

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



BASIC EMC PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

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

**Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Partie 4-18: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à l'onde
oscillatoire amortie**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00



IEC 61000-4-18

Edition 1.1 2011-03

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



BASIC EMC PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

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

**Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Partie 4-18: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à l'onde
oscillatoire amortie**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE **CM**
CODE PRIX

ICS 33.100.20

ISBN 978-2-88912-414-5

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope and object.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	8
4 General	9
4.1 Information on the slow damped oscillatory wave phenomenon	9
4.2 Information on the fast damped oscillatory wave phenomenon	10
5 Test levels.....	12
6 Test equipment.....	13
6.1 Generator.....	13
6.2 Specifications of the coupling/decoupling network	16
7 Test setup	17
7.1 Earthing connections	18
7.2 Ground reference plane.....	18
7.3 Equipment under test	18
7.4 Coupling/decoupling networks	19
7.5 Generators	19
8 Test procedure	19
8.1 Laboratory reference conditions	20
8.2 Execution of the test.....	20
9 Evaluation of test results	21
10 Test report.....	22
 Annex A (informative) Information on test levels for the damped oscillatory wave	 34
 Bibliography.....	 35
 Figure 1 – Waveform of the damped oscillatory wave (open circuit voltage)	 23
Figure 2 – Example of schematic circuit of the test generator for the damped oscillatory wave.....	23
Figure 3 – Example of test setup for table-top equipment using the ground reference plane .	24
Figure 4 – Example of test setup for floor-standing equipment using the ground reference plane.....	24
Figure 5 – AC/DC power supply port, single phase, line-to-ground tests	25
Figure 6 – AC power supply port, three phases, line-to-ground test	26
Figure 7 – Input/output port, single circuit, line-to-ground test.....	27
Figure 8 – Input/output port, group of circuits with common return, line-to-ground test.....	28
Figure 9 – AC/DC power supply port, single phase, line-to-line test	29

Figure 10 – AC power supply port, three phases, line-to-line test.....	30
Figure 11 – Input/output port, single circuit, line-to-line test	31
Figure 12 – Input/output port, group of circuits with common return, line-to-line test	32
Figure 13 – Test of a system with communication ports with fast operating signals (generator output earthed)	33
Table 1 – Test levels for the slow damped oscillatory wave (100 kHz or 1 MHz)	12
Table 2 – Test levels for the fast damped oscillatory wave (3 MHz, 10 MHz or 30 MHz).....	12

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4-18: Testing and measurement techniques –
Damped oscillatory 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.

This consolidated version of IEC 61000-4-18 consists of the first edition (2006) [documents 77B/517/FDIS and 77B/522/RVD] and its amendment 1 (2010) [documents 77B/604/CDV and 77B/633/RVC]. It bears the edition number 1.1.

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendment and has been prepared for user convenience. A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1. Additions and deletions are displayed in red, with deletions being struck through.

International Standard IEC 61000-4-18 has been prepared by subcommittee 77B: High frequency phenomena, of IEC technical Committee 77: Electromagnetic compatibility.

It forms Part 4-18 of IEC 61000. It has the status of a basic EMC publication in accordance with IEC Guide 107, *Electromagnetic compatibility – Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications*.

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

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments 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 publication using a colour printer.

INTRODUCTION

This standard is part of the IEC 61000 series, 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

- 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: 61000-6-1).

This part is an international standard which gives immunity requirements and test procedures related to damped oscillatory waves.

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4-18: Testing and measurement techniques – Damped oscillatory wave immunity test

1 Scope and object

This part of IEC 61000-4 relates to the immunity requirements and test methods for electrical and electronic equipment, under operational conditions, with regard to:

- a) repetitive damped oscillatory waves occurring mainly in power, control and signal cables installed in high voltage and medium voltage (HV/MV) substations;
- b) repetitive damped oscillatory waves occurring mainly in power, control and signal cables installed in gas insulated substations (GIS) and in some cases also air insulated substations (AIS) or in any installation due to HEMP phenomena.

The object of this basic standard is to establish the immunity requirements and a common reference for evaluating in a laboratory the performance of electrical and electronic equipment intended for residential, commercial and industrial applications, as well as of equipment intended for power stations and substations, as applicable.

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 should be 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 tests for their products.

The purpose of this standard is to define:

- test voltage and current waveforms;
- ranges of test levels;
- test equipment;
- test setup;
- test procedure.

The object of this standard is to establish a common reference for evaluating the immunity of electrical and electronic equipment when subjected to damped oscillatory 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.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application 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(161): *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

IEC 61000-4-4: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-6-6: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-6: Generic standards – HEMP immunity for indoor equipment*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions contained in IEC 60050-161, some of which are repeated here for convenience, and the following terms and definitions apply.

NOTE These terms are applicable to the restricted field of oscillatory transients.

3.1

air insulated substation

AIS

substation which is made up with only air insulated switchgear

3.2

burst

sequence of a limited number of distinct pulses or an oscillation of limited duration

[IEV 161-02-07]

3.3

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 This term is based on the "uncertainty" approach.

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

[IEV 311-01-09]

3.4

coupling

interaction between circuits, transferring energy from one circuit to another

3.5

coupling network

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

3.6

decoupling network

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

3.7

gas insulated (metal-enclosed) substation

GIS

substation which is made up with only gas insulated metal enclosed switchgear

[IEV 605-02-14]

3.8

high-altitude electromagnetic pulse

electromagnetic pulse produced by a nuclear explosion outside the earth's atmosphere

NOTE Typically above an altitude of 30 km

3.9

immunity (to a disturbance)

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

[IEV 161-01-20]

3.10

port

particular interface of the EUT with the external electromagnetic environment

3.11

rise time

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

[IEV 161-02-05, modified]

3.12

transient (adjective 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

[IEV 161-02-01]

3.13

verification

set of operations which is used to check the test equipment system (e.g. the test generator and the interconnecting cables) and to demonstrate that the test system is functioning within the specifications given in Clause 6

NOTE 1 The methods used for verification may be different from those used for calibration.

NOTE 2 The procedure of 6.1.3 and 6.2 is meant as a guide to insure the correct operation of the test generator, and other items making up the test setup so that the intended waveform is delivered to the EUT.

[IEV 311-01-13, modified]

4 General

The damped oscillatory wave phenomena are divided into two parts. The first part is referred to as the slow damped oscillatory wave and includes oscillation frequencies between 100 kHz and 1 MHz. The second part is referred to as the fast damped oscillatory wave, and it includes oscillation frequencies above 1 MHz. The causes of these two types of damped oscillatory waves are described below.

4.1 Information on the slow damped oscillatory wave phenomenon

This phenomenon is representative of the switching of disconnectors in HV/MV open-air substations, and is particularly related to the switching of HV busbars, as well as to the background disturbance in industrial plants.

In electrical stations, the opening and closing operations of HV disconnectors give rise to sharp front-wave transients, with rise times of the order of some tens of nanoseconds.

The voltage front-wave has an evolution that includes reflections, due to the mismatching of the characteristic impedance of HV circuits involved. In this respect, the resulting transient voltage and current in HV busbars are characterized by a fundamental oscillation frequency that depends on the length of the circuit and on the propagation time.

The oscillation frequency ranges from about 100 kHz to a few megahertz for open-air substations, depending on the influence of the parameters mentioned above and the length of the busbars, which may vary from some tens of metres to hundreds of metres (400 m may occur).

In this respect, the oscillation frequency of 1 MHz may be considered representative of most situations, but 100 kHz has been considered appropriate for large HV substations.

The repetition frequency is variable between a few hertz and a few kilohertz depending on the distance between the switching contacts: that is, for close contacts, there is a maximum repetition frequency, while for distances between the contacts near to the extinction of the arc, the minimum repetition frequency, in respect of each phase, is twice the power frequency (100/s per phase for 50 Hz and 120/s per phase for 60 Hz HV systems).

The repetition rates selected, 40/s and 400/s, represent therefore a compromise, taking into account the different durations of the phenomena, the suitability of the different frequencies considered and the problem related to the energy to which the circuits under test are subjected.

In industrial plants, repetitive oscillatory transients may be generated by switching transients and the injection of impulsive currents in power systems (networks and electrical equipment).

The systems have a local response in a frequency band well covered by the rise time and the fundamental frequency of oscillation of the damped oscillatory wave selected for testing purposes.

4.2 Information on the fast damped oscillatory wave phenomenon

The fast damped oscillatory wave immunity test should cover phenomena present in two specific environments:

- substations of the power network (produced by switchgear and controlgear);
- all installations exposed to the high-altitude electromagnetic pulse (HEMP).

4.2.1 Disturbances produced by switchgear and controlgear

During opening or closing disconnecter operations, between both contacts of the operated device, a large number of restrikes take place due to the slow speed of the contacts. Therefore, disconnecter switch operations generate very fast transients, which propagate as travelling waves in the busbars of the substation. The electrical length of the shielded conductors and the length of the open circuit busbars determine the oscillation frequencies of the transient overvoltages.

For air insulated substations (AIS) these transients will radiate an electromagnetic field in the substation environment. Recent measurements have been performed in air insulated substations using instruments with a large frequency bandwidth [1])¹. These measurements have shown that transient phenomena with frequencies higher than 1 MHz can also take place in these substations.

For gas insulated substations (GIS), these transients propagate inside the metallic enclosure, which contains the SF₆ gas. Due to the skin effect, high frequency transients are confined inside the enclosure and cause no problems. At the enclosure discontinuities however, a part of transients is transferred to the external surface of the enclosure tube. As a consequence, the enclosure potential rises and the current flowing on the enclosure surface radiates an electromagnetic field in the substation environment. The transient ground potential rise is a direct source of transient common mode currents in the secondary circuits. The radiated electromagnetic field also induces common mode currents in the secondary circuits.

1) Figures in square brackets refer to the bibliography.

Measurements have shown that the maximum frequency of significant components in the spectral density of these currents can be as high as 30 MHz to 50 MHz (see Figures 1 and 2) [2].

In Figures 1 and 2, it can be seen that several peaks occur in the current spectral density characteristic and important spectral components are observed at frequencies of some tens of MHz.

As summarized in [1], the frequency environment of HV substations (GIS, but also AIS) has become more severe than it was in the past, due to a reduction in distances as a consequence of the reduction of the overall sizes of substations, the use of gas insulated substations (GIS) and the installation of electronic equipment nearer to switching devices.

Therefore, the oscillation frequencies of 3 MHz, 10 MHz and 30 MHz for the fast damped oscillatory waves seem to be suitable to better take into account a more realistic environment both in some AIS and in all GIS.

The repetition frequency is variable between a few hertz and many kilohertz depending on the distance between the switching contacts: that is, with close contacts, there is a maximum repetition frequency, while for distances between the contacts near to the extinction of the arc, the minimum repetition frequency, in respect of each phase, is twice the power frequency (100/s per phase for 50 Hz and 120/s per phase for 60 Hz HV systems).

The repetition rate selected, 5 000/s, is set to consider the higher repetition rates measured in GIS. That rate still represents a compromise (as higher rates have been measured), taking into account the different duration of the phenomena, the suitability of the different frequencies considered and the problem related to the energy to which the circuits under test are subjected.

4.2.2 Disturbances produced by the high-altitude electromagnetic pulse (HEMP)

The high-altitude electromagnetic pulse (HEMP) as presented in IEC 61000-2-9 [4] describes an intense, plane wave electromagnetic pulsed field which has a rise time of 2,5 ns and a pulse width of approximately 25 ns. This field interacts with exposed cables and wiring to produce an oscillating voltage and current depending on the length of the line (see IEC 61000-2-10 [5]). For most external lines such as power and communications, these lines are long enough (often greater than 1 km) that the coupled currents and voltages are usually impulsive in nature.

For wires and cables inside of a building, the incident HEMP is partially attenuated, however, there is still enough field present to couple to short cables inside, providing a threat to connected electronic equipment. Experiments performed in the past clearly indicate that the HEMP fields couple to these short lines and produce high-frequency damped oscillatory waveforms with frequencies as high as 100 MHz, although frequencies below 30 MHz are the most usual (see IEC 61000-2-10). The damping rate of the oscillatory wave is fairly rapid due to the presence of absorbing walls in most buildings, and a resonance quality factor Q with a value between 10 and 20 is therefore typical.

It is also noted that short external wiring, such as those found as part of control circuits in power substations or at power plants are also likely to couple well to the HEMP fields. These cables will also exhibit damped oscillatory voltages in the range of 1 to 100 MHz depending on cable length.

Given that the HEMP environment is typically only one or two pulses, any test defined would not necessarily require a high repetition rate to replicate the incident environment. However, due to reliability concerns with digital electronics, it is recommended that a repetition rate similar to that recommended for switchgear and controlgear also be applied for HEMP (5 000/s) in order to increase the probability of discovering a malfunction. This is consistent with the fact that protection and testing to HEMP are ordinarily only performed when the consequences of electronic system failure are serious.

Concerning the HEMP immunity and generic standards that have been published to date (IEC 61000-4-25 [7] and IEC 61000-6-6), there is a need to have a basic test standard for the fast damped oscillatory wave containing information on test levels, the generator design, and test procedures that will permit one to carry out the tests necessary for the levels of voltages induced by a high-altitude electromagnetic pulse (HEMP). This voltage waveform is a fast damped sine wave that stresses the connected equipment. Although many frequencies are possible under realistic conditions, it has been decided that this fast oscillatory wave test should be carried out with oscillation frequencies up to 30 MHz in order to provide consistency with the environment produced in power network substations.

5 Test levels

The preferential range of test levels for the damped oscillatory wave tests, applicable to power, signal and control ports of the equipment, is given in Tables 1 and 2. The test level is defined as the voltage of the first peak (maximum or minimum) in the test waveform (Pk1 in Figure 1).

Different levels may apply to power, signal and control ports. The level(s) used for signal and control ports shall not differ by more than one level from that used for power supply ports.

Table 1 – Test levels for the slow damped oscillatory wave (100 kHz or 1 MHz)

Level	Common mode kV	Differential mode kV
1	0,5	0,25
2	1	0,5
3	2 ^a	1
4	-	-
x ^b	x	x

^a The value is increased to 2,5 kV for substation equipment.

^b x can be any level, above, below or in-between the other levels. This level can be given in the product standard.

Table 2 – Test levels for the fast damped oscillatory wave (3 MHz, 10 MHz or 30 MHz)

Level	Common mode kV
1	0,5
2	1
3	2
4	4
x ^a	x

^a x can be any level, above, below or in-between the other levels. This level can be given in the product standard.

The applicability of the damped oscillatory wave test shall refer to the product specification.

The test levels from Tables 1 and 2 should be selected on the basis of the exposure to the primary phenomenon of the cables running in the installation. These levels are defined as an open circuit voltage either at the output of the generator or at the output of the CDN used.

The immunity tests are correlated with these levels in order to establish a performance level for the environment in which the equipment is expected to operate, taking into account the primary phenomena and the installation practices which determine the classes of the electromagnetic environment.

The installations to which this selection of the test levels is applicable are mainly the high-voltage substations, as well as industrial plants provided with their own electrical plants (transformer stations).

In HV electrical plants, the degree and length of parallelism of the cables with the busbars, the operating voltage of these circuits, their shielding and earthing (grounding) will determine the level of induced voltages.

In order to reduce as much as possible these variables, and taking into consideration that equipment dedicated to this type of installation is used for a certain range of operating voltages of the plants (for example, from 150 kV to 800 kV), the definition of the test level is made considering mainly the equipment interconnected, its location, the quality of the cable shielding, and its earthing (see Annex A).

6 Test equipment

6.1 Generator

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

The test generator produces a damped oscillatory wave with the following characteristics as it shall be applied to the EUT port. If applied via a coupling/decoupling network, the characteristics shall be as specified at the output of that network.

