-1, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use – Part 1: General requirements*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-12:2017

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-12:2017

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	51
INTRODUCTION	53
1 Domaine d'application	54
2 Références normatives	54
3 Termes, définitions et termes abrégés	54
3.1 Termes et définitions	54
3.2 Termes abrégés	56
4 Généralités	56
4.1 Description du phénomène	56
4.2 Paramètres pertinents	58
4.2.1 Fréquence de répétition	58
4.2.2 Angle de phase	59
5 Niveaux d'essai	59
6 Instrumentation d'essai	60
6.1 Générateur d'ondes sinusoïdales fortement amorties	60
6.1.1 Circuit du générateur d'ondes sinusoïdales fortement amorties	60
6.1.2 Valeurs d'impédance	60
6.1.3 Caractéristiques des performances du générateur d'ondes sinusoïdales fortement amorties	60
6.1.4 Étalonnage du générateur d'ondes sinusoïdales fortement amorties	61
6.2 Réseaux de couplage/découplage	61
6.2.1 Généralités	61
6.2.2 Réseaux de couplage/découplage pour un accès d'alimentation en courant alternatif/courant continu assigné jusqu'à 63 A par ligne	63
6.2.3 Réseaux de couplage/découplage pour lignes d'interconnexion	66
6.3 Étalonnage des réseaux de couplage/découplage	69
6.3.1 Généralités	69
6.3.2 Étalonnage des RCD pour un accès d'alimentation en courant alternatif/courant continu assigné jusqu'à 63 A par ligne	69
6.3.3 Étalonnage des RCD pour les lignes d'interconnexion	70
7 Montage d'essai	74
7.1 Matériel d'essai	74
7.2 Vérification de l'instrumentation d'essai	74
7.3 Montage d'essai pour les ondes sinusoïdales fortement amorties appliquées aux accès d'alimentation de l'EST	74
7.4 Montage d'essai pour les ondes sinusoïdales fortement amorties appliquées aux lignes d'interconnexion non blindées et non symétriques	75
7.5 Montage d'essai pour les ondes sinusoïdales fortement amorties appliquées aux lignes d'interconnexion non blindées symétriques	75
7.6 Montage d'essai pour les ondes sinusoïdales fortement amorties appliquées aux lignes blindées	76
7.7 Connexion de terre de protection	77
8 Procédure d'essai	77
8.1 Généralités	77
8.2 Conditions de référence du laboratoire	78
8.2.1 Conditions climatiques	78

8.2.2	Conditions électromagnétiques	78
8.3	Réalisation de l'essai	78
9	Évaluation des résultats d'essai	79
10	Rapport d'essai	80
Annexe A (informative) Informations relatives aux environnements électromagnétiques, aux classes d'installation et aux niveaux d'essai.....		81
Annexe B (informative) Sélection des générateurs et des niveaux d'essai.....		83
B.1	Généralités	83
B.2	Classification des environnements	83
B.3	Définition des types d'accès.....	83
B.4	Sélection des niveaux d'essai	84
Annexe C (informative) Notes explicatives		86
C.1	Impédance de source différente	86
C.2	Application des essais	86
C.2.1	Niveau d'immunité d'un matériel	86
C.2.2	Niveau d'immunité d'un système.....	86
Annexe D (informative) Considérations relatives aux incertitudes de mesure		87
D.1	Généralités	87
D.2	Légende des paramètres d'ondes sinusoïdales fortement amorties	87
D.3	Contributeurs à l'incertitude de mesure des ondes sinusoïdales fortement amorties.....	88
D.4	Incertitude de mesure de tension et de courant de sortie du générateur.....	88
D.4.1	Généralités	88
D.4.2	Temps de montée de l'onde sinusoïdale fortement amortie	88
D.4.3	Crête de l'onde sinusoïdale fortement amortie	90
D.4.4	Autres contributeurs à l'incertitude de mesure pour les mesurages de temps	92
D.4.5	Temps de montée de la réponse à un échelon et largeur de bande de la réponse en fréquence du système de mesure	92
D.4.6	Crête d'impulsion et déformation en largeur en raison d'une largeur de bande limitée du système de mesure	93
D.5	Application des incertitudes au critère de conformité de la forme d'onde sinusoïdale fortement amortie	94
Bibliographie.....		95
Figure 1 – Forme d'onde de l'onde sinusoïdale fortement amortie (tension en circuit ouvert et courant de court-circuit)		58
Figure 2 – Exemple de schéma du circuit du générateur d'ondes sinusoïdales fortement amorties		60
Figure 3 – Sélection de la méthode de couplage/découplage		63
Figure 4 – Exemple de réseau de couplage et de réseau de découplage pour couplage capacitif sur lignes de courant alternatif/courant continu: couplage entre phases		64
Figure 5 – Exemple de réseau de couplage et de réseau de découplage pour couplage capacitif sur lignes de courant alternatif/courant continu: couplage phase-terre		65
Figure 6 – Exemple de réseau de couplage et de réseau de découplage pour couplage capacitif sur lignes de courant alternatif (triphasé): couplage entre la phase L3 et la phase L2.....		65
Figure 7 – Exemple de réseau de couplage et de réseau de découplage pour couplage capacitif sur lignes de courant alternatif (triphasé): couplage entre la phase L3 et la terre		66

Figure 8 – Exemple de réseau de couplage et de réseau de découplage pour les lignes d'interconnexion non blindées et non symétriques: couplage entre phases et entre phase et terre	67
Figure 9 – Exemple de réseau de couplage et de réseau de découplage pour les lignes d'interconnexion non blindées symétriques: couplage entre phases et terre.....	68
Figure 10 – Exemple de réseau de couplage et de réseau de découplage pour les lignes d'interconnexion non blindées symétriques: couplage entre phases et terre par condensateurs	69
Figure 11 – Exemple de montage d'essai pour les ondes sinusoïdales fortement amorties appliquées aux lignes blindées	77
Tableau 1 – Niveaux d'essai	59
Tableau 2 – Relation entre la tension de crête en circuit ouvert et le courant de crête en court-circuit.....	61
Tableau 3 – Spécification d'onde sinusoïdale fortement amortie aux accès d'alimentation de l'EST du RCD	64
Tableau 4 – Résumé du processus d'étalonnage des RCD pour les lignes d'interconnexion non symétriques	71
Tableau 5 – Spécifications relatives aux formes d'onde des ondes sinusoïdales fortement amorties aux accès de l'EST du RCD pour les lignes d'interconnexion non symétriques	72
Tableau 6 – Résumé du processus d'étalonnage des RCD pour les lignes d'interconnexion symétriques.....	73
Tableau 7 – Spécifications relatives aux formes d'onde des ondes sinusoïdales fortement amorties aux accès de l'EST du RCD pour les lignes d'interconnexion symétriques	73
Tableau B.1 – Accès d'alimentation: sélection des niveaux d'essai (en fonction de la classe d'installation)	84
Tableau B.2 – Circuits/lignes: sélection des niveaux d'essai (en fonction de la classe d'installation)	85
Tableau D.1 – Exemple de budget d'incertitude pour le temps de montée de l'onde sinusoïdale fortement amortie (T_1).....	89
Tableau D.2 – Exemple de budget d'incertitude pour la crête du courant de court-circuit de l'onde sinusoïdale fortement amortie (I_{PK1}).....	91
Tableau D.3 – Facteur α (Formule (D.3)) de différentes réponses impulsionnelles unidirectionnelles correspondant à la même largeur de bande du système B	93

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

**Partie 4-12: Techniques d'essai et de mesure –
Essai d'immunité à l'onde sinusoïdale fortement amortie**

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 61000-4-12 a été établie par le sous-comité 77B: Phénomènes haute fréquence, du comité d'études 77 de l'IEC: Compatibilité électromagnétique.

Elle constitue la partie 4-12 de l'IEC 61000. Elle a le statut de publication fondamentale en CEM en accord avec le Guide 107 de l'IEC.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2006. Cette édition constitue une révision technique. Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) ajout d'une modélisation mathématique de forme d'onde sinusoïdale fortement amortie;

- b) ajout d'une nouvelle Annexe B relative à la sélection des générateurs et des niveaux d'essai;
- c) ajout d'une nouvelle Annexe C relative aux notes explicatives;
- d) ajout d'une nouvelle Annexe D relative à l'incertitude de mesure;
- e) ajout d'un RCD à grande vitesse;
- f) ajout d'une procédure d'étalonnage pour le RCD.

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

CDV	Rapport de vote
77B/764/CDV	77B/774/RVC

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. À 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 sous forme de plusieurs parties 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: Guides d'installation et d'atténuation

Guides 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 comme normes internationales soit comme spécifications techniques ou rapports techniques, dont certaines ont déjà été publiées comme sections. D'autres seront publiées avec le numéro de partie, suivi d'un tiret et complété d'un second numéro identifiant la subdivision (exemple: IEC 61000 6-1).

La présente partie est une Norme internationale qui donne les exigences d'immunité et les procédures d'essai relatives aux ondes sinusoïdales fortement amorties. Il convient de noter que l'édition 1 de l'IEC 61000-4-12, parue en 1995, couvrait deux phénomènes en relation avec les essais d'immunité: les ondes sinusoïdales fortement amorties et les ondes oscillatoires amorties. Cette situation a changé avec la parution, en 2006, de l'édition 2 de l'IEC 61000-4-12, qui traitait uniquement des ondes sinusoïdales fortement amorties, les ondes oscillatoires amorties étant traitées dans une nouvelle norme, l'IEC 61000-4-18.

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-12: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à l'onde sinusoïdale fortement amortie

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61000 traite des méthodes d'essai des matériels électriques et électroniques dans leurs conditions d'exploitation et des exigences d'immunité aux ondes sinusoïdales fortement amorties se manifestant sur les alimentations basse tension ainsi que sur les lignes de commande et de signal raccordées aux réseaux publics ou privés.

Le présent document a pour objet d'établir une référence commune dans le but d'évaluer l'immunité des matériels électriques et électroniques soumis à des ondes sinusoïdales fortement amorties. La méthode d'essai documentée dans la présente partie de l'IEC 61000 décrit une méthode cohérente en vue d'évaluer l'immunité d'un matériel ou d'un système vis-à-vis d'un phénomène défini.

NOTE Comme décrit dans le Guide 107 de l'IEC, il s'agit d'une publication fondamentale en CEM pour utilisation par les comités de produits de l'IEC. Comme indiqué également dans le Guide 107, il incombe aux comités de produits de l'IEC la responsabilité de déterminer si la présente norme d'essai d'immunité est appliquée ou non et, si c'est le cas, il incombe aux comités de produits de définir les critères de performances correspondants et de choisir les niveaux d'essai d'immunité appropriés. Le comité d'études 77 et ses sous-comités sont prêts à coopérer avec les comités de produits à l'évaluation de la valeur de l'essai d'immunité et des niveaux d'essai d'immunité particuliers pour leurs produits.

Le présent document définit:

- la tension d'essai et les formes d'ondes de courant;
- une plage de niveaux d'essai;
- le matériel d'essai;
- les montages d'essai;
- les procédures d'essai.

2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Électrotechnique International (IEV)* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)

3 Termes, définitions et termes abrégés

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60050 (toutes les parties), ainsi que les suivants, s'appliquent.

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

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

3.1.1

étalonnage

ensemble des opérations établissant, en référence à des étalons, la relation qui existe, dans les conditions spécifiées, entre une indication et un résultat de mesure

Note 1 à l'article: Cette définition est conçue dans l'approche « incertitude ».

Note 2 à l'article: La relation entre les indications et les résultats de mesures peut être donnée, en principe, dans un diagramme d'étalonnage.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-01-09]

3.1.2

couplage

interaction entre circuits avec transfert d'énergie d'un circuit dans un autre

3.1.3

réseau de couplage

RC

circuit électrique destiné à transférer de l'énergie d'un circuit à un autre

3.1.4

réseau de couplage/découplage

RCD

combinaison d'un réseau de couplage et d'un réseau de découplage

3.1.5

réseau de découplage

RD

circuit électrique destiné à empêcher la tension d'essai appliquée à l'équipement en essai (EST) de brouiller les dispositifs, matériels ou systèmes non soumis à des essais

3.1.6

immunité (à une perturbation)

aptitude d'un dispositif, d'un appareil 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

accès

interface particulière d'un matériel qui assure son couplage avec l'environnement électromagnétique (IEC 60050-161:1990, 161-01-01) extérieur et à travers laquelle il est influencé par cet environnement

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-01-27]

3.1.8

onde sinusoïdale fortement amortie

oscillation amortie dont la constante de temps d'amortissement est de l'ordre d'une période

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-02-30]

3.1.9**temps de montée** T_r

durée de l'intervalle de temps entre les instants auxquels la valeur instantanée d'une impulsion atteint pour la première fois 10 %, puis 90 % de sa hauteur

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-02-05, modifiée – le contenu de la note a été compris dans la définition]

3.1.10**transitoire** (adj et nom)

se dit d'un phénomène ou d'une grandeur qui varie entre deux régimes établis consécutifs dans un intervalle de temps relativement court à l'échelle des temps considérée

[SOURCE: IEC 60050-161:1990, 161-02-01]

3.1.11**vérification**

ensemble des opérations utilisées pour vérifier le système d'essai (par exemple, le générateur d'essai et ses câbles d'interconnexion) pour démontrer que le système d'essai fonctionne

Note 1 à l'article: Les méthodes utilisées pour la vérification peuvent être différentes de celles utilisées pour l'étalonnage.

Note 2 à l'article: Pour les besoins de la présente norme fondamentale en CEM, cette définition est différente de celle donnée dans l'IEC 60050-311:2001, 311-01-13.

3.2 Termes abrégés

EA	Équipement auxiliaire
CD	Coupling device (dispositif de couplage)
RCD	Réseau de couplage/découplage
CLD	Clamping device (dispositif de clamping)
RC	Réseau de couplage
RD	Réseau de découplage
CEM	Compatibilité électromagnétique
EST	Équipement en essai
GDT	Gas discharge tube (tube à décharge)
MU	Measurement uncertainty (incertitude de mesure)
PDF	Probability density function (fonction de densité de probabilité)
PE	Protective earth (terre de protection)
RGP	Reference ground plane (plan de masse de référence)
RWG	Ring wave generator (générateur d'ondes sinusoïdales fortement amorties)
SPD	Surge protective device (dispositif de protection contre les surtensions)

4 Généralités**4.1 Description du phénomène**

L'onde sinusoïdale fortement amortie (représentée à la Figure 1) est un phénomène de transitoire oscillatoire survenant dans les câbles basse tension dû à des commutations de réseaux électriques et de charges réactives, des défauts ou des claquages de circuits d'alimentation électrique, ou des coups de foudre. De fait, il s'agit du phénomène le plus

répandu rencontré dans les réseaux d'alimentation (haute tension, moyenne tension, basse tension) ainsi que dans les lignes de commande et de signal.

Représentative d'une large plage d'environnements électromagnétiques résidentiels comme industriels, l'onde sinusoïdale fortement amortie permet de vérifier l'immunité des matériels relevant de ces environnements vis-à-vis des phénomènes susmentionnés. Ces manifestations produisent des impulsions caractérisées par des ondes à front raide de l'ordre de 10 ns à une fraction de μs , en l'absence de tout filtrage. La durée de ces impulsions peut varier entre 10 μs et 100 μs .

Le temps de montée et la durée des impulsions dépendent des caractéristiques de propagation des milieux et du trajet.

La propagation de l'onde dans les lignes (puissance et signal) donne toujours lieu à des réflexions dues à la non-adaptation des impédances (les lignes sont raccordées à des charges ou à des dispositifs de protection, des filtres d'entrée, etc.). Ces réflexions produisent des oscillations dont la fréquence dépend de la vitesse de propagation. La présence éventuelle de phénomènes parasites (par exemple, capacité parasite de composants tels que les moteurs, les enroulements de transformateurs, etc.) ajoute des facteurs d'influence.

Le temps de montée peut être augmenté par les caractéristiques passe-bas du circuit. Cet effet est plus marqué lorsque le temps de montée est rapide (de l'ordre de 10 ns) et tend à devenir négligeable lorsque le temps de montée est lent (de l'ordre de 1 μs).

Des ondes sinusoïdales fortement amorties peuvent également être produites par des coups de foudre, phénomène caractérisé par sa forme d'onde unidirectionnelle (impulsion normalisée 1,2/50 μs). Les circuits indirectement affectés par la foudre (couplage inductif entre lignes) sont influencés par la dérivée de l'impulsion initiale et les mécanismes de couplage impliqués, ce qui peut provoquer des oscillations. Les caractéristiques de l'onde sinusoïdale fortement amortie résultante dépendent des paramètres réactifs des circuits de terre, des structures métalliques traversées par le courant de foudre, ainsi que de la propagation dans les lignes de transmission à basse tension.

Par suite des effets susmentionnés, un transitoire oscillatoire ou une onde sinusoïdale fortement amortie se produit aux accès de l'équipement. Les transitoires oscillatoires sont traités dans l'IEC 61000-4-18. Une onde sinusoïdale fortement amortie avec un temps de montée défini de 0,5 μs et une fréquence d'oscillation de 100 kHz a été déterminée comme étant une onde sinusoïdale fortement amortie type et est largement utilisée pour soumettre les produits à l'essai.

La formule correspondant à la forme d'onde idéale de la Figure 1, $w(t)$, est la suivante:

$$w(t) = A \cdot K \cdot \frac{\left(\frac{t}{t_1}\right)^n}{1 + \left(\frac{t}{t_1}\right)^n} \cdot \exp\left(-\frac{t}{t_2}\right) \cdot \cos(\beta t)$$

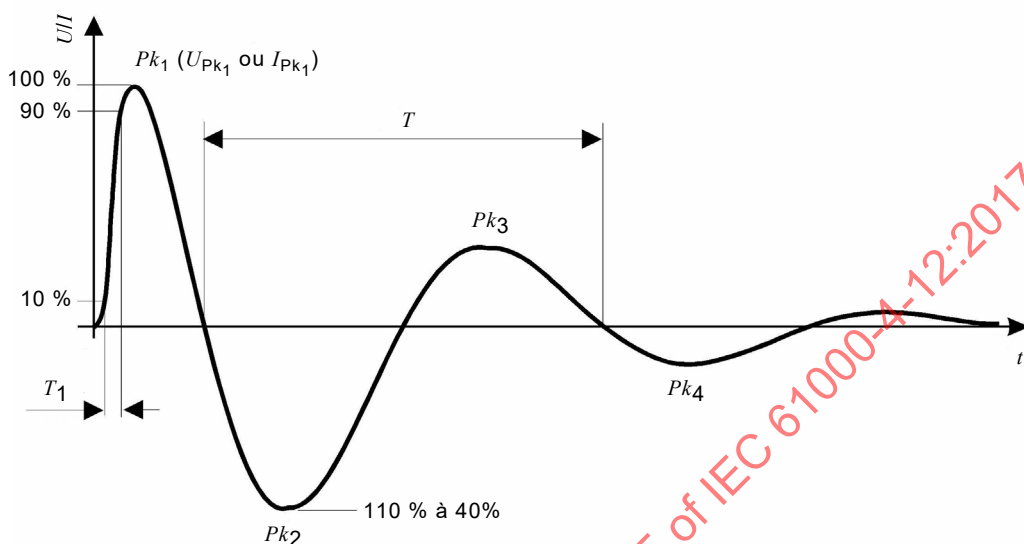
avec

$$t_2 = \frac{T}{2} \cdot \frac{1}{\ln R} = 7,21 \mu\text{s} \text{ et } \beta = \frac{2\pi}{T} \text{ et } T = 10 \mu\text{s}$$

où les paramètres de la période d'oscillation $T = 10 \mu\text{s}$ sont:

$$A = 1; K = 1,81; n = 1,83; t_1 = 0,507 \mu s$$

NOTE R est le rapport entre Pk_2 et Pk_3 , Pk_3 et Pk_4 . La valeur de R garantit que les rapports Pk_2/Pk_3 , Pk_3/Pk_4 sont compris dans la plage spécifiée dans le présent document. La valeur de R ne peut pas descendre en dessous d'un certain seuil car le rapport Pk_1/Pk_2 dépasserait les tolérances spécifiées. $R = 2$ a été sélectionné. Les paramètres n et t_1 sont ajustés afin d'obtenir $T_1 = 0,5 \mu s$.



Légende

T_1 temps de montée

T période d'oscillation

NOTE Seul Pk_1 est déterminé pour la forme d'onde de courant.

**Figure 1 – Forme d'onde de l'onde sinusoïdale fortement amortie
(tension en circuit ouvert et courant de court-circuit)**

D'autres normes IEC, comme l'IEC 61000-4-5, font référence à l'impulsion de foudre normalisée $1,2/50 \mu s$, qui peut être considérée comme complémentaire à l'onde sinusoïdale fortement amortie décrite dans le présent document.

C'est aux comités de produits qu'il incombe de définir l'essai le plus approprié en fonction du phénomène considéré comme pertinent.

4.2 Paramètres pertinents

4.2.1 Fréquence de répétition

La fréquence de répétition d'un transitoire est directement liée à la fréquence d'occurrence du phénomène originel (foudre et commutation). La fréquence de répétition est plus importante lorsque la cause principale est une commutation de charges sur des lignes de commande, et moins importante lorsque la cause principale est un défaut et un coup de foudre. Cette fréquence peut généralement varier d'une fois par seconde à une fois par an.

La fréquence de répétition peut être augmentée afin de réduire la durée de l'essai. Il convient toutefois de la choisir en fonction des caractéristiques du dispositif de protection utilisé pour atténuer/supprimer les transitoires.

4.2.2 Angle de phase

Les défaillances de matériel liées à l'onde sinusoïdale fortement amortie sur les sources d'alimentation électrique peuvent dépendre de l'angle de phase du réseau d'alimentation en courant alternatif auquel le transitoire est appliqué. Quand un élément de protection fonctionne pendant un essai à l'onde sinusoïdale fortement amortie, cela peut s'accompagner d'un phénomène de courant de suite selon l'angle de phase auquel le transitoire se produit. Le courant de suite est un courant provenant de la source raccordée et s'écoulant à travers un élément de protection, ou tout autre arc dans l'EST pendant et après le transitoire.