The generator output shall be floating and the stray capacity unbalance of the output terminals to earth shall be less than 20 %. This condition is necessary to test EUT control and signal ports in differential mode. A dual output generator is necessary. The fast generator output has a single coaxial output. Test with this generator shall be made only in common mode.

The provisions to be taken whenever the output of the generator is not floating are given in item b) of 8.2.

The generator shall have provisions to prevent the emission of heavy disturbances that may be injected in the power supply network, or may influence the test results.

6.1.1 Characteristics and performance of the slow damped oscillatory wave generator

Specifications:

- voltage rise time (T1 in Figure 1): 75 ns \pm 20 %;
- voltage oscillation frequencies (Note1): 100 kHz and 1 MHz \pm 10 %;
- repetition rate: 40/s for 100 kHz and 400/s for 1 MHz \pm 10 %;
- decaying: (See Figure 1) Pk5 must be > 50 % of the Pk1 value and Pk10 must be < 50 % of the Pk1 value;
- burst duration: not less than 2 s;
- output impedance, Note 2: 200 Ω ;
- open circuit voltage: (Pk1 value, See Figure 1) 250 V to 2,5 kV \pm 10 %;

- short-circuit current (Pk1 value): 1,25 A to 12,5 A ± 20 %;
- phase relationship with the power frequency no requirement;
- polarity of the first half-period: positive and negative.

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

NOTE 2 Output impedance is calculated as open circuit voltage Pk1 divided by short circuit current Pk1.

The waveform of the slow damped oscillatory wave with peak points marked, is given in Figure 1.

An example of a schematic circuit of the generator is given in Figure 2.

6.1.2 Characteristics and performance of the fast damped oscillatory wave generator

Specifications open circuit:

- voltage rise time (T1 in Figure 1): 5 ns ± 30 %;
- voltage oscillation frequencies (Note 1): 3 MHz, 10 MHz and 30 MHz ± 10 %;
- repetition rate: 5 000/s ± 10 %;
- decaying: (See Figure 1) Pk5 must be > 50 % of the Pk1 value and Pk10 must be < 50 % of the Pk1 value;
- burst duration: 3 MHz: 50 ms ± 20 %
10 MHz: 15 ms ± 20%
30 MHz: 5 ms ± 20%
- burst period: 300 ms ± 20 %;
- output impedance (Note 2): 50 Ω ± 20 %;
- open circuit voltage: (Pk1 value, see Figure 1) 250 V to 4 kV ± 10 %;
- phase relationship with the power frequency no requirement;
- polarity of the first half-period: positive and negative.

Specifications short circuit:

- current rise time (T1 in Figure 1): 3 MHz: < 330 ns
10 MHz: < 100 ns
30 MHz: < 33 ns
- current oscillation frequencies (Note 1): 3 MHz, 10 MHz and 30 MHz ± 30 %;
- decaying: (See Figure 1) Pk5 must be > 25 % of the Pk1 value and Pk10 must be < 25 % of the Pk1 value;
- short circuit current (Pk1 value): 5 A to 80 A ± 20 %.

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

NOTE 2 Output impedance is calculated as open circuit voltage Pk1 divided by short circuit current Pk1.

The waveform of the fast damped oscillatory wave is given in Figure 1.

An example of a schematic circuit of the generator is given in Figure 2.

6.1.3 Impedance value

The output impedance of the slow generator has been fixed at 200 Ω although the actual impedance of the cables (twisted pairs) is nearer to 150 Ω . The reason for which the 200 Ω impedance has been selected is not to modify an existing general status that would involve the technical specifications of a family of equipment, with applications mainly in high-voltage substations.

The output impedance of the fast generator has been fixed at 50 Ω . The reason for which the 50 Ω impedance has been selected is to be consistent with the EFT/B generator as specified in IEC 61000-4-4. 50 Ohm coaxial cable must be used to the CDN or coupler. To avoid reflection the generator impedance must be 50 Ω .

In addition, the cables in this category of electrical and industrial plants are mostly in the order of hundreds of meters in length, and therefore the impedance of the connections in the field is nearer the characteristic impedance of the cables, and not less than that value.

6.1.4 Verification of the characteristics of the test generator

The verification procedure is meant as a guide to insure the correct operation of the test generator, coupling/decoupling networks, and other items making up the test setup so that the intended waveform is delivered to the EUT.

In order to make it possible to compare the results of different test generators, the most essential characteristics shall be verified.

The characteristics to be verified in accordance with the parameters of 6.1.1 and 6.1.2 are the following:

- rise time;
- oscillation frequency;
- decaying;
- burst duration;
- burst period;
- open-circuit voltage (open circuit impedance: for slow generator $Z_{oc} \geq 10 \text{ k}\Omega$);
- short circuit current (Pk1 value only by using a short circuit impedance: for slow and fast generators $Z_{sc} \leq 0,1 \Omega$);
- generator source impedance.

The verifications shall be carried out with voltage or current probes (as applicable) and with oscilloscopes or other equivalent measurement instrumentation with a minimum bandwidth of 40 MHz for the slow damped oscillatory waves and 400 MHz for the fast damped oscillatory waves.

For the fast damped oscillatory waves generator:

- the open circuit test load impedance is $1\,000 \Omega \pm 2\%$ in parallel with $\leq 6 \text{ pF}$. The resistance measurement is made at d.c. and the capacitance measurement is made using a commercially available capacitance meter that operates at low frequencies;
- the preferred device for measuring the short-circuit current is a shunt. Its transfer impedance should be $0,1 \Omega \pm 2\%$. The resistance verification of the shunt is made at d.c. and the 3 dB bandwidth at 400 MHz can be verified with an appropriate network analyser.

NOTE A short-circuit load impedance of $Z_{sc} = 0,102 \Omega$ is considered as complying with the requirement of $Z_{sc} \leq 0,1 \Omega$.

~~The waveform characteristics shall be verified at the EUT port (port by port) of each CDN used for the immunity test, or directly at the output of the test generator if no CDN is to be used.~~

The waveform characteristics shall be verified directly at the output of the test generator with open circuit and short circuit load impedances.

6.2 Specifications of the coupling/decoupling network

~~The coupling/decoupling network (CDN) provides both the ability to apply the test voltage in either common (for both generators) or differential (only 100 kHz, 1 MHz) mode to the mains, signal and control ports of the EUT (equipment under test), and prevents test voltage from affecting any auxiliary equipment needed to perform the test. The waves shall be within the tolerances of 6.1.1 or 6.1.2 at the EUT port of the CDN. Verifications shall be made port by port. E.g. 3-phase CDN: L1 to PE, L2 to PE, L3 to PE, N to PE.~~

The coupling/decoupling network (CDN) provides both the ability to apply the test voltage in either common (for both generators) or differential (only 100 kHz, 1 MHz) mode to the mains, signal and control ports of the EUT (equipment under test), and prevents test voltage from affecting any auxiliary equipment needed to perform the test. The waves shall be within the tolerances of 6.1.1 or 6.1.2 at the EUT port of the CDN. Verifications shall be made port by port with the short circuit test load impedance of 0,1 Ω , e.g. 3-phase CDN: L1 to PE, L2 to PE, L3 to PE, N to PE.

The specifications, common to the networks for power supply, as well as for the input/output ports, are given below. Additional unique specifications are given in 6.2.1 and 6.2.2.

The 0,5 μF (slow damped oscillatory wave) or 33 nF (fast damped oscillatory wave) coupling capacitors in the coupling networks shall give a coupling attenuation less than 10 %.

The coupling capacitors may be replaced by other types of coupling devices such as gas tubes, silicon avalanche diodes or varistors. If such devices are used, the characteristics of the damped oscillatory waves can be changed significantly.

The coupling/decoupling network shall be provided with a dedicated earth terminal.

Verification to the specifications of 6.1.1 and 6.1.2 shall be carried out with an oscilloscope, or equivalent measuring instrument having a minimum bandwidth of 40 MHz for the slow damped oscillatory wave and of 400 MHz for the fast damped oscillatory wave.

6.2.1 Coupling/decoupling network for a.c./d.c. power supply ports

The output waveforms from the coupling/decoupling network shall meet the same requirements as defined in 6.1.1 and 6.1.2 for the generators themselves.

Specifications:

The residual damped oscillatory voltage (from Pk1 to Pk10) on the power supply inputs of the decoupling network when the EUT is disconnected shall not exceed 15 % of the applied test voltage or twice the rated peak voltage of the coupling/decoupling network, whichever is higher.

- current capability: as required for the EUT;
- number of phases: as required for the EUT.

NOTE Minimum values of common and differential mode decoupling may not be sufficient to protect auxiliary equipment being used to facilitate the test.

6.2.2 Coupling/decoupling network for signal and control ports

The network has the same specifications given in 6.2.1 with the exception below:

The residual damped oscillatory voltage (from Pk1 to Pk10) on the power supply inputs of the decoupling network when the EUT is disconnected shall not exceed 10 % of the applied test voltage or twice the rated peak voltage of the coupling/decoupling network, whichever is higher.

The minimum decoupling attenuation may not be sufficient to protect auxiliary signal sources, and additional protection devices may be required.

The network may consist of single units in order to give the possibility of testing input/output ports with single circuits or grouping of circuits (for example, multi-wire with a common).

The capacitive coupling clamp specified in IEC 61000-4-4 can be used together with the fast oscillatory wave generator, when the CDN is not suitable for the operating signal of the EUT port to be exercised.

7 Test setup

The test setup includes the following equipment:

- earthing connections, ground (reference) plane (GRP);
- EUT;
- test generator;
- measurement instrumentation;
- coupling and decoupling network;
- auxiliary instrumentation.

Examples of test setup are given in the following figures:

Figure 3 – example of test setup for table-top equipment using the ground reference plane;

Figure 4 – example of test setup for floor-standing equipment using the ground reference plane.

The test voltage shall be applied via the coupling/decoupling network, provided the network is suitable for the operating signal of the EUT ports.

The test of communication ports of a system (fast operating signals involved) with the application of test voltage via the coupling/decoupling network may cause degradation of the operating signals. In that situation, the test voltage shall be applied between the cabinets of the equipment interconnected (EUT 1 and EUT 2), according to Figure 13.

Whenever EUT 1 is an auxiliary equipment (simulator), a preliminary verification of the immunity of the simulator shall be made. In case of lack of immunity of the simulator, and whenever no provisions can be taken to avoid susceptibility, the test will be carried out with the following objectives:

- the communication port is not damaged;
- the communication is corrupted only during the application of the test voltage;
- the EUT performances, other than ones related to communications, are not affected.

For cables with only one end of the screen earthed, the unearthed side of the screen shall be connected to the cabinet through 0,5 μ F coupling capacity.

The standard cable length for this test is 10 m.

The signal cables shall be connected according to the product specifications, which shall give information on any protection measure to be taken.

7.1 Earthing connections

In performing the tests, the safety earthing requirements of the manufacturer of the EUT and of the test equipment shall be observed.

In setting up the test configuration, the earthing of the test generator, of the coupling/decoupling network, of the EUT and auxiliary equipment may be achieved by using an existing ground reference plane (GRP), or proper earthing connections.

7.2 Ground reference plane

Where a ground reference plane (GRP) is used (systematically required above 1 MHz), it should be a metal sheet (copper or aluminium) of 0,25 mm minimum thickness; other metals may be used, but in that case they shall have 0,65 mm minimum thickness.

If the GRP is used, the EUT, auxiliary equipment, and the test equipment shall be placed on the GRP and connected to it. The connections to the GRP shall be as short as possible.

The minimum size of the GRP is 1 m \times 1 m; the final size depends on the dimensions of the EUT. The GRP shall be projected beyond the EUT and its auxiliary equipment by at least 0,1 m on all sides.

The GRP shall be connected to the safety earth system of the laboratory (see Figures 5a to 12a).

7.3 Equipment under test

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

The minimum distance between the EUT and all other conductive structures (for example, the walls of a shielded room), except the GRP beneath the EUT, shall be 0,5 m.

The operating signals for exercising the EUT may be provided by auxiliary equipment, or by a simulator.

The input and output circuits connected to auxiliary equipment shall be provided with decoupling networks to prevent interference to that equipment.

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

The coupling/decoupling network shall be inserted in the circuits 1 m from the EUT and connected to the GRP.

The communication lines (data lines) shall be connected to the EUT by the cables given in the technical specification or standard for this application. They shall be elevated 0,1 m above the GRP and be at least 1 m in length.

Details for table-top and floor-standing equipment are as follows.

7.3.1 Table-top equipment

Table-top equipment shall be placed on a wooden table. The EUT and cables shall be isolated from the GRP, if used, by an insulating support 0,1 m +/- 0,01 m in height.

An example of the test setup for table-top equipment is given in Figure 3.

7.3.2 Floor-standing equipment

Where a GRP is used, floor-standing equipment shall be placed on a 0,1 m ± 0,01 m thickness insulating support.

The EUT shall be connected to the earthing system according to the manufacturer's installation specifications.

The equipment cabinets shall be connected to the GRP via a connection of minimum length starting from the earth terminal of the EUT. No additional connections are allowed.

An example of the test setup for floor-standing equipment is given in Figure 4.

7.4 Coupling/decoupling networks

If the coupling/decoupling network is a unit separated from the test generator itself, the test generator shall be placed close to the coupling/decoupling network and connected to the latter through a line no longer than 1 m in length. The coupling/decoupling networks shall be connected to the GRP, where used, through a connection as short as possible.

For an EUT that is not supplied with a mains power cable, a 1 m mains cable shall be used. If a mains cable longer than 1 m is supplied with the EUT, the excess length of the cable shall be gathered into a flat coil with 0,2 m diameter and situated at a distance of 0,1 m above the GRP.

EUT supplied with non-detachable molded cable

It shall be tested with the actual length provided.

EUT supplied with detachable cable, molded at both ends and specified in the manufacturer's manual

It shall be tested with the specified cable; however, if the manufacturer specifies more than one length of pre-molded cable, then the shortest length shall be used for testing.

7.5 Generators

The generator shall be connected to the GRP, where used or to the protection earth of the laboratory through a connection as short as possible. For testing communication ports, see the relevant test setups in Figures 7, 8, 11 and 12.

8 Test procedure

The performance of the test equipment shall be checked prior to the test. This check can usually be limited to the existence of the ~~ring~~ damped oscillatory wave at the output of the coupling/decoupling network.

The test procedure includes:

- the verification of the laboratory reference conditions;
- the preliminary verification of the correct operation of the equipment;
- the execution of the test;
- the evaluation of the test results.

The duration of the test shall not be less than 1 min (1 min has been chosen in order to speed up the test). However, to avoid synchronization, the test time may be broken down into six 10 s bursts separated by a 10 s pause. In the real environment, bursts will occur randomly as single events. It is not intended that the burst be synchronized with EUT signals. Product committees may choose other test durations.

Information on the maximum repetition rate is given in 4.1. Other repetition rates or limits may be provided by the product standard or product specification.

8.1 Laboratory reference conditions

In order to minimize the impact of environmental parameters on test results, the tests shall be carried out in the climatic and electromagnetic reference conditions as specified in 8.1.1 and 8.1.2.

8.1.1 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.

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

8.1.2 Electromagnetic conditions

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

8.2 Execution of the test

The test shall be carried out on the basis of a test plan, including verification of the performances of the EUT, as defined in the product standard, or in its absence, by the technical specification.

The EUT shall be in the normal operating conditions.

The test plan shall specify:

- type of test that will be carried out;
- test level;
- test generator;
- polarity of the test voltage (both polarities are mandatory);
- duration of the test;
- EUT ports to be tested;
- mode of application of the test voltage (line-to-ground, line-to-line, between cabinets);
- sequence of application of the test voltage to the EUT ports;

- representative operating conditions of the EUT;
- auxiliary equipment.

The power supply, signal and other functional electrical quantities shall be applied within their rated range. If the actual operating signal sources are not available, they may be simulated. Preliminary verification of equipment performances shall be carried out on the completed test setup before applying the test voltage.

a) *Line-to-ground test (common mode)*

The test voltage shall be applied, through the coupling network, between each circuit and earth (GRP).

One of the terminals of the test generator shall be connected to earth (GRP). The other terminal of the generator shall be connected through a single line to all the input terminals of the coupling network, these terminals being interconnected.

To test circuits with more than two terminals (for example, grouping), the test voltage shall be applied simultaneously between all the terminals of the circuit and earth (GRP).

Examples of the application of the prescriptions related to the different types of EUT ports are given in the following figures:

Figure 5 – a.c./d.c. power supply port, single phase, line-to-ground test;

Figure 6 – a.c. power supply port, three phase, line-to-ground test;

Figure 7 – input/output port, single circuit, line-to-ground test;

Figure 8 – input/output port, group of circuits with common return, line-to-ground test.

Each figure refers to the setup implemented with the GRP (Figures 5a, 6a, 7a and 8a) and with dedicated earth connections (Figures 5b, 6b, 7b and 8b) respectively.

b) *Line-to-line test (differential mode)*

The test voltage shall be applied, through the coupling network, between each representative combination of the terminals of the circuit under test. It only applies to the slow damped oscillatory wave test.

The output of the test generator shall be floating.

Examples of the application of the prescriptions related to the different types of EUT ports are given in the following figures:

Figure 9 – a.c./d.c. power supply port, single phase, line-to-line test;

Figure 10 – a.c. power supply port, three phases, line-to-line test;

Figure 11 – input/output port, single circuit, line-to-line test;

Figure 12 – input/output port, group of circuits with common return, line-to-line test.

Each figure refers to the setup implemented with the GRP (Figures 9a, 10a, 11a and 12a) and with dedicated earth connections (Figures 9b, 10b, 11b and 12b) respectively.

9 Evaluation of test results

The test results shall be classified in terms of the loss of function or degradation of performance of the equipment under test, relative to a performance level defined by its manufacturer or the requestor of the test, or agreed between the manufacturer and the purchaser of the product. The recommended classification is as follows:

- a) normal performance within limits specified by the manufacturer, requestor or purchaser;
- b) temporary loss of function or degradation of performance which ceases after the disturbance ceases, and from which the equipment under test recovers its normal performance, without operator intervention;
- c) temporary loss of function or degradation of performance, the correction of which requires operator intervention;

- d) loss of function or degradation of performance which is not recoverable, owing to damage to hardware or software, or loss of data.

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

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

10 Test report

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

- the items specified in the test plan required by this standard;
- identification of the EUT and any associated equipment, e.g. brand name, product type, serial number;
- identification of the test equipment, e.g. brand name, product type, serial number;
- any special environmental conditions in which the test was performed, e.g. 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.

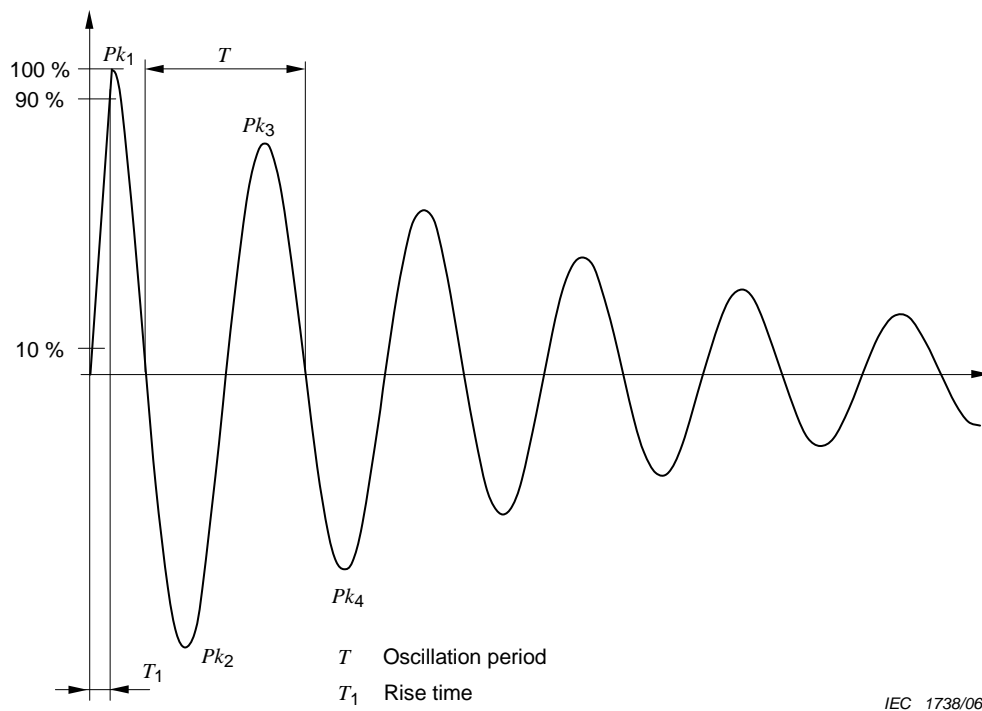
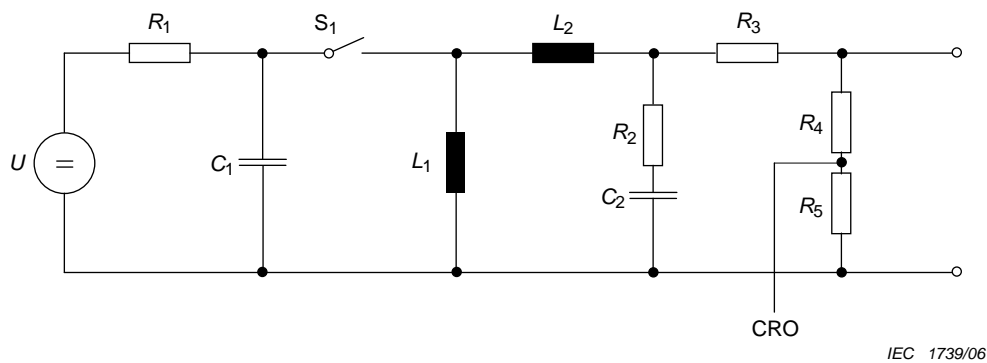


Figure 1 – Waveform of the damped oscillatory wave (open circuit voltage)

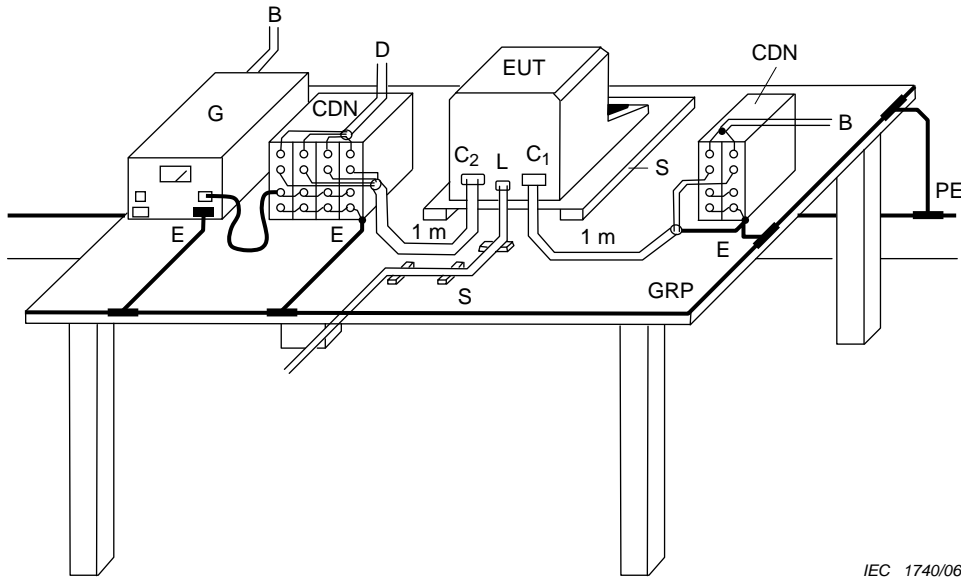


Key

U: high voltage source
 R₁: charging resistor
 C₁: energy storage capacitor
 S₁: high voltage switch
 L₁: oscillating circuit coil

L₂: filter inductance
 R₂: filter Resistor
 C₂: filter capacitor
 R₃: source resistor
 R₄, R₅: voltage divider resistors (optional)
 CRO: monitoring signal (optional)

Figure 2 – Example of schematic circuit of the test generator for the damped oscillatory wave



IEC 1740/06

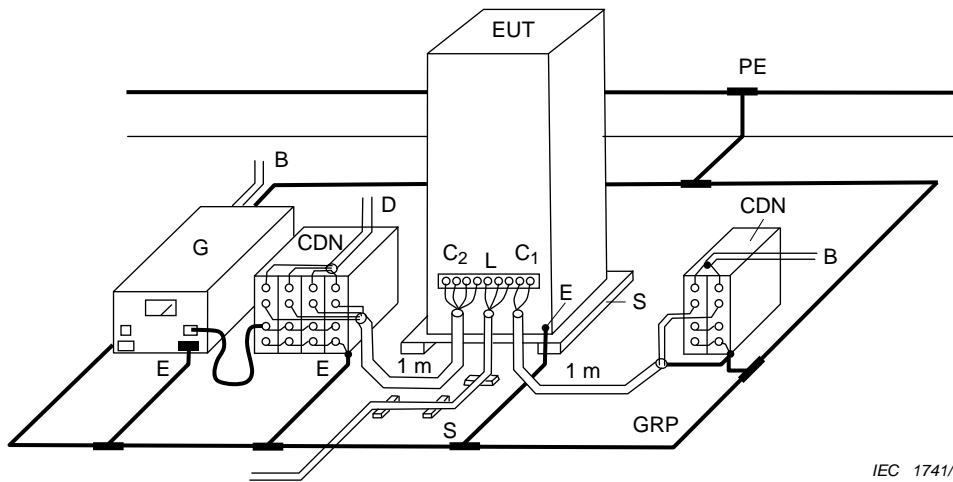
NOTE Earth connections should be as short as practically possible.

Key

PE: protective earth
 B: power supply source
 C1: power supply port
 C2: input/output port
 D: signal/control source
 E: earth connection

EUT: equipment under test
 G: test generator
 L: communication port
 GRP: ground reference plane
 CDN: coupling/decoupling network
 S: insulating support

Figure 3 – Example of test setup for table-top equipment using the ground reference plane



IEC 1741/06

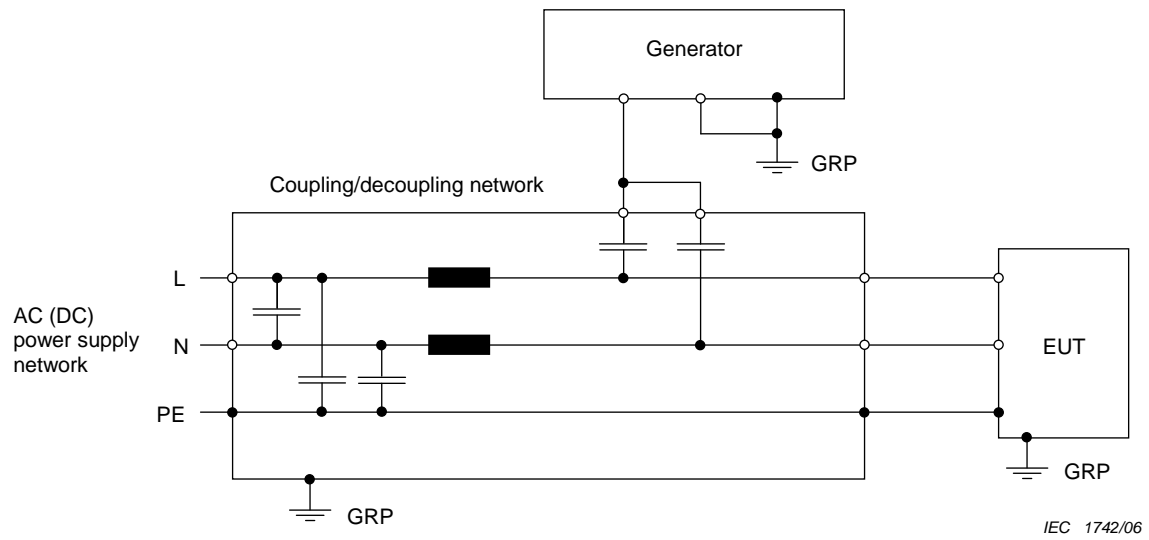
NOTE Earth connections should be as short as practically possible.

Key

PE: protective earth
 B: power supply source
 C1: power supply port
 C2: input/output port
 D: signal/control source
 E: earth connection

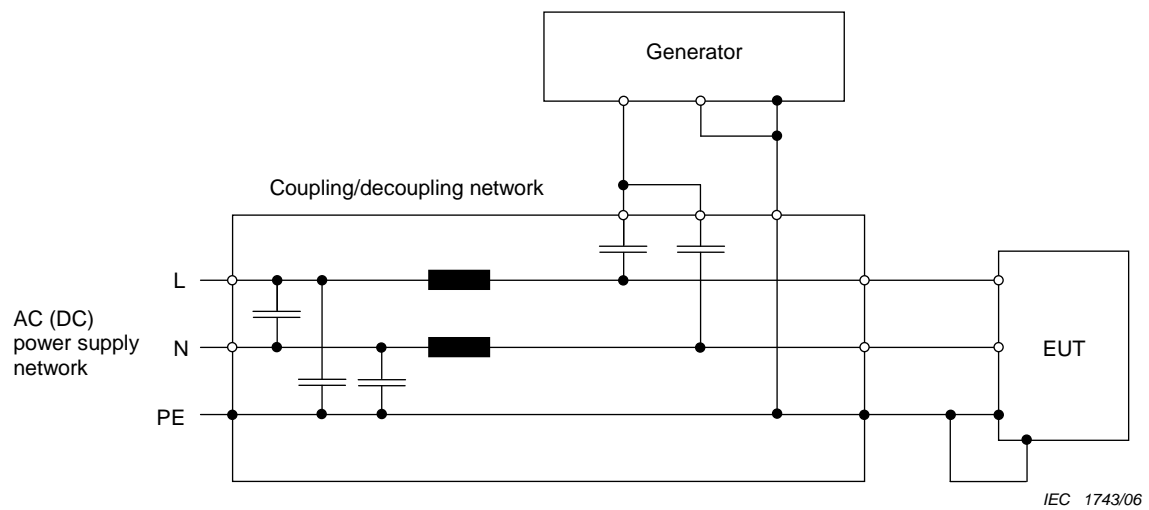
EUT: equipment under test
 G: test generator
 L: communication port
 GRP: ground reference plane
 CDN: coupling/decoupling network
 S: insulating support

Figure 4 – Example of test setup for floor-standing equipment using the ground reference plane