Dans le cas des semi-conducteurs, le phénomène peut être lié au seuil de conduction du dispositif au moment où l'onde sinusoïdale fortement amortie se produit. Les paramètres de semi-conducteurs pouvant entrer en ligne de compte sont les caractéristiques de récupération directe et inverse, ainsi que les conditions de tenue au claquage secondaire.

Les dispositifs les plus exposés à une défaillance liée au déphasage sont les semi-conducteurs implantés dans les circuits d'entrée de puissance. D'autres dispositifs situés dans différentes parties de l'EST peuvent aussi présenter de tels modes de défaillance.

5 Niveaux d'essai

Les niveaux d'essai préférentiels pour l'onde sinusoïdale fortement amortie applicables aux accès d'alimentation, de signal et de commande du matériel pris en considération sont donnés dans le Tableau 1. Le niveau d'essai est défini comme la tension de la première crête (maximum ou minimum) dans la forme d'onde d'essai (Pk_1 à la Figure 1).

Les niveaux d'essai applicables aux accès d'alimentation, de signal et de commande peuvent être différents.

Tableau 1 – Niveaux d'essai

Niveau	Tension d'essai en circuit ouvert	
	kV	
	Entre phases	Entre phase et terre ^b
1	0,25	0,5
2	0,5	1
3	1	2
4	2	4
X ^a	Spécial	Spécial
^a « X » peut correspondre à un niveau quelconque, supérieur, inférieur ou intermédiaire. Ce niveau doit être spécifié par les comités de produits et/ou la spécification du matériel.		
^b Pour les lignes d'interconnexion symétriques, l'essai peut être appliqué à différentes lignes de manière simultanée par rapport à la terre, c'est-à-dire « entre phases et terre ».		

Les niveaux d'essai doivent être choisis selon les conditions d'installation; les classes d'installation sont données à l'Annexe C. L'Annexe A donne des informations relatives aux niveaux d'essai.

L'essai doit être appliqué à tous les niveaux d'essai du Tableau 1 jusqu'au niveau d'essai spécifié inclus (voir 8.3).

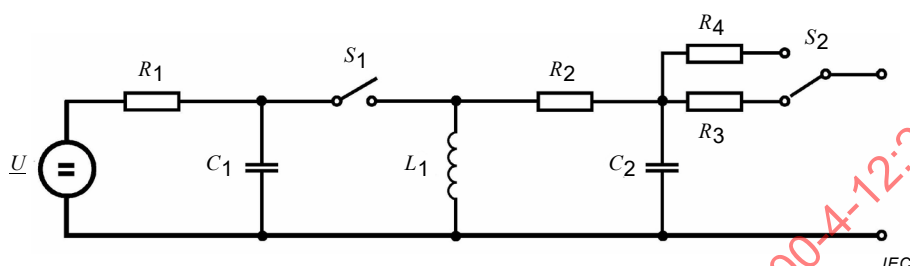
Pour de plus amples informations sur la sélection des niveaux d'essai pour les différentes interfaces, voir l'Annexe B.

6 Instrumentation d'essai

6.1 Générateur d'ondes sinusoïdales fortement amorties

6.1.1 Circuit du générateur d'ondes sinusoïdales fortement amorties

La sortie du générateur doit être en mesure de fonctionner en conditions de court-circuit. Le diagramme d'un générateur d'ondes sinusoïdales fortement amorties représentatif est présenté en Figure 2.



Légende

U : source haute tension
 C_1 : condensateur de stockage d'énergie
 C_2 : condensateur de filtrage
 R_1 : résistance de charge
 R_2 : résistance de filtrage

R_3 : résistance 30 Ω
 R_4 : résistance 12 Ω
 L_1 : bobine de circuit oscillant
 S_1 : commutateur haute tension
 S_2 : sélecteur d'impédance de sortie

Figure 2 – Exemple de schéma du circuit du générateur d'ondes sinusoïdales fortement amorties

6.1.2 Valeurs d'impédance

Deux valeurs d'impédance (voir R_3 et R_4 de la Figure 2) ont été sélectionnées comme suit:

- 12 Ω lorsque les accès d'alimentation en courant alternatif/courant continu et les lignes d'interconnexion blindées sont soumis à l'essai
- 30 Ω lorsque les lignes d'interconnexion non blindées sont soumises à l'essai

6.1.3 Caractéristiques des performances du générateur d'ondes sinusoïdales fortement amorties

Un générateur à sortie flottante doit être utilisé.

Il s'agit d'un générateur d'ondes sinusoïdales fortement amorties unique présentant les caractéristiques suivantes, mesurées à la sortie du générateur:

- temps de montée de la tension (T_1 à la Figure 1) 0,5 $\mu\text{s} \pm 30 \%$ (en circuit ouvert)
- temps de montée du courant (T_1 à la Figure 1) 0,2 μs à 1,0 μs (en court-circuit)
- fréquence d'oscillation ($1/T$ à la Figure 1) 100 kHz $\pm 10 \%$

NOTE 1 La fréquence d'oscillation est définie comme l'inverse de la période entre le 1^{er} et le 3^e passage à zéro après la crête initiale.

- décroissance (tension seulement, voir Figure 1)
 - 0,4 $\leq$ rapport de Pk_2 à $Pk_1 \leq 1,1$
 - 0,4 $\leq$ rapport de Pk_3 à $Pk_2 \leq 0,8$
 - 0,4 $\leq$ rapport de Pk_4 à $Pk_3 \leq 0,8$
 - pas d'exigence pour Pk_5

- fréquence de répétition 1 ou plus par minute
- impédance de sortie voir Tableau 2

NOTE L'impédance de sortie est calculée comme le rapport entre la tension en circuit ouvert U_{Pk1} et le courant de court-circuit I_{Pk1} .

- tension en circuit ouvert U_{Pk1} (voir Figure 1) réglable de 0,25 kV au niveau d'essai exigé
- courant de court-circuit I_{Pk1} (voir Figure 1) voir Tableau 2
- déphasage dans une plage comprise entre 0° et 360° relativement à l'angle de phase de la tension alternative d'alimentation de l'EST, avec une tolérance de $\pm 10^\circ$
- polarité de Pk_1 (voir Figure 1) positive et négative

Tableau 2 – Relation entre la tension de crête en circuit ouvert et le courant de crête en court-circuit

Tension de crête en circuit ouvert $\pm 10\%$ à la sortie du générateur	Courant de crête en court-circuit $\pm 10\%$ à la sortie du générateur 12 Ω	Courant de crête en court-circuit $\pm 10\%$ à la sortie du générateur 30 Ω
0,25 kV	20,8 A	8,3 A
0,5 kV	41,7 A	16,7 A
1,0 kV	83,3 A	33,3 A
2,0 kV	166,7 A	66,7 A
4,0 kV	333,3 A	133,3 A

6.1.4 Étalonnage du générateur d'ondes sinusoïdales fortement amorties

Les caractéristiques du générateur d'essai doivent être étalonnées de façon à s'assurer qu'elles satisfont aux exigences du présent document. À cet effet, la procédure suivante doit être appliquée.

La sortie du générateur doit être raccordée à un système de mesure avec une largeur de bande (20 MHz au minimum), une tension et un courant suffisants pour surveiller les caractéristiques de la forme d'onde.

Les caractéristiques du générateur doivent être mesurées en conditions de circuit ouvert (charge supérieure ou égale à 10 k Ω) et de court-circuit à la même tension définie.

Toutes les caractéristiques de performances indiquées en 6.1.3, à l'exception du déphasage et de la fréquence de répétition, doivent être satisfaites à la sortie du générateur. Les performances de déphasage doivent être satisfaites à la sortie du RCD à 0°, 90°, 180° et 270° pour une polarité.

6.2 Réseaux de couplage/découplage

6.2.1 Généralités

Chaque réseau de couplage/découplage (RCD) comporte un réseau de couplage et un réseau de découplage, comme représenté dans les exemples de la Figure 4 à la Figure 10.

NOTE Les condensateurs de couplage peuvent faire partie du RCD ou du générateur ou être des composants externes discrets.

Le réseau de couplage doit être équipé d'un condensateur de couplage adapté à l'impédance choisie pour le générateur d'essai, c'est-à-dire $\geq 3 \mu\text{F}$.

Sur les circuits d'alimentation en courant alternatif ou en courant continu, le réseau de découplage fournit une impédance relativement élevée au transitoire de l'onde sinusoïdale fortement amortie mais il permet en même temps au courant d'alimentation de circuler vers l'EST. Cette impédance permet à la forme d'onde de tension de se développer à la sortie du réseau de couplage/découplage, et empêche le courant de l'onde sinusoïdale fortement amortie de circuler vers la source alternative ou continue. Des condensateurs à haute tension sont utilisés comme éléments de couplage. Leurs dimensions permettent à la totalité des durées de forme d'onde de se coupler à l'EST. Le réseau de couplage/découplage pour l'alimentation en courant alternatif ou en courant continu doit être conçu de sorte que la forme d'onde de tension en circuit ouvert et la forme d'onde de courant de court-circuit satisfassent aux exigences du Tableau 3.

Pour les entrées/sorties et les lignes de communication, l'impédance série du réseau de découplage limite la largeur de bande disponible pour la transmission de données. Les éléments de couplage peuvent être des condensateurs, dans les cas où la ligne tolère les effets de charge capacitive, des dispositifs de clamping ou des parafoudres. Quand elles se couplent aux lignes d'interconnexion, les formes d'onde peuvent être déformées par les mécanismes de couplage tels qu'ils sont décrits en 6.2.3.

Le réseau de couplage/découplage pour les lignes d'interconnexion non blindées doit être conçu de sorte que la forme d'onde de tension en circuit ouvert et la forme d'onde du courant de court-circuit satisfassent aux exigences du Tableau 5 et du Tableau 7.