Maximum inductance in the decoupling section of the CDN: 1,5 mH

Figure 5a – Setup implemented with the ground reference plane

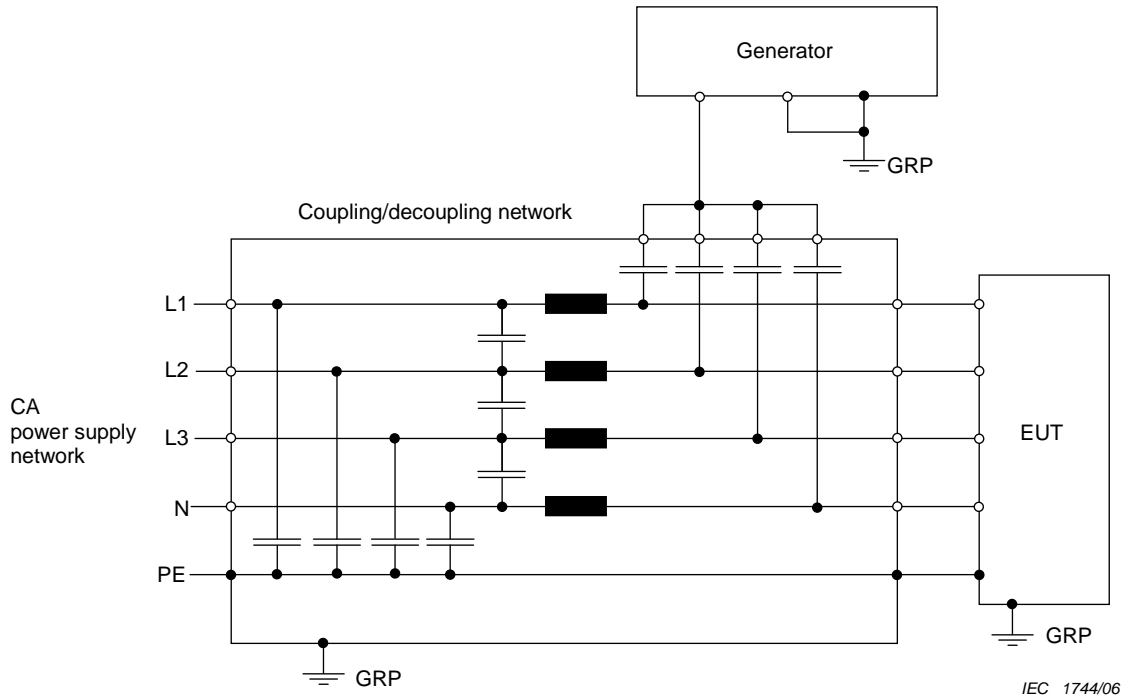


Maximum inductance in the decoupling section of the CDN: 1,5 mH

Figure 5b – Setup implemented with dedicated earth connection

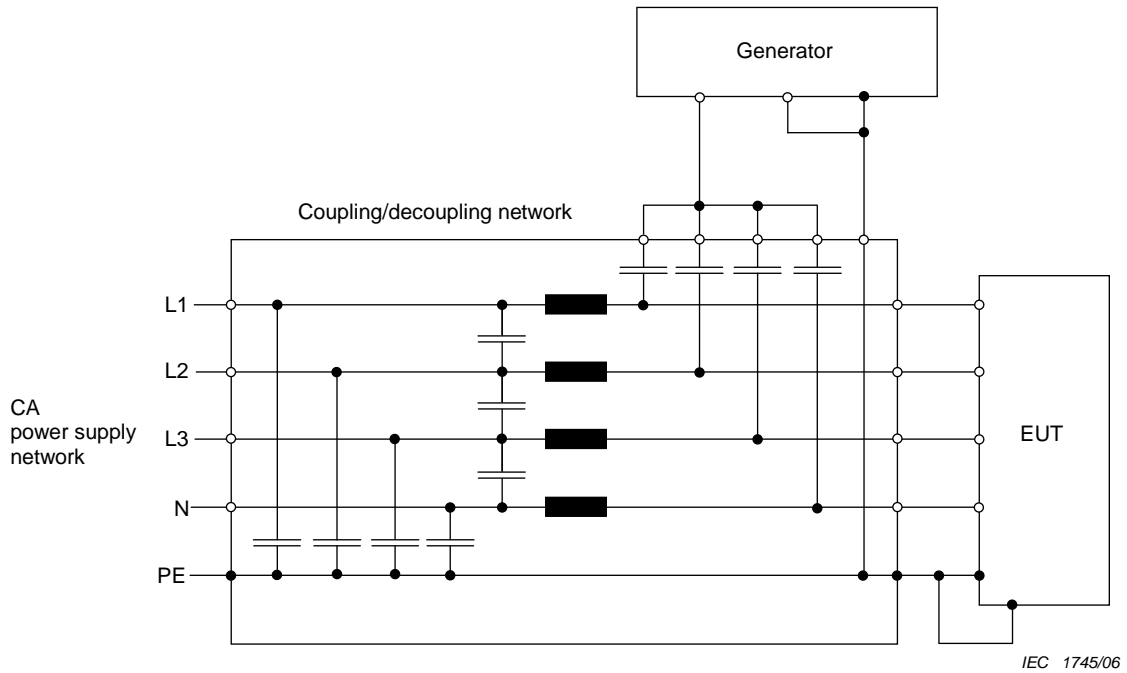
NOTE For the fast damped oscillatory wave test, the output of the generator and the input of the coupler are coaxial.

Figure 5 – AC/DC power supply port, single phase, line-to-ground tests



Maximum inductance in the decoupling section of the CDN: 1,5 mH

Figure 6a – Setup implemented with the ground reference plane

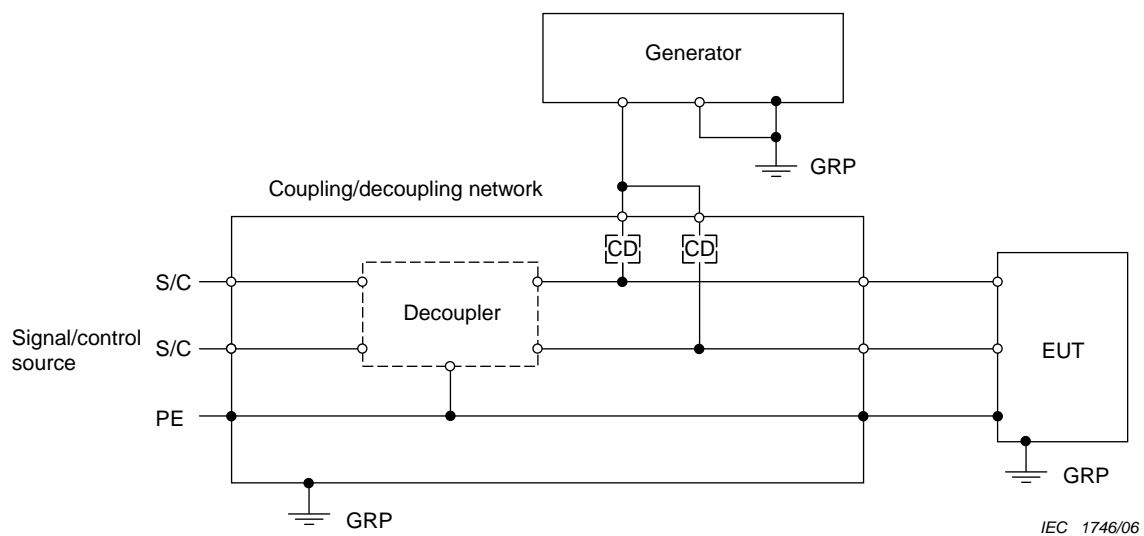


Maximum inductance in the decoupling section of the CDN: 1,5 mH

Figure 6b – Setup implemented with dedicated earth connections

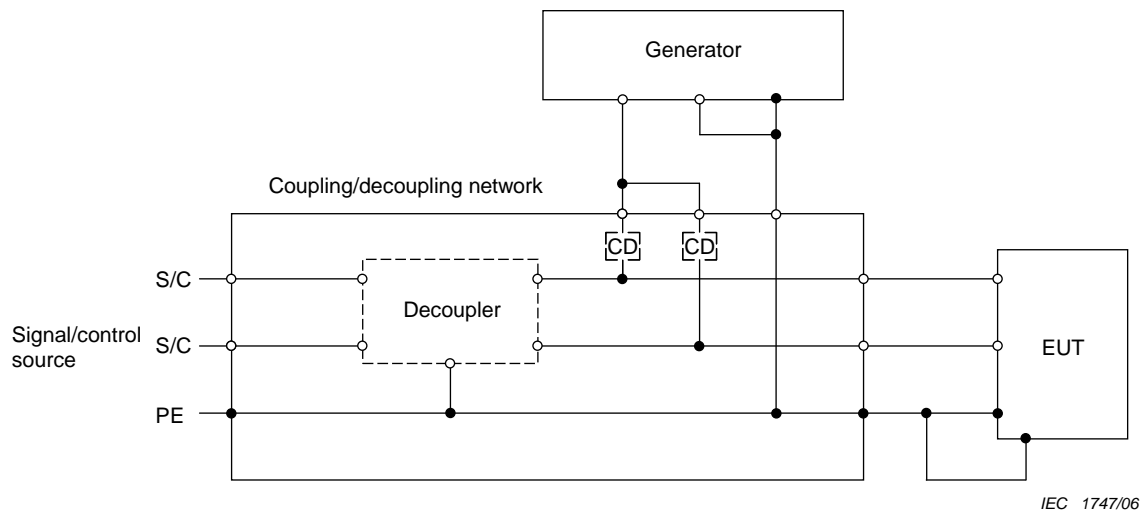
NOTE For the fast damped oscillatory wave test, the output of the generator and the input of the coupler are coaxial.

Figure 6 – AC power supply port, three phases, line-to-ground test



CD: Coupling devices.

Figure 7a – Setup implemented with the ground reference plane



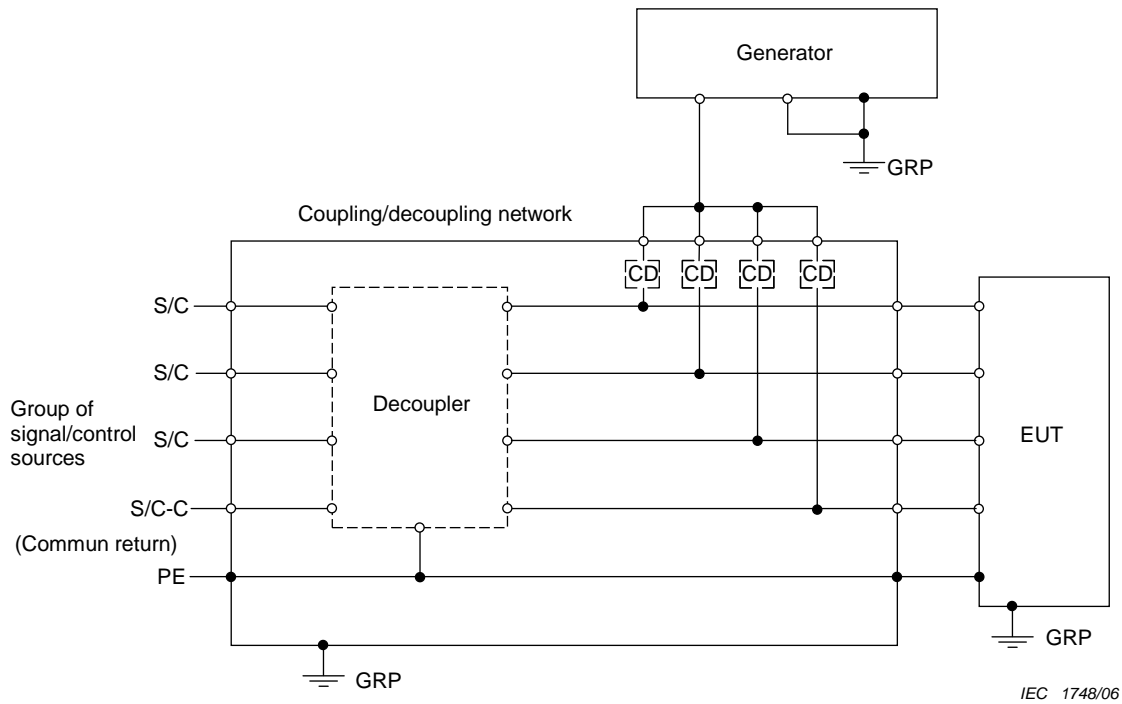
CD: Coupling devices.

Figure 7b – Setup implemented with dedicated earth connections

For some applications, the 0,5 μF or 33 nF coupling capacitors have to be replaced by other types of coupling devices, such as arrestors or clamping circuits. The decoupling section of the CDN is built with >1,5 mH (for the slow damped oscillatory wave test) or >100 μH (for the fast damped oscillatory wave test) inductances.

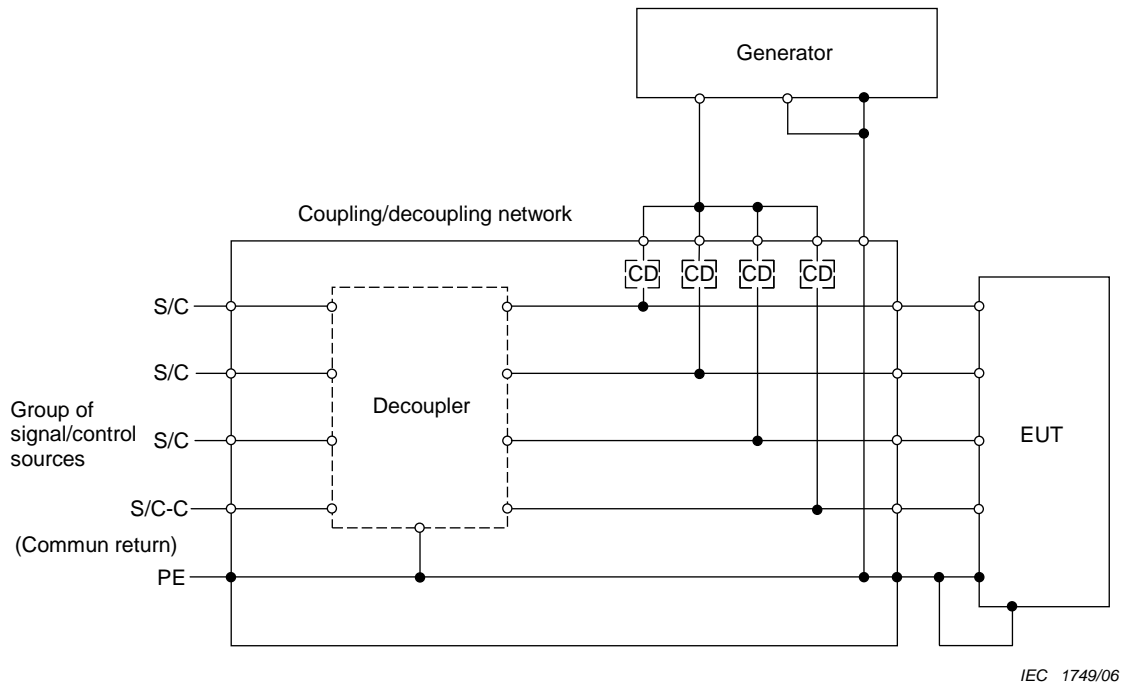
NOTE For the fast damped oscillatory wave test, the output of the generator and the input of the coupler are coaxial.

Figure 7 – Input/output port, single circuit, line-to-ground test



CD: Coupling devices.

Figure 8a – Setup implemented with the ground reference plane



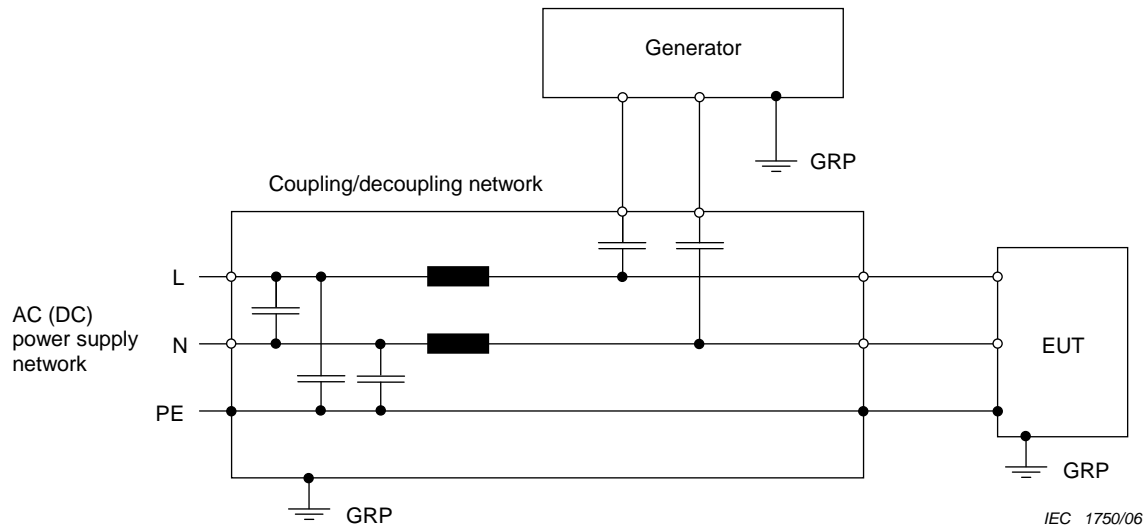
CD: Coupling devices.