Chaque réseau de couplage/découplage doit satisfaire aux exigences de 6.2.2 ou 6.2.3 et doit satisfaire aux exigences d'étalonnage de 6.3. Leur utilisation s'effectue selon le diagramme à la Figure 3:

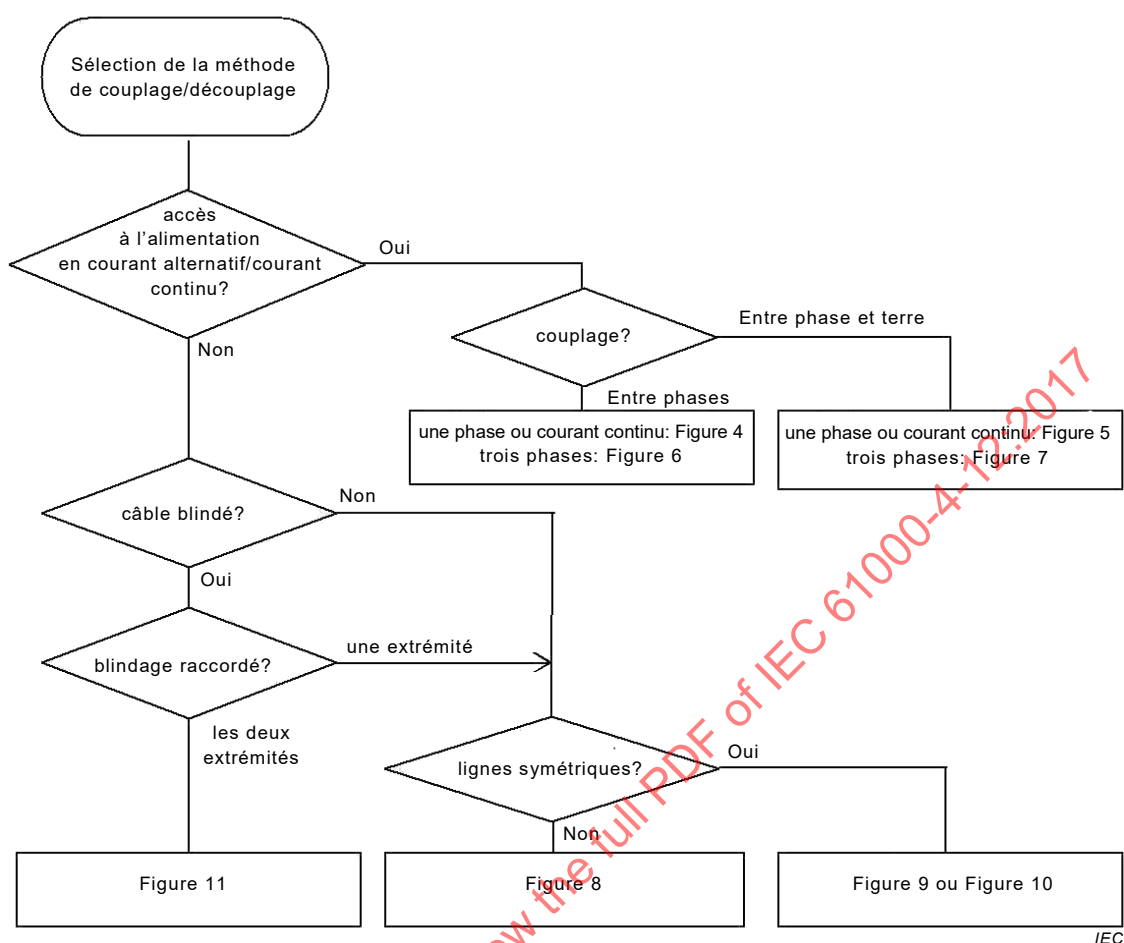


Figure 3 – Sélection de la méthode de couplage/découplage

6.2.2 Réseaux de couplage/découplage pour un accès d'alimentation en courant alternatif/courant continu assigné jusqu'à 63 A par ligne

L'amplitude de crête Pk_1 et le temps de montée doivent être vérifiés pour la tension en circuit ouvert et pour le courant en court-circuit à l'accès de sortie EST ainsi que la période d'oscillation qui doit également être vérifiée pour la tension en circuit ouvert. Les paramètres de forme d'onde mesurés à l'accès l'EST du RCD dépendent de la source du générateur et sont donc valides uniquement pour la combinaison générateur/RCD soumise à l'essai. Le RCD doit être raccordé à un système de mesure avec une largeur de bande, une tension et un courant suffisants pour surveiller les caractéristiques des formes d'onde.

NOTE L'onde de choc et l'onde sinusoïdale fortement amortie tiennent leur origine des mêmes sources de perturbations. L'onde sinusoïdale fortement amortie résulte de la disposition des câbles impliquée et du dispositif de protection contre les surtensions (SPD) entre la source de perturbation et la prise de courant. Pour les courants supérieurs à 63 A, la disposition des câbles fait généralement partie de l'EST et, par conséquent, l'EST est soumis à l'essai conformément à l'IEC 61000-4-5.

L'inductance de découplage doit être choisie par le constructeur du RCD de sorte qu'au niveau du RCD, la chute de tension doit être inférieure à 10 % de la tension d'entrée du RCD à la valeur assignée du courant spécifié. Toutefois, il convient qu'elle ne dépasse pas 1,5 mH.

Afin d'éviter les chutes de tension non désirées dans le RCD, la valeur de l'élément de découplage doit être réduite pour les RCD de courant assigné > 16 A. Par conséquent, le courant de crête peut varier dans les tolérances indiquées dans le Tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3 – Spécification d'onde sinusoïdale fortement amortie aux accès d'alimentation de l'EST du RCD

Paramètre d'onde sinusoïdale fortement amortie en condition de circuit ouvert	Courant de crête
Courant de crête I_{PK1} Courant assigné ≤ 16 A	+10 % –10 %
16 A < courant assigné ≤ 32 A	+10 % –10 %
32 A < courant assigné ≤ 63 A	+10 % –25 %
NOTE Le courant assigné est le courant assigné du RCD.	

Toutes les caractéristiques de performances indiquées en 6.1.3, à l'exception de la fréquence de répétition, doivent être satisfaites à la sortie du RCD. Les performances de déphasage doivent être satisfaites à 0°, 90°, 180° et 270° pour une polarité.

Les caractéristiques susmentionnées s'appliquent aux systèmes monophasés (phase, neutre, terre de protection) et aux systèmes triphasés (fils triphasés, neutre et terre de protection).

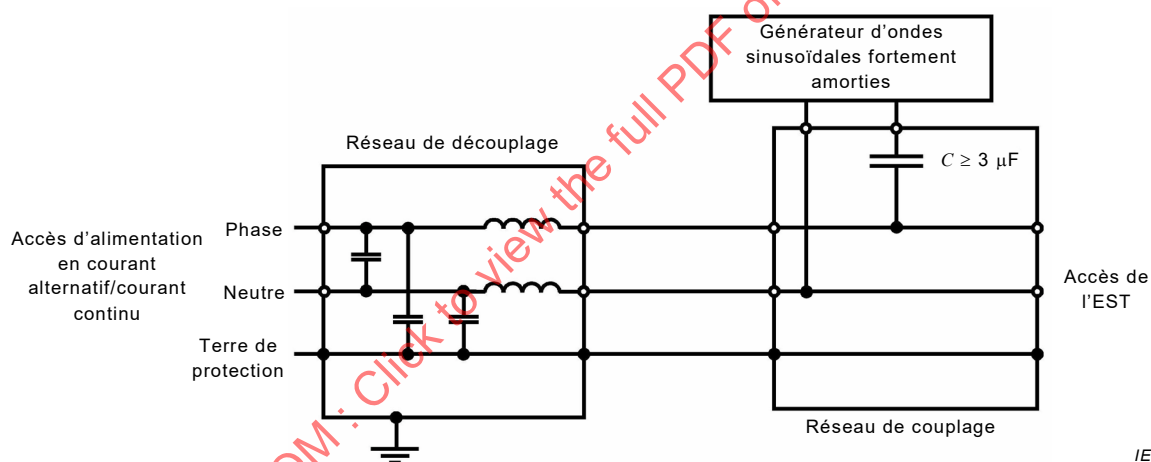


Figure 4 – Exemple de réseau de couplage et de réseau de découplage pour couplage capacitif sur lignes de courant alternatif/courant continu: couplage entre phases

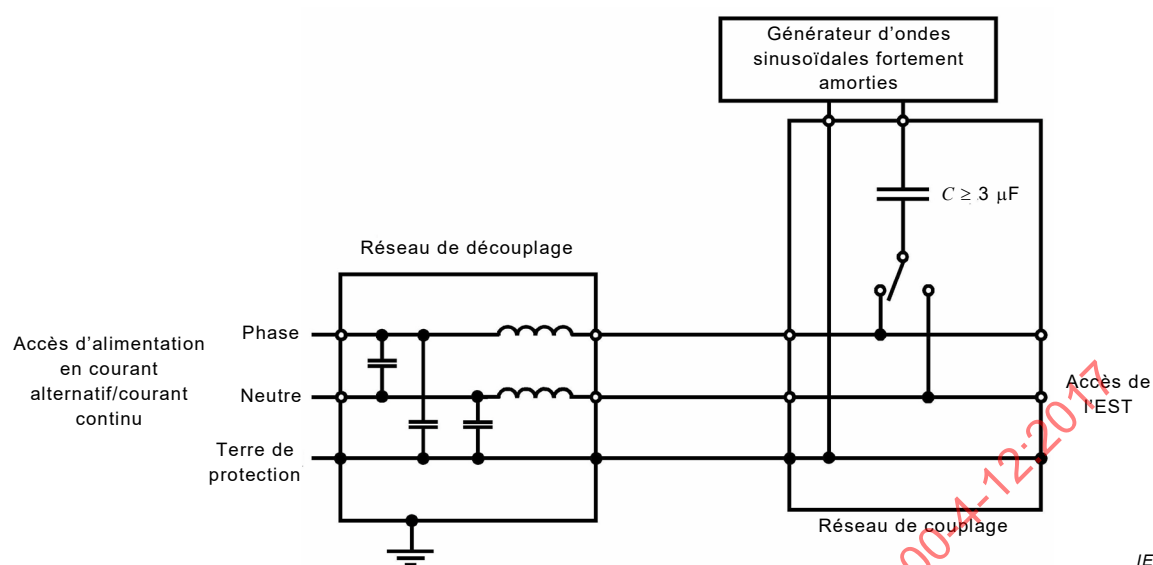
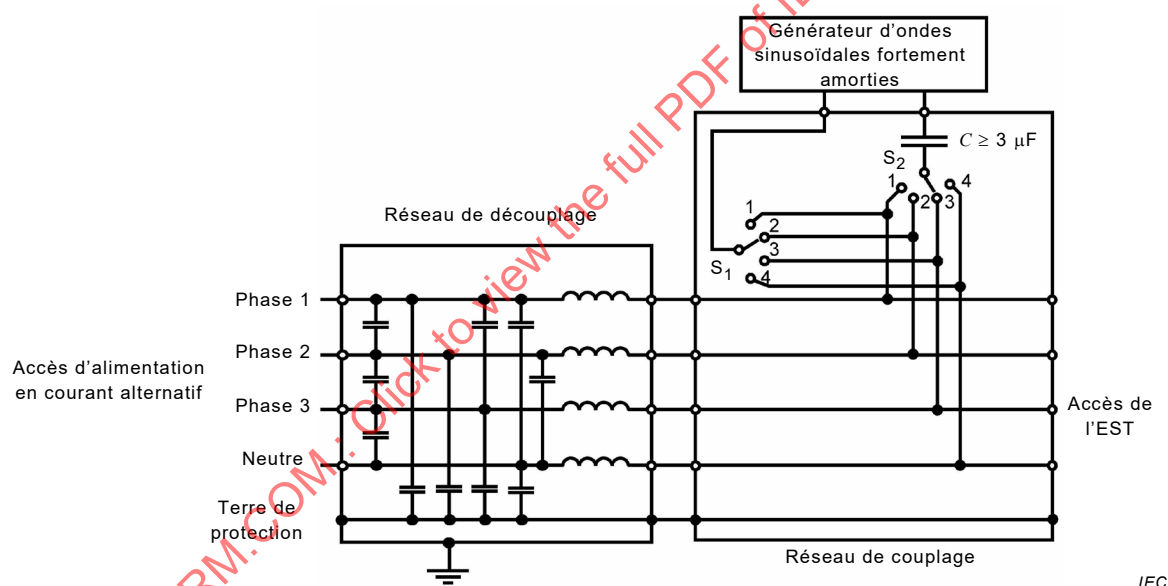