Figure 8b – Setup implemented with dedicated earth connections

For some applications, the 0,5 µF or 33 nF coupling capacitors have to be replaced by other types of coupling devices, such as arrestors or clamping circuits. The decoupling section of the CDN is built with >1,5 mH (for the slow damped oscillatory wave test) or >100 µH (for the fast damped oscillatory wave test) inductances.

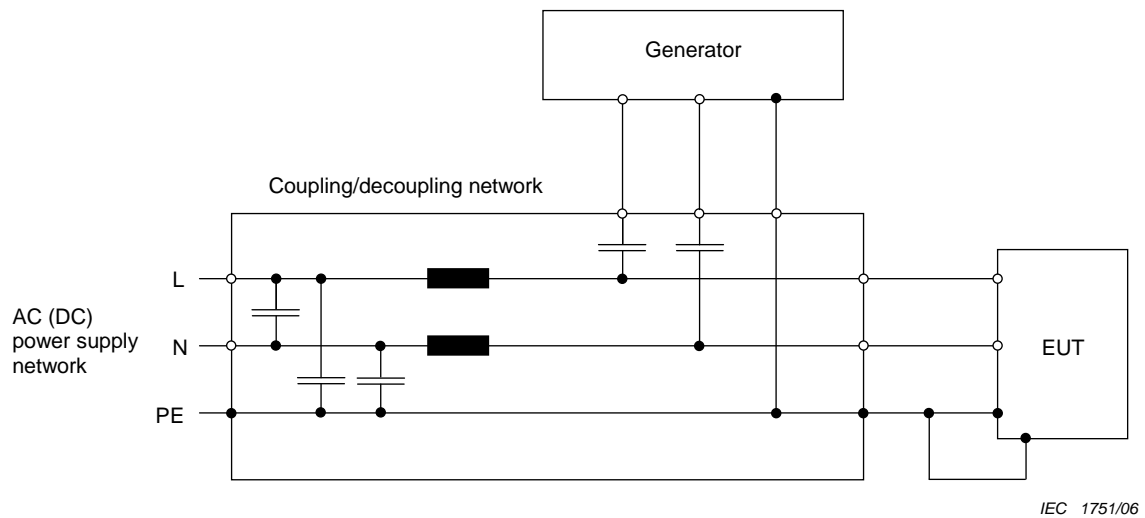
NOTE For the fast damped oscillatory wave test, the output of the generator and the input of the coupler are coaxial.

Figure 8 – Input/output port, group of circuits with common return, line-to-ground test



Maximum inductance in the decoupling section of the CDN: 1,5 mH

Figure 9a – Setup implemented with the ground reference plane



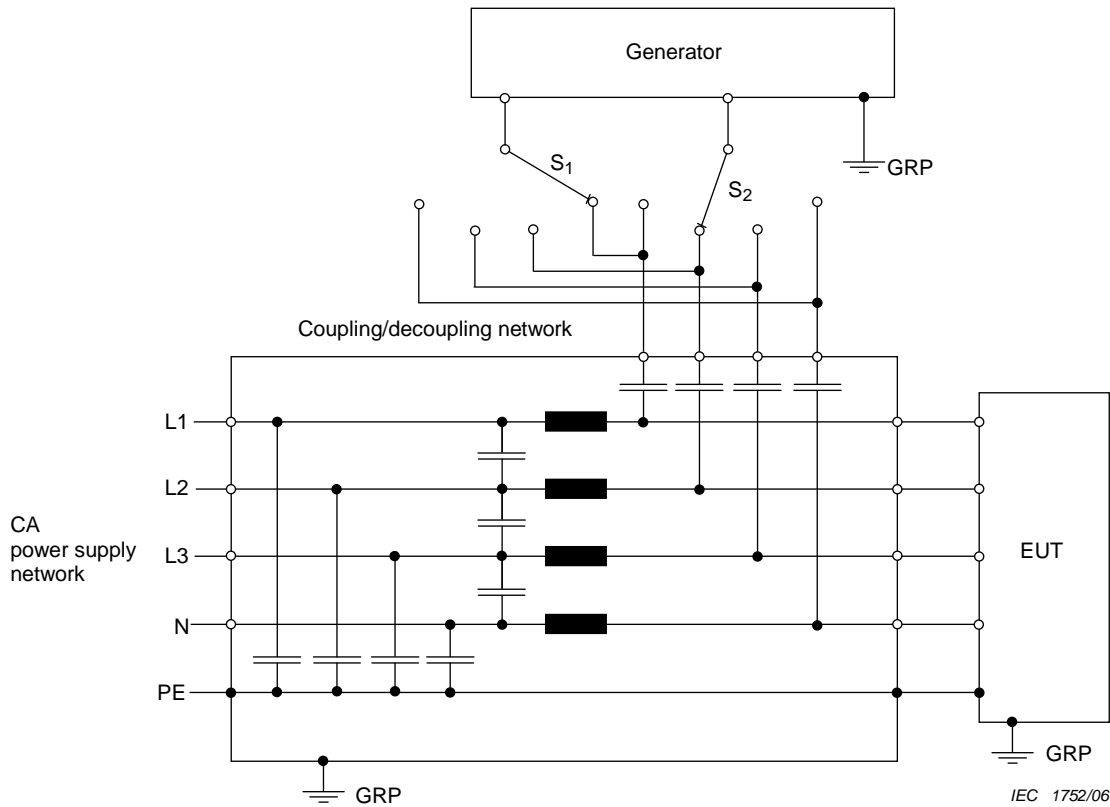
Maximum inductance in the decoupling section of the CDN: 1,5 mH

Figure 9b – Setup implemented with dedicated earth connections

NOTE 1 In the coupling section, it is sufficient to have one single capacitor in one line and connect directly the other line to the generator.

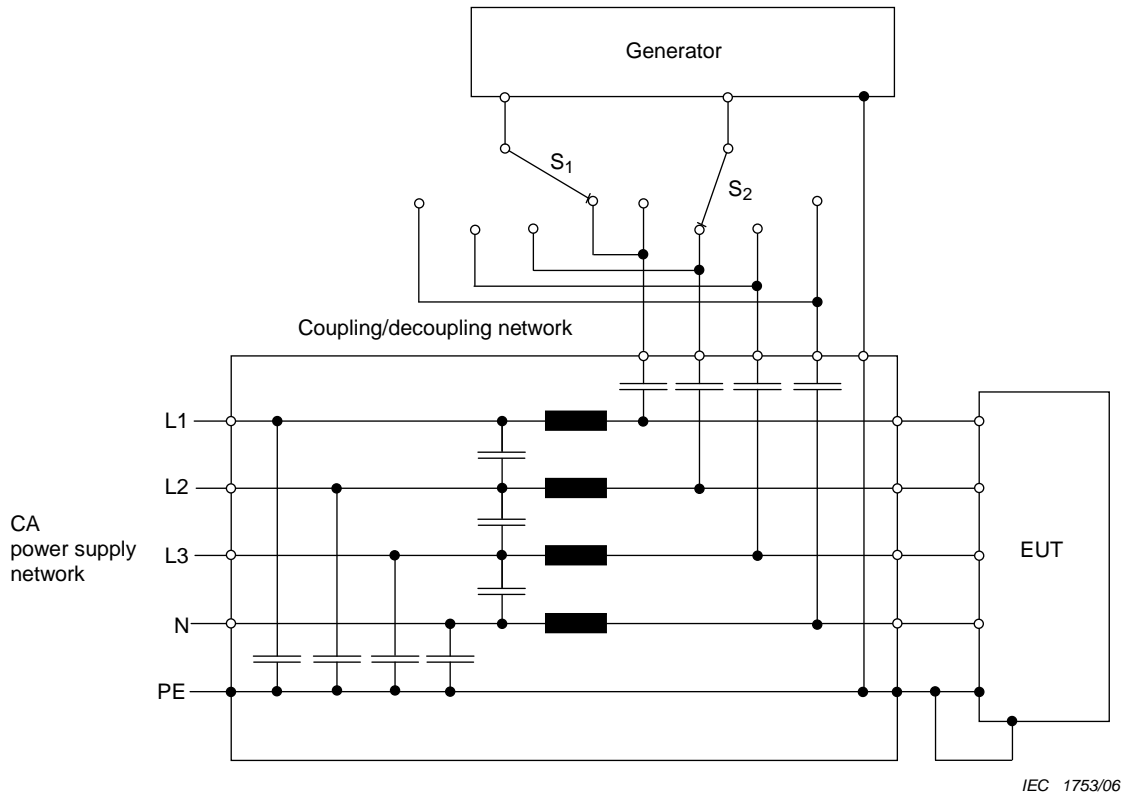
NOTE 2 For the fast damped oscillatory wave test, the output of the generator and the input of the coupler are coaxial.

Figure 9 – AC/DC power supply port, single phase, line-to-line test



Maximum inductance in the decoupling section of the CDN: 1,5 mH

Figure 10a – Setup implemented with the ground reference plane

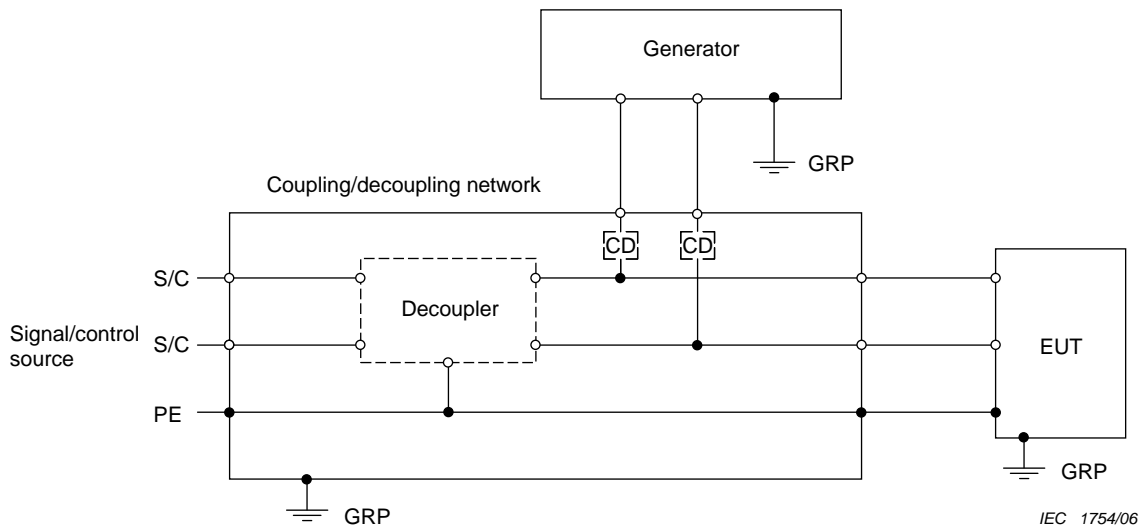


Maximum inductance in the decoupling section of the CDN: 1,5 mH

Figure 10b – Setup implemented with dedicated earth connections

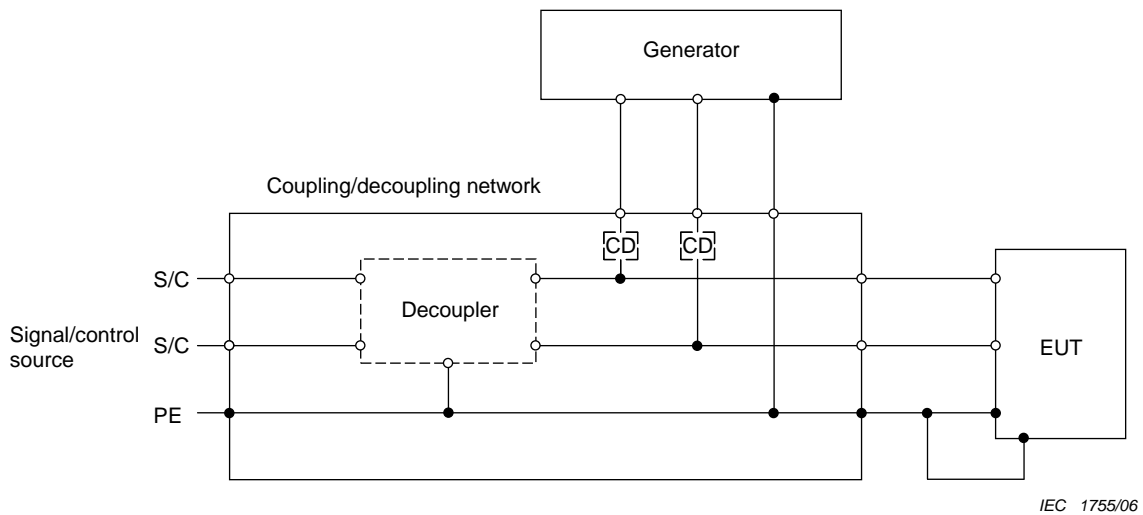
NOTE For the fast damped oscillatory wave test, the output of the generator and the input of the coupler are coaxial.

Figure 10 – AC power supply port, three phases, line-to-line test



CD: Coupling devices.

Figure 11a – Setup implemented with the ground reference plane



CD: Coupling devices.

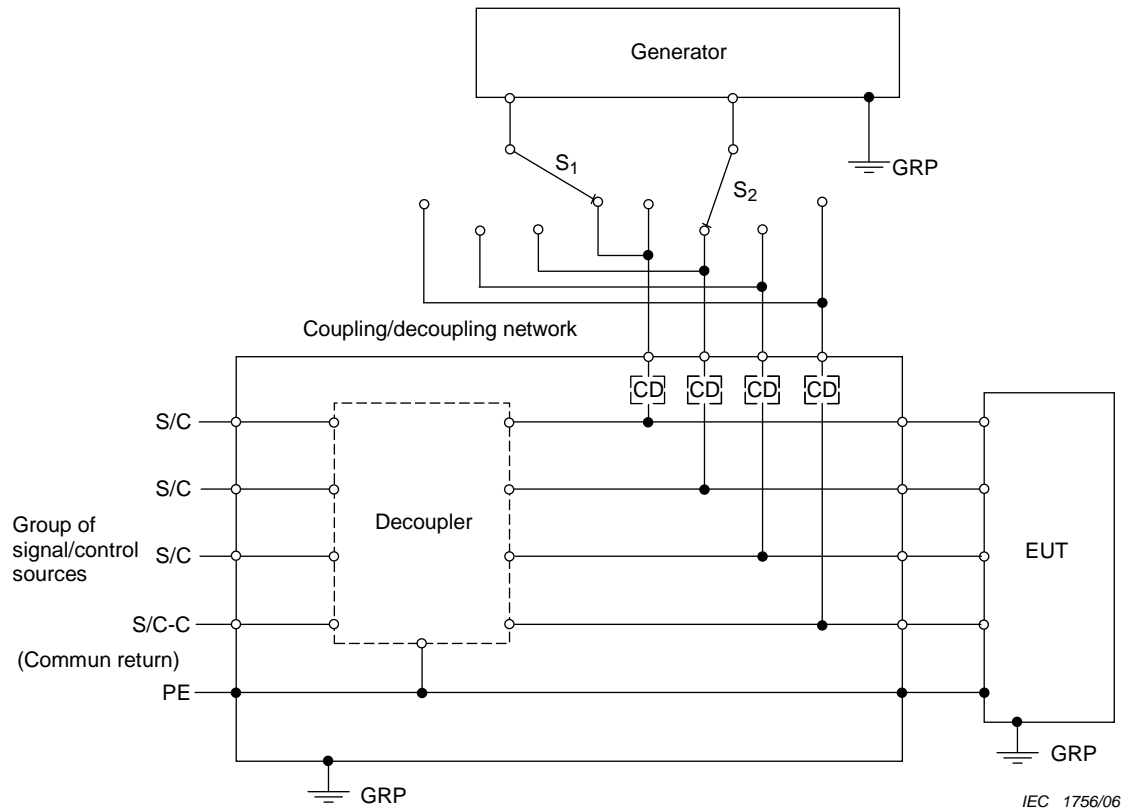
Figure 11b – Setup implemented with dedicated earth connections

For some applications, the 0,5 μF or 33 nF coupling capacitors have to be replaced by other types of coupling devices, such as arrestors or clamping circuits. The decoupling section of the CDN is built with >1,5 mH (for the slow damped oscillatory wave test) or >100 μH (for the fast damped oscillatory wave test) inductances.