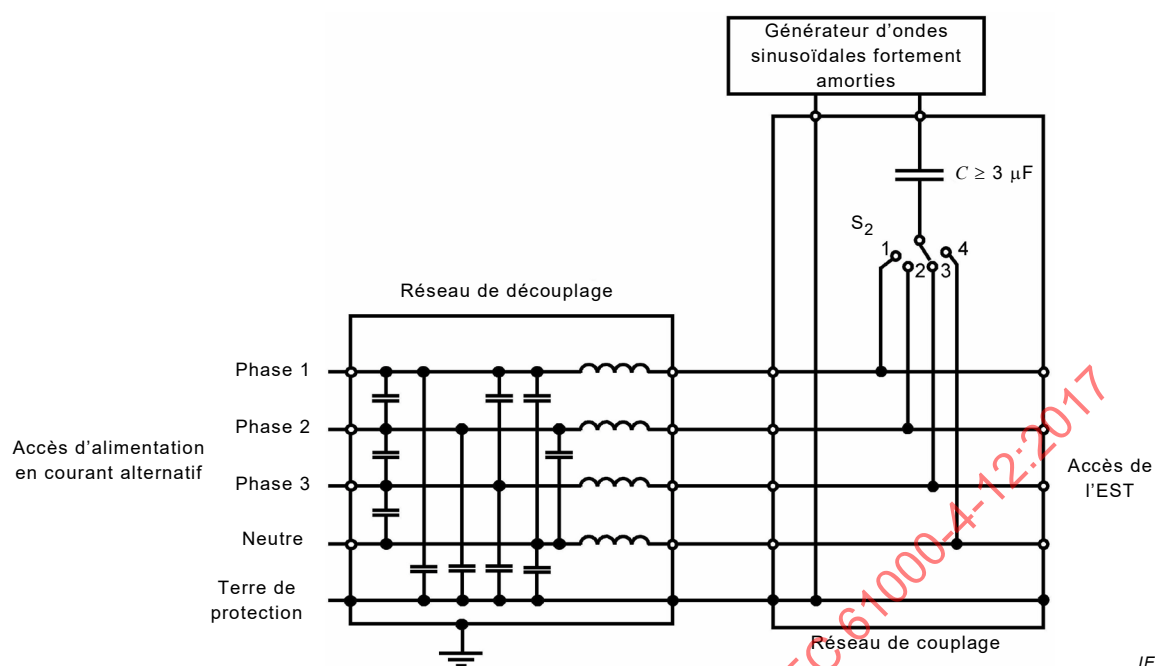
Figure 5 – Exemple de réseau de couplage et de réseau de découplage pour couplage capacitif sur lignes de courant alternatif/courant continu: couplage phase-terre



Les commutateurs S_1 et S_2 sont utilisés pour sélectionner les lignes individuelles pour l'essai.

Au cours de l'essai, la position du commutateur S_2 diffère de la position du commutateur S_1 .

Figure 6 – Exemple de réseau de couplage et de réseau de découplage pour couplage capacitif sur lignes de courant alternatif (triphasé): couplage entre la phase L3 et la phase L2



Le commutateur S_2 est utilisé pour sélectionner individuellement les lignes pour l'essai.

Figure 7 – Exemple de réseau de couplage et de réseau de découplage pour couplage capacitif sur lignes de courant alternatif (triphase): couplage entre la phase L3 et la terre

6.2.3 Réseaux de couplage/découplage pour lignes d'interconnexion

6.2.3.1 Généralités

La méthode de couplage doit être choisie en fonction des types de câbles d'interconnexion, des circuits et des conditions d'exploitation traités dans la spécification/norme de produit.

Le couplage des lignes non blindées exige des dispositifs de couplage (CD) qui garantissent une isolation suffisante entre les lignes d'interconnexion et le générateur d'ondes sinusoïdales fortement amorties, tout en permettant un transfert efficace des impulsions d'ondes sinusoïdales fortement amorties.

Tous les CD, tels que les condensateurs ou les tubes à décharge (GDT), capables de satisfaire aux fonctions de couplage et d'isolation peuvent être utilisés.

Les couplages utilisant des condensateurs conservent l'intégrité de la forme d'onde. Cependant, ils peuvent avoir des effets de filtrage sur le transfert rapide de données.

Les dispositifs à avalanche tels que les GDT ont une faible capacité parasite et permettent un raccordement avec la plupart des types de lignes d'interconnexion. La tension de claquage du dispositif de couplage doit être choisie de façon à être la plus faible possible, tout en étant supérieure à la tension de service maximale des lignes à soumettre à l'essai.

Tous les RCD doivent satisfaire aux exigences d'étalonnage de 6.3.

Des inductances à courant compensé doivent être utilisées dans le réseau de découplage si les lignes de signal sont symétriques.

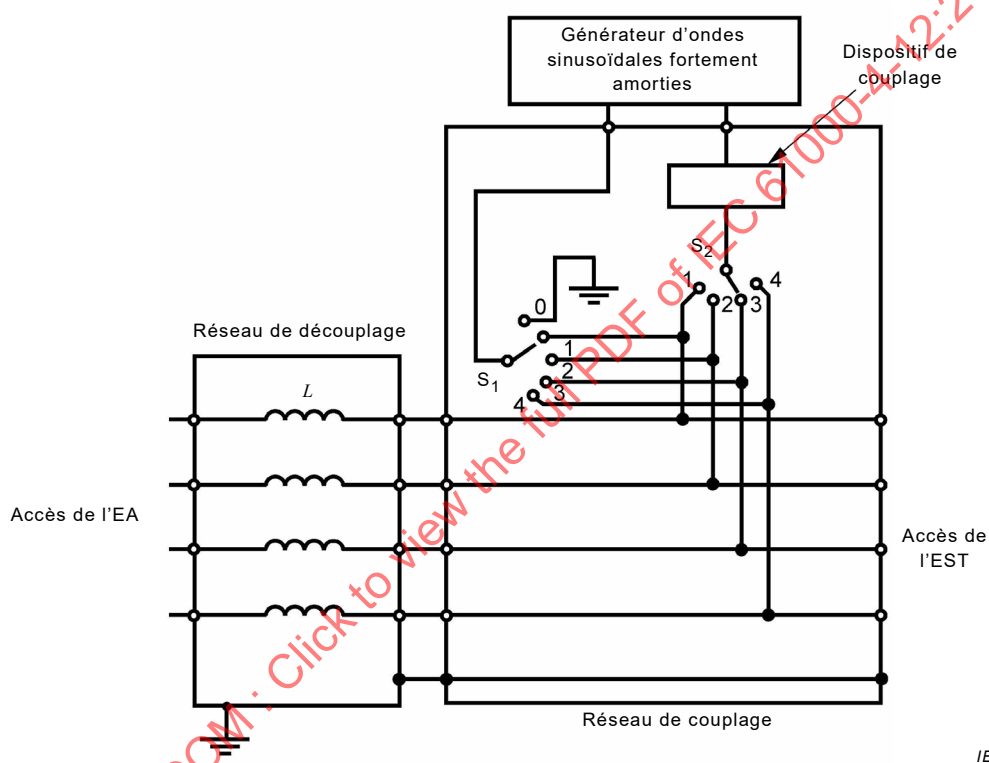
Les performances de découplage exigées du côté EA dépendent de la spécification relative à l'application et déterminent la valeur des éléments de découplage (inductances, résistances,

condensateurs, GDT, dispositifs de clampage, etc.) à utiliser. Afin d'assurer les meilleures performances de découplage possible et la meilleure protection possible de l'EA, une analyse spécifique à la situation est exigée pour choisir les éléments de découplage.

6.2.3.2 Couplage/découplage des ondes sinusoïdales fortement amorties avec des lignes d'interconnexion non blindées non symétriques

Le couplage avec des lignes d'interconnexion non blindées non symétriques peut être effectué entre phases et entre phase et terre. Le découplage est effectué en utilisant une bobine d'inductance de découplage par ligne.

La Figure 8 donne un exemple de réseau de couplage/découplage pour les lignes d'interconnexion non blindées non symétriques.



- 1) Commutateur S_1
 - entre phase et terre: position 0
 - entre phases: positions 1 à 4
- 2) Commutateur S_2 : Positions 1 à 4
 - au cours des essais, la position du commutateur S_2 diffère de la position du commutateur S_1

NOTE Pour les détails sur CD: voir Tableau 5.

Figure 8 – Exemple de réseau de couplage et de réseau de découplage pour les lignes d'interconnexion non blindées et non symétriques: couplage entre phases et entre phase et terre

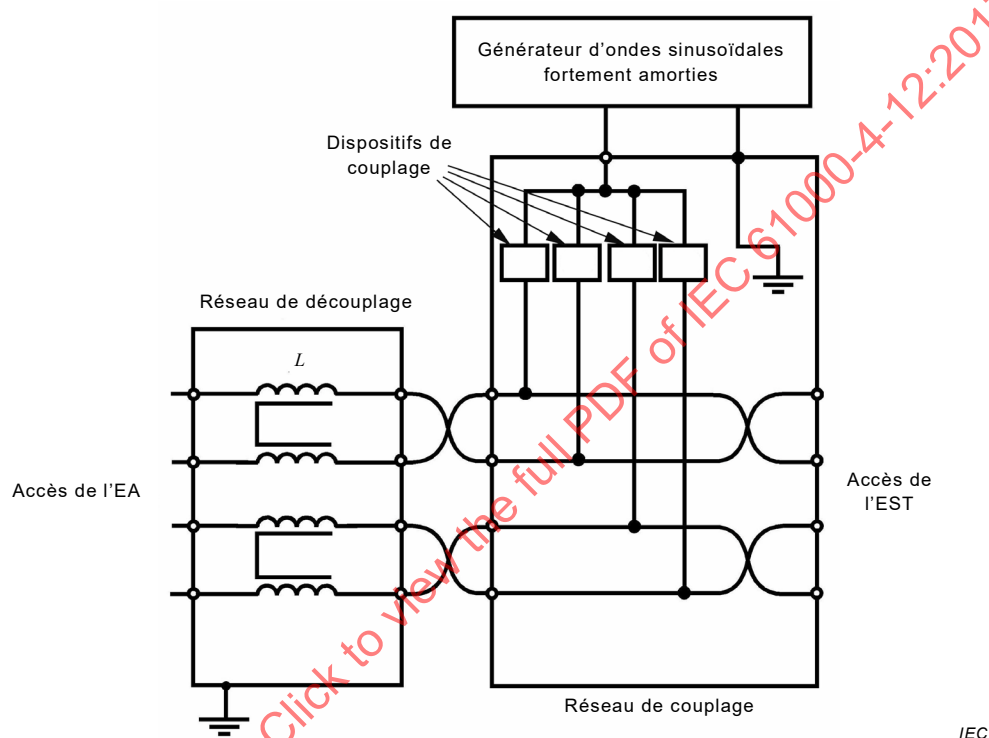
6.2.3.3 Couplage/découplage d'onde sinusoïdales fortement amorties avec des lignes d'interconnexion non blindées symétriques

En raison de la nature des caractéristiques du câblage non blindé, le couplage avec des lignes d'interconnexion symétriques (paires torsadées) se fait toujours en mode commun, c'est-à-dire entre toutes les phases et la terre.