NOTE 1 In the coupling section, it is sufficient to have one single capacitor in one line and connect directly the other line to the generator.

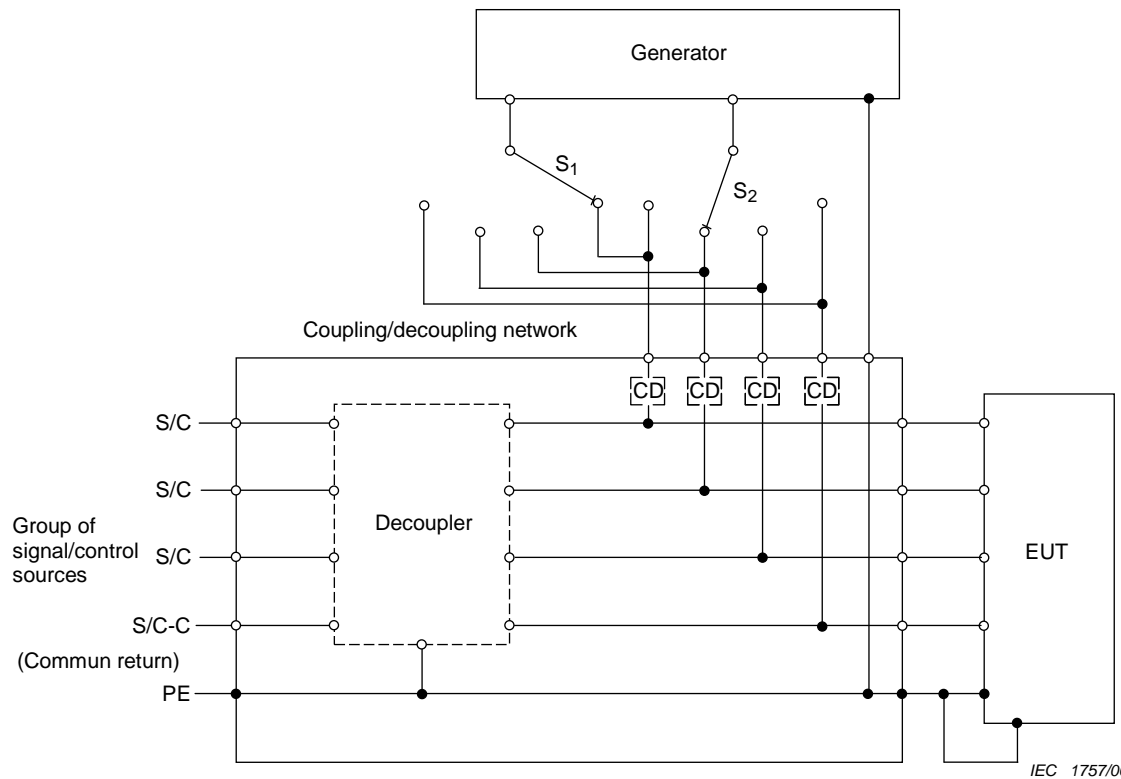
NOTE 2 For the fast damped oscillatory wave test, the output of the generator and the input of the coupler are coaxial.

Figure 11 – Input/output port, single circuit, line-to-line test



CD: Coupling devices.

Figure 12a – Setup implemented with the ground reference plane



CD: Coupling devices.

Figure 12b – Setup implemented with dedicated earth connections

For some applications, the 0,5 μF or 33 nF coupling capacitors have to be replaced by other types of coupling devices, such as arrestors or clamping circuits. The decoupling section of the CDN is built with >1,5 mH (for the slow damped oscillatory wave test) or >100 μH (for the fast damped oscillatory wave test) inductances.

NOTE For the fast damped oscillatory wave test, the output of the generator and the input of the coupler are coaxial.

Figure 12 – Input/output port, group of circuits with common return, line-to-line test

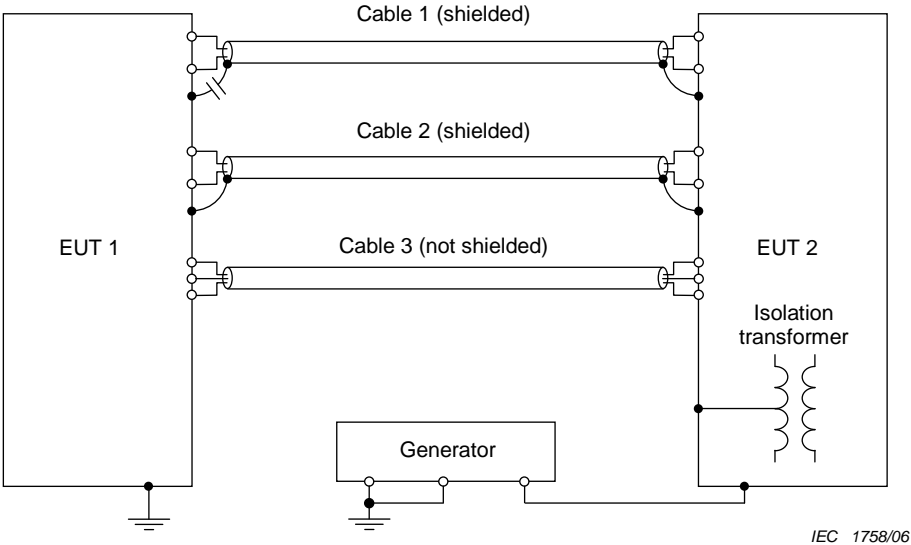


Figure 13 – Test of a system with communication ports with fast operating signals (generator output earthed)

Annex A (informative)

Information on test levels for the damped oscillatory wave

Based on common installation practices, which foresee the use of shielded cables with the screen earthed at both ends on the earth network, the recommended selections of test levels for damped oscillatory waves for the equipment ports are the following:

- Level 1:* Ports connected to cables running in a limited area of the control building.
- Level 2:* Ports connected to cables of equipment in the control building and relay house (kiosks). The equipment concerned is installed in the control building and relay house.
- Level 3:* Ports connected to cables of equipment installed in the relay house. The equipment concerned are those installed in the relay house. For these equipment, level 3 assumes the value of 2,5 kV.
- Level 4:* Slow damped oscillatory waves are not applicable to equipment for use in electrical plants, particularly HV substations, while fast damped oscillatory waves are applicable. Whenever this level seems to be necessary, proper mitigation methods should be adopted.
- Level x:* Special situations to be analyzed.

The test levels should be selected in accordance with the most realistic installation and environmental conditions.

For HEMP applications, the HEMP generic standard IEC 61000-6-6 describes the specific conditions for applying levels 1 to 4 as well as level x.

Bibliography

- [1] IMPOSIMATO, C., HOEFFELMAN, J., ERIKSSON, A., SIEW, WH., PRETORIUS, PH., WONG, PS. *EMI Characterization of HVAC Substations – Updated data and Influence on Immunity Assessment*. CIGRE Paper 36-108, Paris, 2002.
 - [2] IEC 60816, *Guide on methods of measurement of short duration transients on low voltage power and signal lines*
 - [3] IEC 60694, *Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards*
 - [4] IEC 61000-2-9: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 9: Description of HEMP environment – Radiated disturbance*
 - [5] IEC 61000-2-10: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-10: Environment – Description of HEMP environment – Conducted disturbance*
 - [6] IEC 60068-1: *Environmental testing – Part 1: General and guidance*
 - [7] IEC 61000-4-25: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-25: Testing and measurement techniques – HEMP immunity test methods for equipment and systems*
 - [8] IEC 61010-1: *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 1: General requirements*
 - [9] IEC Guide 107: *Electromagnetic compatibility – Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications*
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	38
INTRODUCTION.....	40
1 Domaine d'application et objet.....	41
2 Références normatives.....	41
3 Termes et définitions.....	42
4 Généralités.....	43
4.1 Information sur le phénomène de type onde oscillatoire amortie lente.....	43
4.2 Information sur le phénomène de type onde oscillatoire amortie rapide.....	44
5 Niveaux d'essai.....	46
6 Matériel d'essai.....	48
6.1 Générateur.....	48
6.2 Spécifications du réseau de couplage/découplage.....	51
7 Installation d'essai.....	52
7.1 Connexions de mise à la terre.....	53
7.2 Plan de référence.....	53
7.3 Matériel en essai.....	53
7.4 Réseaux de couplage/découplage.....	54
7.5 Générateurs.....	54
8 Procédure d'essai.....	55
8.1 Conditions de référence du laboratoire.....	55
8.2 Exécution de l'essai.....	55
9 Evaluation des résultats d'essai.....	57
10 Rapport d'essai.....	57
 Annexe A (informative) Information relative aux niveaux d'essai pour l'onde oscillatoire amortie.....	 70
 Bibliographie.....	 71
 Figure 1 – Forme d'onde de l'onde sinusoïdale amortie (tension en circuit ouvert).....	 59
Figure 2 – Exemple de schéma du circuit du générateur d'essai pour onde oscillatoire amortie.....	59
Figure 3 – Exemple d'installation d'essai pour matériel de table utilisant le plan de référence.....	60
Figure 4 – Exemple d'installation d'essai pour matériel posé sur le sol utilisant le plan de référence.....	60
Figure 5 – Essai en mode commun des accès d'alimentation continue ou alternative monophasée.....	61
Figure 6 – Essai en mode commun des accès d'alimentation alternative triphasée.....	62
Figure 7 – Essai en mode commun des accès pour circuit unique.....	63
Figure 8 – Essai en mode commun des accès pour groupe de circuits avec retour commun.....	64
Figure 9 – Essai en mode différentiel des accès d'alimentation continue ou alternative monophasée.....	65

Figure 10 – Essai en mode différentiel des accès d'alimentation alternative triphasée	66
Figure 11 – Essai en mode différentiel des accès pour circuit unique.....	67
Figure 12 – Essai en mode différentiel des accès pour groupe de circuits avec retour commun.....	68
Figure 13 – Essai des accès communication pour signaux rapides (sortie générateur à la terre).....	69
Tableau 1 – Niveaux d'essai à l'onde oscillatoire amortie lente (100 kHz ou 1 MHz)	47
Tableau 2 – Niveaux d'essai à l'onde oscillatoire amortie rapide (3 MHz, 10 MHz ou 30 MHz)	47

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-18: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à l'onde oscillatoire amortie

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI 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, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de la CEI 61000-4-18 comprend la première édition (2006) [documents 77B/517/FDIS et 77B/522/RVD] et son amendement 1 (2010) [documents 77B/604/CDV et 77B/633/RVC]. Elle porte le numéro d'édition 1.1.

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à son amendement; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1. Les ajouts et les suppressions apparaissent en rouge, les suppressions sont barrées.

La Norme internationale CEI 61000-4-18 a été établie par le sous-comité 77B: Phénomènes haute fréquence, du comité d'études 77 de la CEI: Compatibilité électromagnétique.

Elle constitue la Partie 4-18 de la norme CEI 61000. Elle a le statut de publication fondamentale en CEM conformément au Guide 107 de la CEI, *Compatibilité électromagnétique – Guide pour la rédaction des publications sur la compatibilité électromagnétique*.

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

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

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

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

INTRODUCTION

La présente norme fait partie de la série des normes 61000 de la CEI, selon la répartition 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'émissions
Limites d'immunité (dans la mesure où elles ne tombent pas sous la responsabilité des comités de produits)

Partie 4: Techniques d'essai et de mesure

Techniques de mesure
Techniques d'essais

Partie 5: Directives d'installation et d'atténuation

Guide 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: 61000-6-1).

La présente partie est une norme internationale qui donne les exigences d'immunité et les procédures d'essai relatives aux ondes oscillatoires amorties.

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-18: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à l'onde oscillatoire amortie

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 61000-4 traite des exigences en matière d'immunité et des méthodes d'essai des matériels électriques et électroniques dans leurs conditions d'exploitation, vis-à-vis:

- a) des oscillations transitoires amorties répétitives se manifestant principalement sur les câbles d'alimentation, de commande et de signal installés dans les postes à haute et à moyenne tension (HT/MT);
- b) des ondes oscillatoires amorties répétitives se produisant principalement sur les câbles d'alimentation, de commande et de signal implantés dans les postes métalliques sous enveloppes à isolation gazeuse (GIS) et dans certains cas également dans des postes à isolation par air (AIS) ou toute installation du fait des phénomènes IEM-HA.

L'objet de cette norme fondamentale est d'établir les exigences d'immunité et de constituer une référence commune pour l'évaluation en laboratoire des performances d'équipements électriques et électroniques destinés aux applications résidentielles, commerciales et industrielles, ainsi que d'équipements destinés aux centrales électriques et aux postes, le cas échéant.

NOTE Comme décrit dans le Guide 107 de la CEI, c'est une publication fondamentale en CEM pour utilisation par les comités de produits de la CEI. Comme indiqué également dans le Guide 107, les comités de produits de la CEI sont responsables de déterminer s'il convient d'appliquer ou non cette norme d'essai d'immunité et, si c'est le cas, il leur incombe de déterminer les niveaux d'essai et les critères de performance 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 des essais d'immunité particuliers pour leurs produits.

La présente norme a pour objet de définir les paramètres suivants:

- tension d'essai et formes d'ondes de courant;
- gammes de niveaux d'essais;
- matériel d'essai;
- installation d'essai;
- procédure d'essai.

Cette norme a pour objet d'établir une référence commune dans le but d'évaluer l'immunité des matériels électriques et électroniques, quand ils sont soumis aux ondes oscillatoires amorties. La méthode d'essai documentée dans cette partie de la CEI 61000 décrit une méthode logique en vue d'évaluer l'immunité d'un équipement ou d'un système vis-à-vis d'un phénomène donné.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour 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).

CEI 60050(161): *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

CEI 61000-4-4: *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*

CEI 61000-6-6: *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-6: Normes génériques – Immunité contre l'EMN-HA pour les appareils situés à l'intérieur des bâtiments*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 60050-161, dont certains sont répétés ci-après, et les termes et définitions suivants s'appliquent.

NOTE Ils sont applicables au champ restreint des transitoires oscillatoires.

3.1

poste à isolation par air AIS

poste ne comportant que de l'appareillage à isolation par air

3.2

salve

suite d'un nombre fini d'impulsions distinctes ou oscillation de durée limitée

[VEI 161-02-07]

3.3

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 Cette définition est conçue dans l'approche « incertitude ».

NOTE 2 La relation entre les indications et les résultats de mesures peut être donnée, en principe, dans un diagramme d'étalonnage.