Le transfert d'énergie entre le générateur d'ondes sinusoïdales fortement amorties et l'EST est considéré comme étant une constante qui est indépendante du nombre de lignes dans le câble. Le RCD doit être choisi afin de correspondre au nombre de lignes/paires existant dans le câble; cependant, pour les câbles de plus de huit lignes/quatre paires, les paires doivent être divisées et reliées par le biais de plusieurs RCD à huit lignes/quatre paires.

Les bobines d'inductance en mode commun sont utilisées pour le découplage, permettant ainsi un transfert de données rapide et assurant un découplage en mode commun efficace.

La Figure 9 donne un exemple de réseau de couplage/découplage pour les lignes d'interconnexion non blindées symétriques.



L avec la compensation de courant peut comprendre les 4 bobines ou seulement des paires (comme représenté à la Figure 9) pour être efficace.

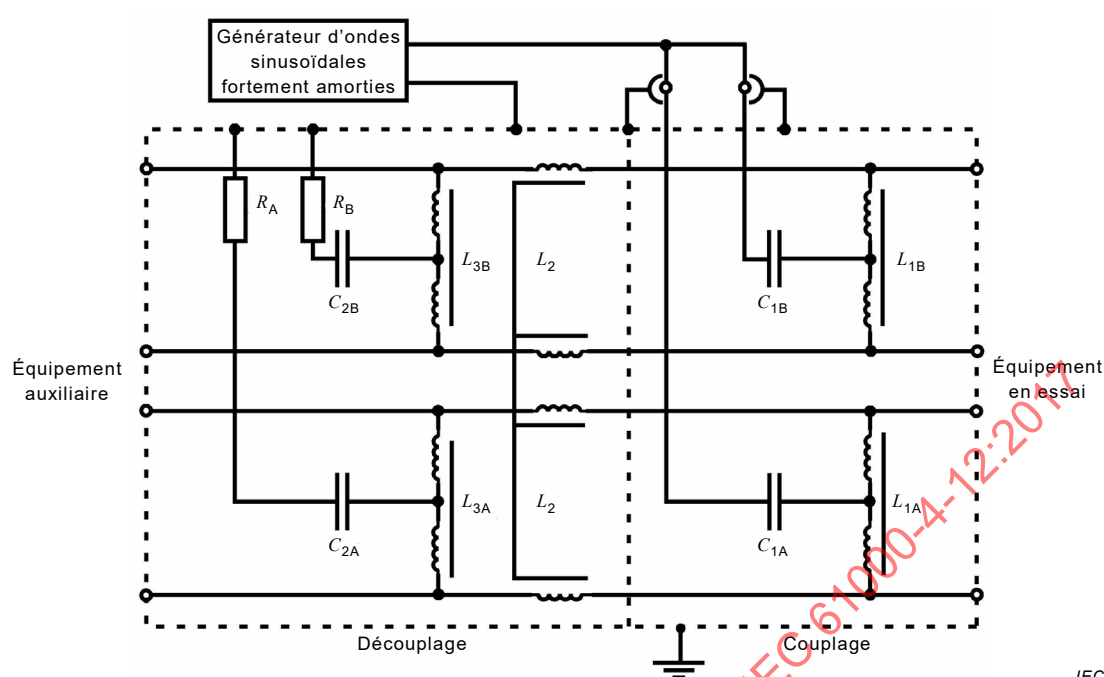
NOTE Pour les détails sur CD: voir Tableau 7.

Figure 9 – Exemple de réseau de couplage et de réseau de découplage pour les lignes d'interconnexion non blindées symétriques: couplage entre phases et terre

Pour les lignes d'interconnexion rapides, les exemples donnés à la Figure 9 et à la Figure 10 peuvent être utilisés.

Afin d'éviter qu'un effet de filtrage ne se produise sur les condensateurs de couplage et de découplage lors du transfert de données, une conception équilibrée à haute fréquence associant les condensateurs de couplage et les bobines d'inductance de couplage est exigée.

La Figure 10 donne un exemple de réseau de couplage et de découplage pour des lignes d'interconnexion symétriques à deux paires. Une conception similaire avec des lignes d'interconnexion symétriques à quatre paires permet de réaliser des essais avec une vitesse d'interconnexion jusqu'à 1 Gbit/s (Ethernet).



R_A , R_B , C_1 , C_2 , L_1 , L_2 , L_3 : Tous les composants sont choisis de sorte que les paramètres d'impulsion spécifiés soient satisfaits.

NOTE L'impédance du générateur est de 30Ω pour deux paires, comme représenté, ou pour plus de paires.

Figure 10 – Exemple de réseau de couplage et de réseau de découplage pour les lignes d'interconnexion non blindées symétriques: couplage entre phases et terre par condensateurs

Lorsque le fonctionnement normal ne peut pas être atteint en raison de l'impact du RCD sur l'EST, il convient que les comités de produits spécifient le fonctionnement approprié ou indiquent qu'aucun essai à l'onde sinusoïdale fortement amortie n'est exigé.

6.3 Étalonnage des réseaux de couplage/découplage

6.3.1 Généralités

Afin de comparer les résultats des essais de différents RCD, le RCD doit être régulièrement étalonné. À cet effet, la procédure suivante est nécessaire afin de mesurer les caractéristiques les plus essentielles du RCD. Les paramètres de forme d'onde mesurés à l'accès EST du RCD dépendent de la source du générateur et sont donc valides uniquement pour la combinaison particulière générateur/RCD soumise à l'essai.

Le matériel de mesure utilisé pour l'étalonnage du RCD doit satisfaire aux exigences applicables à l'étalonnage du générateur (voir 6.1.4).

6.3.2 Étalonnage des RCD pour un accès d'alimentation en courant alternatif/courant continu assigné jusqu'à 63 A par ligne

Les caractéristiques du RCD doivent être mesurées en conditions de circuit ouvert (charge supérieure ou égale à $10 \text{ k}\Omega$) et de court-circuit (charge inférieure à $0,1 \Omega$) avec la même tension définie.

La tension résiduelle d'onde sinusoïdale fortement amortie mesurée entre les lignes couplées et la terre aux accès d'alimentation en courant alternatif/courant continu du réseau de découplage lorsque l'EST et le réseau d'alimentation ne sont pas raccordés ne doit pas

dépasser 15 % de la tension d'essai maximale appliquée ou deux fois la valeur de crête de la tension assignée du RCD, selon la valeur la plus élevée.

La tension non désirée d'onde sinusoïdale fortement amortie mesurée entre les lignes non couplées et la terre lorsque l'EST et le réseau d'alimentation ne sont pas raccordés ne doit pas dépasser 15 % de la tension d'essai maximale appliquée (circuit ouvert).

NOTE En raison de la structure du réseau de couplage/découplage, une partie importante de la tension d'essai peut s'apparenter à une tension entre phases au cours du couplage entre phase et terre. Cette tension peut être supérieure au niveau d'essai entre phases correspondant en cas d'impédance élevée de l'EST (voir 7.3 pour plus d'informations).

Toutes les caractéristiques de performances indiquées dans le Tableau 3, en 6.2.2, doivent être satisfaites à l'accès de l'EST du RCD avec l'accès d'alimentation en courant alternatif/courant continu laissé en condition de circuit ouvert.

6.3.3 Étalonnage des RCD pour les lignes d'interconnexion

6.3.3.1 Généralités

Il est recommandé et suffisant d'étalonner les RCD pour les lignes d'interconnexion dans la même configuration (même couplage et éléments de découplage adaptés) que celle utilisée pour les essais.

La tension résiduelle d'onde sinusoïdale fortement amortie mesurée entre les lignes couplées et la terre du côté EA du RCD lorsque l'EST et l'EA ne sont pas raccordés doit être mesurée et enregistrée de sorte que les utilisateurs du RCD puissent déterminer si la protection est suffisante pour une utilisation avec un EA particulier.

6.3.3.2 Étalonnage des RCD pour les lignes d'interconnexion non symétriques

Les mesurages doivent être effectués avec l'impulsion appliquée à un trajet de couplage à la fois.

La tension de crête, le temps de montée, la période d'oscillation et le rapport entre les valeurs de crête doivent être mesurés pour la tension de choc assignée du RCD aux accès de l'EST, conformément au Tableau 4.

Le courant de crête et le temps de montée doivent être mesurés pour la tension de choc assignée du RCD aux accès de l'EST, conformément au Tableau 4.

Les entrées du RD du côté EA doivent être court-circuitées à la PE pour les mesurages de la tension de choc et du courant de choc aux accès de l'EST.

La valeur de la tension résiduelle dépend des exigences de protection de l'EA. Par conséquent, le présent document n'indique aucune limite.

Tableau 4 – Résumé du processus d'étalonnage des RCD pour les lignes d'interconnexion non symétriques

	Couplage	Mesure	Côté EA	Côté EST
Tension de l'onde sinusoïdale fortement amortie du côté EST	Ligne unique à PE	Ligne unique Tension de crête, temps de montée, période d'oscillation de la tension, rapport entre les valeurs de crête	Toutes les lignes court-circuitées à la PE	Circuit ouvert
Courant de l'onde sinusoïdale fortement amortie du côté EST	Ligne unique à PE	Ligne unique Courant de crête, temps de montée	Toutes les lignes court-circuitées à la PE	Court-circuit
Tension de l'onde sinusoïdale fortement amortie du côté EST	Ligne unique à ligne	Ligne unique Tension de crête, temps de montée, période d'oscillation de la tension, rapport entre les valeurs de crête	Toutes les lignes court-circuitées à la PE	Circuit ouvert
Courant de l'onde sinusoïdale fortement amortie du côté EST	Ligne unique à ligne	Ligne unique Courant de crête, temps de montée	Toutes les lignes court-circuitées à la PE	Court-circuit
Tension résiduelle du côté EA (avec les éléments de protection)	Ligne unique à PE	Ligne à PE à la fois Tension de crête	Circuit ouvert	Circuit ouvert

Ce processus d'étalonnage a pour objet la vérification du fonctionnement correct des composants, la saturation des bobines d'inductance de découplage, l'effet de découplage de la partie RD, la capacité en courant et l'effet de couplage de la partie RC. La méthode de couplage décrite dans les alinéas ci-dessus a une influence sur les formes d'onde de la tension et du courant. Les paramètres de l'étalonnage sont décrits dans le Tableau 5.