[VEI 311-01-09]

3.4

couplage

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

3.5

réseau de couplage

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

3.6

réseau de découplage

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

3.7

poste (sous enveloppe métallique) à isolation gazeuse GIS

poste ne comportant que de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse

[VEI 605-02-14]

3.8

impulsion électromagnétique à haute altitude

impulsion électromagnétique produite par une explosion nucléaire en dehors de l'atmosphère terrestre

NOTE Typiquement au-delà d'une altitude de 30 km

3.9

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

[VEI 161-01-20]

3.10

accès

interface de l'EST avec l'environnement électromagnétique extérieur

3.11

temps de montée

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

[VEI 161-02-05, modifié]

3.12

transitoire (adjectif et nom)

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

[VEI 161-02-01]

3.13

vérification

ensemble des opérations utilisées pour vérifier le système d'essai (par exemple le générateur d'essai et les câbles d'interconnexion) et pour démontrer que le système d'essai fonctionne à l'intérieur des spécifications données à l'Article 6

NOTE 1 Les méthodes utilisées pour la vérification peuvent être différentes de celles utilisées pour l'étalonnage.

NOTE 2 La procédure de 6.1.3 et 6.2 est destinée à constituer des lignes directrices assurant le fonctionnement correct du générateur d'essai et des autres dispositifs constituant l'installation d'essai, de telle sorte que la forme d'onde prévue soit délivrée à l'EST.

[VEI 311-01-13, modifiée]

4 Généralités

Les phénomènes de type onde oscillatoire amortie sont divisés en deux parties. La première partie est appelée l'onde oscillatoire amortie lente et comprend des oscillations entre 100 kHz et 1 MHz. La seconde partie est appelée l'onde oscillatoire amortie rapide et comprend des fréquences d'oscillation supérieures à 1 MHz. Les origines de ces deux types d'ondes oscillatoires amorties sont décrites plus bas.

4.1 Information sur le phénomène de type onde oscillatoire amortie lente

Ce phénomène est représentatif des manœuvres de sectionneurs équipant des postes HT/MT extérieurs, en particulier des manœuvres de jeux de barres HT, ainsi que des bruits de fond en environnement industriel.

Dans les postes électriques, l'ouverture et la fermeture de sectionneurs HT entraîne des transitoires à front raide, dont le temps de montée correspond à quelques dizaines de nanosecondes.

L'évolution du front d'onde de la tension est marquée par des réflexions dues aux déséquilibres des impédances caractéristiques des circuits HT concernés. La tension et le courant transitoires qui en résultent au niveau des jeux de barres HT se distinguent par une fréquence d'oscillation fondamentale déterminée par la longueur du circuit et par le temps de propagation.

La fréquence d'oscillation varie d'environ 100 kHz à quelques MHz pour des postes ouverts, en fonction des paramètres mentionnés plus haut et de la longueur des jeux de barres, qui peut aller de quelques dizaines à quelques centaines de mètres (jusqu'à 400 m).

Une fréquence d'oscillation de 1 MHz peut être considérée comme représentative de la plupart des situations, à l'exception des grands postes HT, pour lesquels une fréquence de 100 kHz est jugée préférable.

La fréquence de répétition est variable entre quelques hertz et quelques kilohertz en fonction de la distance entre les contacts de commutation. En effet, la fréquence de répétition est à son maximum lorsque ces contacts sont peu éloignés, tandis que sa valeur minimale correspond, pour chaque phase, au double de la fréquence d'alimentation (100 cycles par seconde pour chaque phase à 50 Hz et 120 cycles par seconde pour chaque phase à 60 Hz, en haute tension) lorsque la distance entre les contacts est voisine de la limite d'extinction d'arc.

Les fréquences de répétition retenues (40/s et 400/s) résultent donc d'un compromis tenant compte de la durée variable des phénomènes, des différentes fréquences considérées et du problème des circuits d'énergie en essai.

En environnement industriel, les transitoires de manœuvre et l'injection de courants impulsions dans les organes électriques (réseaux et matériels électriques) peuvent créer des transitoires oscillatoires répétitifs.

La réponse locale de ces organes se situe dans une bande de fréquence bien couverte par le temps de montée et la fréquence fondamentale de l'onde oscillatoire amortie choisie pour l'essai.

4.2 Information sur le phénomène de type onde oscillatoire amortie rapide

Il est recommandé que l'essai d'immunité à l'onde oscillatoire amortie rapide couvre les phénomènes présents dans deux environnements:

- postes du réseau d'énergie (produits par l'appareillage);
- toutes les installations exposées à l'impulsion électromagnétique à haute altitude (IEM-HA).

4.2.1 Perturbations produites par l'appareillage

Au cours des opérations d'ouverture ou de fermeture, entre les deux contacts du dispositif en fonctionnement, un grand nombre de réamorçages se produisent du fait de la faible vitesse des contacts. Par conséquent, les opérations de manœuvres de déconnexion génèrent des transitoires très rapides, qui se propagent comme des ondes mobiles dans les bus du poste. La longueur électrique des conducteurs blindés et la longueur des bus en circuit ouvert déterminent les fréquences d'oscillation des surtensions transitoires.

Pour les postes à isolation par air (AIS) ces transitoires rayonneront un champ électromagnétique dans l'environnement du poste. Des mesures récentes ont été réalisées dans des postes à isolation par air en utilisant des instruments ayant une grande largeur de bande de

fréquences [1]¹⁾. Ces mesures ont montré que des phénomènes transitoires avec des fréquences supérieures à 1 MHz peuvent aussi se produire dans ces postes.

Pour les postes à isolation gazeuse (GIS), ces transitoires se propagent à l'intérieur de l'enceinte métallique qui contient le gaz SF₆. Du fait de l'effet de peau, les transitoires haute fréquence sont confinés à l'intérieur de l'enceinte et ne causent aucun problème. Toutefois aux discontinuités de l'enceinte, une partie des transitoires est transférée vers la surface externe du tube constituant l'enceinte. En conséquence de quoi, le potentiel de l'enceinte s'élève et le courant qui s'écoule sur la surface de l'enceinte rayonne un champ électromagnétique dans l'environnement du poste. L'élévation transitoire du potentiel de terre est une source directe de courants transitoires de mode commun dans les circuits secondaires.

Des mesures ont montré que la fréquence maximale ayant des composantes de densité spectrale significative pour ces courants peut atteindre 30 MHz à 50 MHz (voir les Figures 1 et 2) [2].

Aux Figures 1 et 2, on peut voir que plusieurs pointes apparaissent dans la caractéristique de densité spectrale de courant et des composantes spectrales importantes sont observées à des fréquences de quelques dizaines de MHz.

Comme résumé en [1], l'environnement fréquentiel des postes HT (GIS, mais également AIS) est devenu plus sévère qu'il ne l'était par le passé, du fait d'une réduction des distances, conséquence de la réduction des tailles globales des postes, de l'utilisation des postes à isolation gazeuse (GIS) et de l'installation d'équipements électroniques plus près des dispositifs de commutation.

Par conséquent, les fréquences d'oscillation de 3 MHz, 10 MHz et 30 MHz pour les ondes oscillatoires amorties rapides semblent adaptées de manière à mieux prendre en compte un environnement plus réaliste à la fois pour certains AIS et pour tous les GIS.

La fréquence de répétition est variable entre quelques kHz et de nombreux kHz et dépendante de la distance entre les contacts de commutation: c'est-à-dire qu'avec des contacts proches il y a une fréquence de répétition maximale, alors qu'avec des distances de contact proches de l'extinction de l'arc, la fréquence de répétition minimale, eu égard de chaque phase, est double de la fréquence de l'alimentation (100/s par phase pour les systèmes à 50 Hz et 120/s par phase pour les systèmes à 60 Hz).

La vitesse de répétition sélectionnée, 5 000/s, est établie afin de prendre en compte les fréquences de répétition les plus élevées mesurées dans les GIS. Cette vitesse représente toujours un compromis (du fait que des vitesses supérieures ont été mesurées), qui prend en compte les durées différentes des phénomènes, les différentes fréquences considérées qui semblent les plus adaptées et le problème de l'énergie à laquelle les circuits en essai sont soumis.

4.2.2 Perturbations produites par l'impulsion électromagnétique à haute altitude (IEM-HA)

L'impulsion électromagnétique nucléaire à haute altitude (IEM-HA) telle qu'elle est présentée dans la CEI 61000-2-9 [4], décrit un champ pulsé intense dû à une onde électromagnétique plane, qui a un temps de montée de 2,5 ns et une largeur d'impulsion d'environ 25 ns. Ce champ interagit avec les câbles et l'installation électrique pour produire une tension et un courant oscillatoires dépendant de la longueur de la ligne (voir la CEI 61000-2-10 [5]). Pour la plupart des lignes extérieures, telles celles d'alimentation et de télécommunications, ces lignes sont assez longues (souvent supérieures à 1 km) pour que les courants et tensions couplés sont habituellement de nature impulsionnelle.

1) Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie

Pour les fils et les câbles situés à l'intérieur d'un bâtiment, l'IEM-HA incidente est partiellement atténuée. Cependant, il y a toujours suffisamment de champ présent pour se coupler aux câbles courts, constituant une menace pour les équipements électroniques raccordés. Des expériences réalisées dans le passé indiquent clairement que les champs IEM-HA se couplent à ces lignes courtes et produisent des formes d'ondes oscillatoires amorties à haute fréquence avec des fréquences aussi élevées que 100 MHz, bien que les fréquences inférieures à 30 MHz soient les plus communes (voir la CEI 61000-2-10). Le taux d'amortissement de l'onde oscillatoire est moyennement rapide du fait de la présence de murs absorbants dans la plupart des bâtiments, et un facteur de qualité Q à la résonance ayant une valeur comprise entre 10 et 20 est donc typique.

Il est noté également que les câblages externes de faible longueur, tels que ceux que l'on trouve comme parties de circuits de commande dans les postes de puissance ou les centrales sont aussi de nature à bien se coupler aux champs IEM-HA. Ces câbles produiront aussi des ondes oscillatoires amorties dans la gamme de 1 MHz à 100 MHz, en fonction de la longueur des câbles.

Etant donné que l'environnement IEM-HA est typiquement une ou deux impulsions, tout essai défini ne nécessiterait pas forcément une vitesse de répétition élevée pour reproduire l'environnement incident. Cependant, pour des raisons de fiabilité des électroniques numériques, il est recommandé qu'une vitesse de répétition similaire à celle demandée pour l'appareillage soit également appliquée pour l'IEM-HA (5 000/s) de manière à augmenter la probabilité de découvrir un dysfonctionnement. Ceci est en accord avec le fait que la protection et l'essai à l'IEM-HA sont d'habitude uniquement effectués quand les conséquences d'une défaillance du système électronique sont sérieuses.

En relation avec les normes d'immunité et génériques IEM-HA qui ont été publiées à ce jour (CEI 61000-4-25 [7] et CEI 61000-6-6), il est indispensable d'avoir une norme fondamentale d'essai pour l'onde oscillatoire amortie rapide, qui contienne des informations sur les niveaux d'essais, la conception du générateur, et les procédures d'essai qui permettront de réaliser les essais nécessaires pour les niveaux de tension induits par une impulsion électromagnétique à haute altitude (IEM-HA). Cette forme d'onde de tension est une onde sinus amortie rapide qui contraint l'équipement raccordé. Même si de nombreuses fréquences sont possibles dans des conditions réalistes, il a été décidé qu'il conviendrait de réaliser cet essai à l'onde oscillatoire rapide avec des fréquences d'oscillation ne dépassant pas 30 MHz, pour coïncider avec l'environnement produit dans les postes d'alimentation.

5 Niveaux d'essai

Les niveaux d'essai préférentiels pour les essais à l'onde oscillatoire amortie, applicables aux accès d'alimentation, de signal et de commande de l'équipement considéré, 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 (Pk1 à la Figure 1).

Les niveaux applicables aux accès d'alimentation, de signal et de commande peuvent être différents. La différence entre, d'une part, les accès de signal et de commande et, d'autre part, les accès de l'alimentation électrique ne doit pas être supérieure à un niveau.

Tableau 1 – Niveaux d'essai à l'onde oscillatoire amortie lente (100 kHz ou 1 MHz)

Niveau	Mode commun kV	Mode différentiel kV
1	0,5	0,25
2	1	0,5
3	2 ^a	1
4	-	-
x ^b	x	x

^a La valeur est portée à 2,5 kV pour les équipements implantés dans les postes.
^b x peut être tout niveau, supérieur, inférieur ou intermédiaire aux autres niveaux. Ce niveau peut être indiqué dans la norme de produit.

Tableau 2 – Niveaux d'essai à l'onde oscillatoire amortie rapide (3 MHz, 10 MHz ou 30 MHz)

Niveau	Mode commun kV
1	0,5
2	1
3	2
4	4
x ^a	x

^a x peut être tout niveau, supérieur, inférieur ou intermédiaire aux autres niveaux. Ce niveau peut être indiqué dans la norme de produit.

Il faut se reporter aux spécifications de produit pour la définition des conditions d'application de l'essai à l'onde oscillatoire amortie.

Il convient de sélectionner les niveaux d'essai à partir des Tableaux 1 et 2 en fonction de l'exposition au phénomène primaire des câbles cheminant dans l'installation. Ces niveaux sont définis en tant que tension en circuit ouvert, soit à la sortie du générateur, soit à la sortie du RCD utilisé.

Les essais d'immunité sont appliqués en fonction de ces niveaux d'essai afin de définir un niveau de performances correspondant à l'environnement auquel le matériel est destiné, compte tenu des phénomènes primaires et des pratiques d'installation qui déterminent les classes d'environnement électromagnétique.

Les niveaux d'essai en question concernent essentiellement les postes à haute tension, ainsi que les environnements industriels possédant leurs propres installations électriques (postes de transformation).

Dans les centrales électriques à haute tension, le niveau des tensions induites dépend du degré et de la longueur du parallélisme des câbles avec les jeux de barres, ainsi que de la tension de service de ces circuits, de leur blindage et de leur mode de mise à la terre.

Afin de réduire autant que possible l'incidence de ces variables et sachant que les matériels destinés à ce type d'environnement correspondent à une certaine plage de tensions de service des installations (de 150 kV à 800 kV, par exemple), le niveau d'essai est défini en fonction des matériels interconnectés, de leur emplacement, de la qualité du blindage du câble et du mode de mise à la terre (voir l'Annexe A).

6 Matériel d'essai

6.1 Générateur

Le sortie du générateur doit être à même de fonctionner en conditions de court-circuit. Le diagramme d'un générateur d'onde oscillatoire amortie représentatif est présenté en Figure 2.

Le générateur produit une onde oscillatoire amortie possédant les caractéristiques suivantes quand elle doit être appliquée à l'accès EST. Si elle est appliquée par l'intermédiaire d'un réseau de couplage/découplage, les caractéristiques sont celles qui doivent être spécifiées à la sortie de ce réseau.

La sortie du générateur doit être flottante et le déséquilibre des capacités de sortie des bornes de sortie, vis-à-vis de la terre, inférieur à 20 %. Cette condition est nécessaire pour l'essai des accès de commande et de signal de l'EST en mode différentiel. Un générateur à deux sorties est nécessaire. La sortie du générateur rapide a une sortie coaxiale unique. L'essai doit être réalisé seulement en mode commun avec ce générateur.

Le point b) de 8.2 présente les dispositions à adopter dès lors que la sortie du générateur d'essai n'est pas flottante.

Les générateurs doivent être équipés de façon à empêcher l'émission de perturbations importantes susceptibles d'être injectées dans le réseau d'alimentation électrique ou d'influencer les résultats d'essais.