Tableau 5 – Spécifications relatives aux formes d'onde des ondes sinusoïdales fortement amorties aux accès de l'EST du RCD pour les lignes d'interconnexion non symétriques

Méthode de couplage	Tension de sortie RWG ^{a,b,c}	U_{PK1} aux accès de l'EST du RCD ± 10 %	Temps de montée T_1 de la tension ± 30 %	Période d'oscillation T de la tension ± 10 %	I_{PK1} aux accès de l'EST du RCD ± 10 %	Temps de montée T_1 du courant
Phase à PE CD ≥ 3 μF	4 kV	4 kV	0,5 μs	10 μs	133,3 A	0,2 μs à 1,0 μs
Phase à PE CD = GDT	4 kV	4 kV	0,5 μs	10 μs	133,3 A	0,2 μs à 1,0 μs
Entre phases CD ≥ 3 μF	4 kV	4 kV	0,5 μs	10 μs	133,3 A	0,2 μs à 1,0 μs
Entre phases CD = GDT	4 kV	4 kV	0,5 μs	10 μs	133,3 A	0,2 μs à 1,0 μs

^a Il est recommandé d'étalonner le RCD à la tension de choc assignée la plus élevée, car cela réduit le plus possible les effets du bruit de commutation généré par les CLD et les GDT. La valeur présentée dans le tableau correspond à un générateur réglé à 4 kV et 30 Ω. En cas de RCD de tension de choc maximale assignée différente, l'étalonnage doit être effectué à cette tension de choc maximale assignée. La spécification relative au courant de crête en court-circuit doit être adaptée en conséquence. Par exemple, si la tension maximale est de 1 kV, la valeur de courant de court-circuit présentée dans ce tableau doit être multipliée par 1/4.

^b Le couplage par le biais de parafoudres à gaz, de dispositifs de clamping ou de dispositifs à avalanche présente un bruit de commutation sur la forme d'onde de l'impulsion. Appliquer la tension de choc la plus élevée possible réduit le plus possible l'impact de ce bruit sur les mesurages; il est recommandé de ne pas tenir compte du bruit de commutation pour les mesurages des durées du front et des valeurs de durée.

^c Les valeurs présentées dans ce tableau s'appliquent aux générateurs d'ondes sinusoïdales fortement amorties avec des valeurs idéales. Si le générateur d'ondes sinusoïdales fortement amorties génère des valeurs de paramètres proches des tolérances, les tolérances supplémentaires du RCD peuvent générer des valeurs non comprises dans les tolérances pour la combinaison générateur d'ondes sinusoïdales fortement amorties-RCD.

6.3.3.3 Étalonnage des RCD pour les lignes d'interconnexion symétriques

Les mesurages doivent être effectués comme indiqué dans le Tableau 6 à la tension de choc assignée du RCD. La tension et le courant de crête, le temps de montée et la période d'oscillation doivent être mesurés aux accès de l'EST, conformément au Tableau 6.

Les entrées du RD aux bornes de l'équipement auxiliaire (EA) doivent être court-circuitées à la PE pour les mesurages de la tension et du courant aux accès de l'EST.

La valeur de la tension résiduelle dépend des exigences de protection de l'EA. Par conséquent, le présent document n'indique aucune limite.

NOTE La tension en circuit ouvert entre fils de paires différentes peut également être mesurée. Une tension différentielle entre les paires peut produire de fausses défaillances dans des EST, qui sont conçus pour fonctionner dans des réseaux équilibrés à haute impédance. Aucune limite n'a été proposée pour cette valeur étant donné que la tolérance dépend de la conception de l'EST.

Tableau 6 – Résumé du processus d'étalonnage des RCD pour les lignes d'interconnexion symétriques

	Couplage	Mesure	Côté EA	Côté EST
Tension de l'onde sinusoïdale fortement amortie du côté EST	Mode commun – toutes les lignes sont couplées à la PE	Toutes les lignes sont court-circuitées ensemble Tension de crête, temps de montée, période d'oscillation de la tension, rapport entre les valeurs de crête	Toutes les lignes sont court-circuitées à la PE	Circuit ouvert – toutes les lignes sont raccordées ensemble
Courant de l'onde sinusoïdale fortement amortie du côté EST	Mode commun – toutes les lignes sont couplées à la PE	Toutes les lignes sont court-circuitées ensemble Courant de crête, temps de montée	Toutes les lignes sont court-circuitées à la PE	Toutes les lignes sont court-circuitées à la PE
Tension résiduelle du côté EA (avec les éléments de protection)	Mode commun – toutes les lignes sont couplées à la PE	Chaque ligne à la PE une par une Tension de crête	Circuit ouvert	Circuit ouvert

Ce processus d'étalonnage a pour objet la vérification du fonctionnement correct des composants, la saturation des bobines d'inductance de découplage, l'effet de découplage de la partie RD, la capacité en courant et l'effet de couplage de la partie RC. La méthode de couplage décrite dans les alinéas ci-dessus a une influence sur les formes d'onde de la tension et du courant. Les paramètres de l'étalonnage sont décrits dans le Tableau 7.

Tableau 7 – Spécifications relatives aux formes d'onde des ondes sinusoïdales fortement amorties aux accès de l'EST du RCD pour les lignes d'interconnexion symétriques

Méthode de couplage	Tension de sortie RWG ^{a,b,c}	U_{PK1} aux accès de l'EST du RCD $\pm 10 \%$	Temps de montée T_1 de la tension $\pm 30 \%$	Période d'oscillation T de la tension $\pm 10 \%$	I_{PK1} aux accès de l'EST du RCD $\pm 10 \%$	Temps de montée T_1 du courant
CD en mode commun ^d	2 kV	2 kV	0,5 μ s	10 μ s	66,7 A	0,2 μ s à 1,0 μ s

^a Il est recommandé d'étalonner le RCD à la tension de choc assignée la plus élevée, afin de réduire le plus possible les effets du bruit de commutation généré par les CLD et les GDT. La valeur présentée dans le tableau correspond à un générateur réglé à 2 kV et 30 Ω . En cas de RCD de tension de choc maximale assignée différente, l'étalonnage doit être effectué à cette tension de choc maximale assignée. La spécification relative au courant de crête en court-circuit doit être adaptée en conséquence. Par exemple, si la tension maximale est de 4 kV, la valeur de courant de court-circuit doit être multipliée par 2.

^b Le couplage par le biais de parafoudres à gaz, de dispositifs de clamping ou de dispositifs à avalanche présente un bruit de commutation sur la forme d'onde de l'impulsion. Appliquer la tension de choc la plus élevée possible réduit le plus possible l'impact de ce bruit sur les mesurages; cependant, il est recommandé de ne pas tenir compte du bruit de commutation pour les mesurages des valeurs de crête.

^c Les valeurs présentées dans ce tableau s'appliquent aux générateurs d'ondes sinusoïdales fortement amorties de 30 Ω avec des valeurs idéales. Si le générateur d'ondes sinusoïdales fortement amorties génère des valeurs de paramètres proches des tolérances, les tolérances supplémentaires du RCD peuvent générer des valeurs non comprises dans les tolérances pour la combinaison générateur d'ondes sinusoïdales fortement amorties-RCD.

^d Le CD peut être constitué de condensateurs, de parafoudres à gaz, de dispositifs de clamping, de dispositifs à avalanche ou de toute autre méthode permettant aux données désirées de l'EST de fonctionner correctement tout en satisfaisant aux paramètres de forme d'onde d'impulsion de ce tableau.

7 Montage d'essai

7.1 Matériel d'essai

Le montage d'essai se compose des matériels suivants:

- équipement en essai;
- équipement auxiliaire, si exigé;
- câbles (de type et de longueur spécifiés);
- réseaux de couplage/découplage;
- générateur d'ondes sinusoïdales fortement amorties;
- plan de masse de référence pour les essais sur des lignes blindées, tel que décrit en 7.6 et à la Figure 11.

7.2 Vérification de l'instrumentation d'essai

La vérification a pour objet d'assurer que le montage d'essai fonctionne correctement. Le montage d'essai comprend:

- le générateur d'ondes sinusoïdales fortement amorties;
- le RCD;
- les câbles d'interconnexion du matériel d'essai.

Afin de vérifier que le système fonctionne correctement, il convient de vérifier le signal suivant:

- onde sinusoïdale fortement amortie à la borne de sortie du RCD.

Il suffit de vérifier que l'onde sinusoïdale fortement amortie est présente à tous les niveaux en utilisant un matériel de mesure approprié (par exemple, un oscilloscope) sans que l'EST ne soit raccordé au système.

NOTE Les laboratoires d'essai peuvent définir une valeur de contrôle interne de référence assignée à cette procédure de vérification.

7.3 Montage d'essai pour les ondes sinusoïdales fortement amorties appliquées aux accès d'alimentation de l'EST

L'onde sinusoïdale fortement amortie doit être appliquée aux bornes d'alimentation de l'EST par le biais du réseau de couplage capacitif (voir les Figure 4, Figure 5, Figure 6 et Figure 7). Les réseaux de découplage sont exigés afin d'éviter les éventuels effets indésirables sur le matériel non soumis à l'essai pouvant être alimenté par les mêmes lignes et afin de fournir une impédance de découplage suffisante à l'onde sinusoïdale fortement amortie de sorte que l'onde spécifiée puisse être appliquée aux lignes soumises à l'essai.

La spécification du RCD sélectionnée à partir du Tableau 3 doit être adaptée à la valeur assignée de courant de l'EST (par exemple: un EST d'une valeur assignée de 5 A doit être soumis à l'essai avec un RCD conforme aux spécifications d'un RCD d'une valeur assignée de 16 A). Tout RCD d'une valeur assignée de courant supérieure peut être utilisé s'il satisfait aux exigences de spécifications du Tableau 3 en ce qui concerne les valeurs assignées de courant inférieures de l'EST (par exemple: un RCD d'une valeur assignée de 63 A peut être utilisé pour des essais sur un EST d'une valeur assignée de 5 A s'il satisfait aux exigences de spécifications d'un RCD d'une valeur assignée de 16 A).

Sauf spécification contraire, le câble d'alimentation reliant l'EST au réseau de couplage ne doit pas avoir une longueur supérieure à 2 m.

Pour les besoins de détermination des spécifications du présent document, les accès d'alimentation ont été considérés comme étant les accès directement raccordés à un réseau d'alimentation en courant alternatif ou à un réseau d'alimentation en courant continu (réseau de distribution).

Les comités de produits peuvent s'accorder sur le fait qu'il est exigé que les accès d'alimentation non raccordés aux réseaux de distribution soient soumis à l'essai, conformément au présent document, à l'aide d'un RCD tel que défini en 6.3.3.

Les essais des ondes sinusoïdales fortement amorties de réseaux d'alimentation en courant continu sont appliqués entre les phases (par exemple, 0 V à -48 V) et entre chaque phase à la fois et la terre (par exemple, 0 V à la terre et -48 V à la terre).

Aucune onde sinusoïdale fortement amortie entre phase et terre n'est appliquée aux produits à double isolation (c'est-à-dire les produits sans borne de terre dédiée).

Les comités de produits peuvent s'accorder sur le fait que les essais aux ondes sinusoïdales fortement amorties entre phase et terre sont applicables aux produits à double isolation avec des connexions à la terre autres que la PE.

7.4 Montage d'essai pour les ondes sinusoïdales fortement amorties appliquées aux lignes d'interconnexion non blindées et non symétriques

Le RCD ne doit pas avoir d'influence sur les conditions fonctionnelles spécifiées des circuits à soumettre à l'essai.

La Figure 8 présente un exemple de réseau de couplage.

Sauf spécification contraire, la ligne d'interconnexion reliant l'EST au réseau de couplage ne doit pas avoir une longueur supérieure à 2 m.

Aucune onde sinusoïdale fortement amortie entre phase et terre n'est appliquée aux produits à double isolation (c'est-à-dire les produits sans borne de terre dédiée).

7.5 Montage d'essai pour les ondes sinusoïdales fortement amorties appliquées aux lignes d'interconnexion non blindées symétriques

Des exemples de réseaux de couplage pour les lignes d'interconnexion symétriques sont donnés dans la Figure 9 et la Figure 10.

NOTE Si des parafoudres de couplage sont utilisés, des niveaux d'essai inférieurs au point d'amorçage des parafoudres de couplage (le point d'amorçage est à environ 300 V pour les parafoudres à gaz de tension assignée 90 V) ne peuvent pas être spécifiés.

Sauf spécification contraire, la ligne d'interconnexion reliant l'EST au réseau de couplage ne doit pas avoir une longueur supérieure à 2 m.

Pour les essais d'ondes sinusoïdales fortement amorties sur des lignes d'interconnexion rapides, aucun essai d'onde sinusoïdale fortement amortie ne doit être appliqué lorsque le fonctionnement normal ne peut pas être atteint en raison de l'impact du RCD sur l'EST.

Aucune onde sinusoïdale fortement amortie entre phase et terre n'est appliquée aux produits à double isolation (c'est-à-dire les produits sans borne de terre dédiée).

7.6 Montage d'essai pour les ondes sinusoïdale fortement amorties appliquées aux lignes blindées

L'EST est isolé de la terre et l'onde sinusoïdale fortement amortie est appliquée à son enveloppe métallique; la sortie (ou l'équipement auxiliaire) du ou des accès en essai est mise à la terre. Cet essai est applicable aux matériels comportant un ou plusieurs câbles blindés (voir Figure 11).

NOTE 1 Le plan de masse de référence indiqué à la Figure 11 représente une référence de faible impédance. Un câble dédié ou une plaque métallique peut être utilisé(e).

Toutes les connexions à l'EST autres que les accès en essai doivent être isolées de la terre par des moyens appropriés tels que des transformateurs de sécurité ou un réseau de découplage adapté.

Aucune onde sinusoïdale fortement amortie entre phase et terre n'est appliquée aux produits à double isolation (c'est-à-dire les produits sans borne de terre dédiée).

La longueur du câble entre les accès en essai et le dispositif raccordé à l'autre extrémité du câble (EA dans la Figure 11) doit être:

- 20 m (longueur préférentielle), ou
- la longueur la plus courte au-dessus de 10 m, lorsque le constructeur fournit des câbles préassemblés utilisés dans les installations réelles.

Aucun essai ne doit être exigé pour les câbles ≤ 10 m conformément aux spécifications du constructeur.

Le câble entre l'EST et l'EA doit être disposé en un faisceau non inductif ou enroulé en bobine bifilaire et doit être placé sur un support isolé.

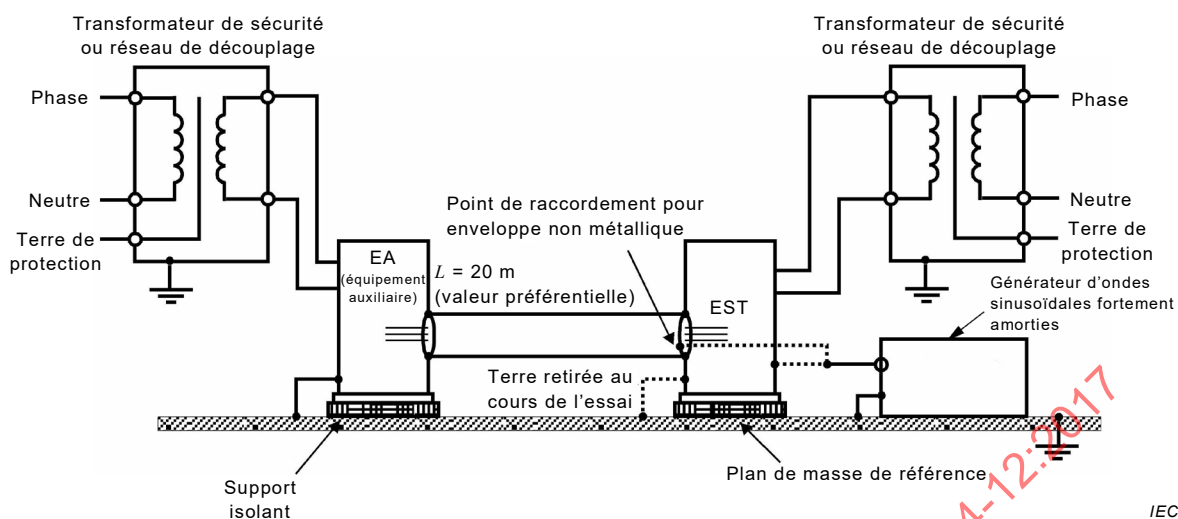
Règles relatives à l'application de l'onde sinusoïdale fortement amortie aux lignes blindées:

- a) Blindages mis à la terre aux deux extrémités:
 - l'essai doit être effectué conformément à la Figure 11.
- b) Blindages mis à la terre à une extrémité:
 - l'essai doit être effectué conformément à 7.4 ou 7.5 (voir Figure 3) car le blindage ne fournit pas de protection contre les ondes sinusoïdales fortement amorties induites par des champs magnétiques.

NOTE 2 Dans ce cas, l'essai d'onde sinusoïdale fortement amortie n'est pas appliqué au blindage.

Pour les EST ne comportant pas d'enveloppe métallique, l'onde sinusoïdale fortement amortie est directement appliquée au blindage du câble du côté de l'EST.

Les essais d'onde sinusoïdale fortement amortie ne s'appliquent pas aux accès d'antennes (voir Tableau B.2).



Il est admissible d'alimenter l'EST et/ou l'EA par le biais d'un réseau de découplage plutôt que par l'intermédiaire du transformateur d'isolement représenté. Dans ce cas, il convient de ne pas raccorder la terre de protection de l'EST au réseau de découplage.

Il convient d'alimenter l'EST et/ou l'EA alimenté en courant continu par le biais des réseaux de découplage.

Lorsqu'il est nécessaire d'isoler l'EA de l'onde sinusoïdale fortement amortie, le raccordement à la terre du câble en essai du côté de l'EA peut être réalisé en se connectant directement au blindage du connecteur plutôt qu'au châssis de l'EA. Lorsqu'une plus grande isolation est exigée et que le câble peut être étendu sans compromettre l'intégrité du blindage (par exemple, en utilisant un connecteur coaxial cylindrique ou un coupleur Ethernet blindé), le raccordement à la terre peut être effectué sur le blindage du coupleur d'extension. Dans ce cas, la longueur du câble est mesurée entre l'EST et le coupleur et non entre l'EST et l'EA. La longueur de câble entre le coupleur et l'EA n'est pas déterminante.

Figure 11 – Exemple de montage d'essai pour les ondes sinusoïdales fortement amorties appliquées aux lignes blindées

7.7 Connexion de terre de protection

Les essais d'onde sinusoïdale fortement amortie peuvent être effectués sans RGP si les réglementations nationales en matière de sécurité l'exigent. Leur répétabilité peut néanmoins s'en trouver affectée. Cependant, en cas d'essais sans RGP, il importe de réduire le plus possible le couplage avec d'autres conducteurs (y compris des conducteurs de terre de protection) ainsi que les matériels qui ne sont pas destinés à faire partie de la configuration d'essai.

À cet effet, la terre de protection (PE) de chaque unité (générateur d'essai, réseau de couplage/découplage et EST) est raccordée à la borne d'entrée PE du réseau de couplage/découplage.

Il est également nécessaire de raccorder le boîtier du générateur d'essai à la PE, mais les bornes de sortie du générateur doivent être flottantes.

8 Procédure d'essai

8.1 Généralités

La procédure d'essai comprend:

- la vérification de l'instrumentation d'essai conformément à 7.2;
- l'établissement des conditions de référence du laboratoire;
- la confirmation du fonctionnement correct de l'EST;
- la réalisation de l'essai;

– l'évaluation des résultats d'essai (voir Article 9).

8.2 Conditions de référence du 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'EST et des matériels d'essai par leurs constructeurs respectifs.

Les essais ne doivent pas être réalisés si l'humidité relative est telle qu'elle cause une condensation sur l'EST ou sur les matériels d'essai.

8.2.2 Conditions électromagnétiques

Les conditions électromagnétiques du laboratoire doivent être telles qu'elles garantissent le fonctionnement correct de l'EST et qu'elles n'influencent pas les résultats des essais.

8.3 Réalisation de l'essai

Une vérification doit être effectuée. Il est préférable d'effectuer la vérification avant l'essai (voir 7.2).

L'essai doit être effectué conformément à un plan d'essai, lequel doit spécifier le montage d'essai, comprenant:

- le niveau d'essai;
- le nombre d'impulsions (pour chaque trajet de couplage):
 - le nombre d'impulsions d'ondes sinusoïdales fortement amorties, sauf spécification contraire dans la norme applicable:
 - pour les accès d'alimentation en courant continu et les lignes d'interconnexion, cinq impulsions positives d'onde sinusoïdale fortement amortie et cinq négatives;
 - pour les accès d'alimentation en courant alternatif, cinq impulsions positives et cinq négatives, toutes à 0°, 90°, 180° et 270°;
- le temps entre les impulsions successives: 1 min ou moins;
- les conditions de fonctionnement représentatives de l'EST;
- les accès de l'EST à soumettre à l'essai;
- le générateur d'essai et l'impédance interne sélectionnés pour chaque essai;
- les niveaux d'essai appliqués.

Les accès d'alimentation (en courant alternatif ou en courant continu) peuvent être des accès d'entrée ou de sortie.

Les ondes sinusoïdales fortement amorties aux accès de sortie sont recommandées pour les applications dans lesquelles les ondes sinusoïdales fortement amorties sont susceptibles de pénétrer dans l'EST par le biais de ces accès de sortie (par exemple, la commutation des charges avec une importante consommation de puissance).

Lors des essais de systèmes triphasés, la synchronisation des angles de phase doit être entreprise depuis la même ligne en essai, par exemple, lors de l'application des impulsions d'ondes sinusoïdales fortement amorties entre L2 et L3, la synchronisation des angles de phase doit être la tension entre L2 et L3.

Aucune synchronisation n'est appliquée en cas d'absence de tension du réseau d'alimentation entre les lignes couplées, par exemple entre N et PE dans les réseaux de