6.1.1 Caractéristiques et performances du générateur d'onde oscillatoire amortie lente

Caractéristiques:

- temps de montée de la tension (T1 à la Figure 1): 75 ns \pm 20 %;
- fréquences d'oscillation de la tension (Note 1): 100 kHz et 1 MHz \pm 10 %;
- fréquence de répétition: 40/s à 100 kHz et 400/s à 1 MHz \pm 10 %;
- décroissance: Pk5 doit être > 50 % de la valeur de Pk1 et Pk10 doit être < 50 % de la valeur de Pk1; au moins 2 s;
- durée des salves:
- impédance de sortie (Note 2): 200 Ω ;
- tension à vide: (valeur de Pk1, voir Figure 1) de 250 V à 2,5 kV \pm 10 %;
- courant de court-circuit: (valeur de Pk1) de 1,25 A à 12,5 A \pm 20 %;
- relation de la phase avec la fréquence d'alimentation: aucune;
- polarité de la première demi-période: positive et négative.

NOTE 1 La fréquence d'oscillation est définie comme l'inverse de la période entre les 1^{er} et 3^{ème} passages à zéro suivant la crête initiale. Cette période est T à la Figure 1.

NOTE 2 L'impédance de sortie est calculée comme le rapport entre la tension en circuit ouvert Pk1 et le courant de court-circuit Pk1.

La Figure 1 décrit la forme de l'onde oscillatoire amortie lente avec les crêtes marquées.

La Figure 2 présente un exemple de schéma du générateur.

6.1.2 Caractéristiques et performances du générateur d'onde oscillatoire amortie rapide

Spécifications en circuit ouvert:

- temps de montée de la tension (T_1 à la Figure 1): 5 ns \pm 30 %;
- fréquences d'oscillation de la tension (Note 1): 3 MHz, 10 MHz et 30 MHz \pm 10 %;
- fréquence de répétition: 5 000/s \pm 10 %;
- décroissance: (Voir Figure 1): Pk5 doit être > 50 % de la valeur Pk1 et Pk10 doit être < 50 % de la valeur Pk1;
- durée des salves: 3 MHz: 50 ms \pm 20 %
10 MHz: 15 ms \pm 20%
30 MHz: 5 ms \pm 20%;
- période des salves: 300 ms \pm 20 %;
- impédance de sortie (Note 2): 50 Ω \pm 20 %;
- tension à vide (valeur de Pk1, voir Figure 1): 250 V à 4 kV \pm 10 %;
- relation de la phase avec la fréquence d'alimentation: aucune;
- polarité de la première demi-période: positive et négative.

Spécifications en court-circuit:

- temps de montée du courant: (T_1 à la Figure 1) 3 MHz < 330 ns
10 MHz < 100 ns
30 MHz < 33 ns;
- fréquences d'oscillation du courant (Note 1): 3 MHz, 10 MHz et 30 MHz \pm 30 %;
- décroissance: (Voir Figure 1): Pk5 doit être > 25 % de la valeur de Pk1 et Pk10 doit être < 25 % de la valeur de Pk1;
- courant de court-circuit (valeur de Pk1): de 5 A à 80 A \pm 20 %.

NOTE 1 La fréquence d'oscillation est définie comme l'inverse de la période entre les 1^{er} et 3^{ème} passages à zéro suivant la crête initiale. Cette période est T à la Figure 1.

NOTE 2 L'impédance de sortie est calculée comme le rapport entre la tension en circuit ouvert Pk1 et le courant de court-circuit Pk1.

La Figure 1 décrit la forme de l'onde oscillatoire amortie rapide avec les crêtes marquées.

La Figure 2 présente un exemple de schéma du générateur.

6.1.3 Valeur de l'impédance

L'impédance de sortie du générateur lent a été fixée à 200 Ω , bien que l'impédance réelle des câbles (paires torsadées) soit plus proche de 150 Ω . Ce choix a été fait par souci de ne pas modifier une pratique généralisée, qui concerne les spécifications techniques de matériels destinés essentiellement aux postes à haute tension.

L'impédance de sortie du générateur rapide a été fixée à 50 Ω . La raison pour laquelle l'impédance de 50 Ω a été sélectionnée est l'accord avec le générateur de TER/S tel qu'il est défini dans la CEI 61000-4-4. Un câble coaxial de 50 Ω doit être utilisé pour le RCD ou le coupleur. Afin d'éviter les réflexions, l'impédance du générateur doit être de 50 Ω .

De plus, la longueur des câbles relevant de cette catégorie d'installations électriques et industrielles étant généralement de l'ordre de quelques centaines de mètres, l'impédance de leurs connexions sur le site est plus proche de l'impédance caractéristique des câbles, et non inférieure à celle-ci.

6.1.4 Vérification des caractéristiques du générateur

L'objet de la procédure de vérification est de fournir un guide permettant de garantir le fonctionnement correct du générateur d'essai, des réseaux de couplage/découplage, et des autres objets constituant le montage d'essai de telle sorte que la forme d'onde prévue soit délivrée à l'EST.

Les caractéristiques essentielles des générateurs d'essai doivent être vérifiées pour permettre de comparer les résultats obtenus au moyen de différents générateurs.

Les caractéristiques à vérifier conformément aux paramètres de 6.1.1 et 6.1.2 sont les suivantes:

- temps de montée;
- fréquence d'oscillation;
- décroissance;
- durée des salves;
- période des salves;
- tension à vide (impédance en circuit ouvert: pour le générateur lent $Z_{oc} \geq 10 \text{ k}\Omega$;
- courant de court-circuit (seulement la valeur Pk1 en utilisant une impédance de court circuit: pour les générateurs lent et rapide $Z_{sc} \leq 0,1 \Omega$);
- impédance de source du générateur.

Les vérifications doivent être effectuées au moyen de sondes de tension ou de courant (selon le cas) et d'oscilloscopes, ou d'autres appareils de mesure équivalents d'une largeur de bande minimale de 40 MHz pour les ondes oscillatoires amorties lentes et de 400 MHz pour les ondes oscillatoires amorties rapides.

Pour le générateur d'ondes oscillatoires amorties rapides:

- l'impédance de la charge d'essai en circuit ouvert est $1\,000 \Omega \pm 2\%$ en parallèle avec $\leq 6 \text{ pF}$. La mesure de la résistance est effectuée en c.c. et la mesure de la capacité est effectuée, en utilisant un capacimètre du commerce qui fonctionne aux basses fréquences;
- on utilise de préférence un shunt pour la mesure du courant de court-circuit. Il convient que son impédance de transfert soit $0,1 \Omega \pm 2\%$. La vérification de la résistance du shunt est effectuée en c.c. et la bande passante à 3 dB à 400 MHz peut être vérifiée avec un analyseur de réseau approprié.

NOTE Une impédance de charge en court-circuit de $0,102 \Omega$ est considérée comme satisfaisant à l'exigence $Z_{sc} \leq 0,1 \Omega$.

~~Les caractéristiques de la forme d'onde doivent être vérifiées à l'accès EST (accès par accès) de chaque RCD utilisé pour l'essai d'immunité, ou directement à la sortie du générateur si aucun RCD n'est utilisé.~~

Les caractéristiques de la forme d'onde doivent être vérifiées directement à la sortie du générateur avec pour impédances de charges un circuit ouvert et un court circuit.

6.2 Spécifications du réseau de couplage/découplage

~~Le réseau de couplage/découplage (RCD) permet à la fois d'appliquer la tension d'essai, soit en mode commun (pour les deux générateurs), soit en mode différentiel (seulement 100 kHz, 1 MHz), aux accès de signal et de commande et à l'alimentation de l'EST, et d'éviter que la tension d'essai ne provoque le brouillage des équipements auxiliaires nécessaires aux essais. Les ondes doivent être à l'intérieur des tolérances de 6.1.1 ou 6.1.2 à l'accès EST du RCD. Des vérifications doivent être faites accès par accès. Par exemple phase du RCD: L1 à PE, L2 à PE, L3 à PE, N à PE.~~

Le réseau de couplage/découplage (RCD) permet à la fois d'appliquer la tension d'essai, soit en mode commun (pour les deux générateurs), soit en mode différentiel (seulement 100 kHz, 1 MHz), aux accès de signal et de commande et à l'alimentation de l'EST, et d'éviter que la tension d'essai ne provoque le brouillage des équipements auxiliaires nécessaires aux essais. Les ondes doivent être à l'intérieur des tolérances de 6.1.1 ou 6.1.2 à l'accès EST du RCD. Des vérifications doivent être faites accès par accès avec l'impédance de charge de 0,1 Ω , par exemple RCD triphasé: L1 à PE, L2 à PE, L3 à PE, N à PE.

Les spécifications communes aux réseaux pour l'alimentation électrique et pour les accès de signal et de commande sont indiquées ci-après. Des spécifications uniques supplémentaires sont données en 6.2.1 et 6.2.2.

Les capacités de couplage de 0,5 μ F (onde oscillatoire amortie lente) ou 33 nF (onde oscillatoire amortie rapide) des réseaux de couplage doivent donner une atténuation de couplage inférieure à 10 %.

Les capacités de couplage peuvent être remplacées par d'autres types de dispositifs de couplage tels que des parafoudres, diodes à avalanche au silicium ou varistances. Si de tels dispositifs sont utilisés, les caractéristiques des ondes oscillatoires amorties peuvent être modifiées de façon significative.

Le réseau de couplage/découplage doit comprendre une borne de terre dédiée.

Les vérifications concernant les spécifications indiquées en 6.1.1 et 6.1.2 doivent être effectuées au moyen d'un oscilloscope, ou d'un appareil de mesure équivalent ayant une largeur de bande minimale de 40 MHz pour l'onde oscillatoire amortie lente, et de 400 MHz pour l'onde oscillatoire amortie rapide.

6.2.1 Réseau de couplage/découplage destiné aux accès d'alimentation continu et alternatif

Les formes d'onde en sortie du réseau de couplage/découplage doivent satisfaire aux mêmes exigences que celles applicables aux générateurs eux-mêmes, énoncées en 6.1.1 et 6.1.2.

Spécifications:

Quand l'EST est déconnecté, le résidu de la tension de l'onde oscillatoire amortie (de Pk1 à Pk10) sur les entrées d'alimentation du réseau de découplage ne doit pas excéder 15 % de la tension d'essai appliquée ou deux fois la valeur de crête de la tension assignée du réseau de couplage/découplage, la valeur la plus élevée étant choisie.

- intensité de courant admissible: telle que requise pour l'EST;
- nombre de phases: tel que requis pour l'EST.

NOTE Les valeurs minimales des découplages de mode commun et de mode différentiel peuvent être insuffisantes pour protéger les équipements auxiliaires utilisés afin de faciliter la réalisation de l'essai.

6.2.2 Réseau de couplage/découplage destiné aux accès de signal et de commande

Le réseau présente les mêmes spécifications que celles figurant en 6.2.1, à l'exception de la suivante:

Quand l'EST est déconnecté, le résidu de la tension de l'onde oscillatoire amortie (de Pk1 à Pk10) sur les entrées d'alimentation du réseau de découplage, ne doit pas excéder 10 % de la tension d'essai appliquée ou deux fois la valeur de crête de la tension assignée du réseau de couplage/découplage, la valeur la plus élevée étant choisie.

La valeur minimale de l'atténuation de découplage pouvant être insuffisante pour protéger les sources auxiliaires de signal, des dispositifs de protection supplémentaires peuvent être nécessaires.

Le réseau peut être composé d'unités distinctes, afin de permettre l'essai des accès de circuit simples ou de groupes de circuits (par exemple, plusieurs fils avec un commun).

La pince de couplage capacitive spécifiée dans la CEI 61000-4-4 peut être utilisée avec le générateur d'onde oscillatoire amortie rapide lorsque le RCD n'est pas adapté pour le signal utile à l'accès de l'EST à tester.

7 Installation d'essai

L'installation d'essai se compose des matériels suivants:

- connexions de mise à la terre, plan de référence;
- matériel en essai (EST);
- générateur d'essai;
- appareils de mesure;
- réseau de couplage et de découplage;
- appareils auxiliaires.

Les figures suivantes présentent des exemples d'installation d'essai:

Figure 3 – exemple d'installation d'essai pour matériel de table utilisant le plan de référence;

Figure 4 – exemple d'installation d'essai pour matériel posé sur le sol utilisant le plan de référence.

La tension d'essai doit être appliquée via le réseau de couplage/découplage, sous réserve que ce réseau soit compatible avec le signal de fonctionnement des accès de l'EST.

Les essais d'accès de communication d'un système (qui mettent en jeu des signaux rapides) consistant à appliquer une tension d'essai via le réseau de couplage/découplage peuvent entraîner une dégradation des signaux de fonctionnement. Dans ce cas, la tension d'essai doit être appliquée entre les baies contenant les matériels interconnectés (EST 1 et EST 2), selon la Figure 13.

Lorsque l'EST 1 est un matériel auxiliaire (simulateur), il faut vérifier l'immunité du simulateur avant l'essai. En l'absence d'immunité de ce matériel, et si rien ne peut être fait pour empêcher cette susceptibilité, les critères de l'essai seront les suivants:

- l'accès de communication n'est pas endommagé;
- la communication ne doit être perturbée que pendant l'application de la tension d'essai;
- parmi les performances de l'EST, celles ne relevant pas de la communication ne sont pas modifiées.

Pour les câbles dont le blindage n'est relié à la terre qu'à une seule extrémité, l'autre extrémité doit être reliée à la baie par une capacité de couplage de 0,5 μF .

La longueur standard des câbles est de 10 m pour cet essai.

La connexion des câbles de signal doit s'effectuer conformément aux spécifications de produit, qui doivent notamment préciser toutes les mesures de protection à adopter.

7.1 Connexions de mise à la terre

Lors des essais, les consignes du fabricant de l'EST et de l'appareillage d'essai en matière de mise à la terre de sécurité doivent être respectées.

Lors de la mise en place de la configuration d'essai, le générateur d'essai, le réseau de couplage/découplage, l'EST et les appareils auxiliaires peuvent être mis à la terre au moyen d'un plan de référence existant ou de connexions de mise à la terre appropriées.

7.2 Plan de référence

Si l'on utilise un plan de référence (requis systématiquement au-delà de 1 MHz), il convient qu'il se présente sous la forme d'une feuille de métal (cuivre ou aluminium) d'une épaisseur minimale de 0,25 mm. Si l'on utilise d'autres métaux, il convient que l'épaisseur de la feuille soit d'au moins 0,65 mm.

Si un plan de référence est utilisé, l'EST et les appareils auxiliaires d'essai doivent être placés sur le plan de référence du laboratoire et y être connectés. Les connexions doivent être aussi courtes que possible.

Les dimensions minimales du plan de référence sont de 1 m \times 1 m, la dimension réelle dépendant de la taille de l'EST. La surface du plan de référence doit être supérieure à celle occupée par l'EST et les appareils auxiliaires d'au moins 0,1 m sur chaque côté.

Le plan de référence doit être relié à la terre de sécurité du laboratoire (voir Figures 5a à 12a).

7.3 Matériel en essai

Le matériel en essai doit être disposé et connecté conformément aux spécifications d'installation.

La distance minimale entre l'EST et toutes les autres structures conductrices (par exemple, les parois d'une cage de Faraday), à l'exception du plan de référence, doit être de 0,5 m.

Les signaux d'entrée destinés à l'EST peuvent être fournis par un équipement auxiliaire ou par un simulateur.

Les circuits d'entrée et de sortie vers le simulateur doivent être équipés de filtres de blocage pour empêcher les perturbations d'atteindre cet équipement.

Les câbles utilisés doivent être ceux fournis ou spécifiés par le fabricant de l'équipement. En l'absence de tels câbles, il faut adopter des câbles non blindés convenant aux signaux concernés.

Le réseau de couplage/découplage doit être inséré dans les circuits à une distance de l'EST égale à 1 m de câble et relié au plan de référence.

Les circuits de communication (circuits de données) doivent être reliés à l'EST via les câbles indiqués en référence dans les spécifications ou la norme technique relative à l'application concernée. Ils doivent être placés à 0,1 m au-dessus du plan de référence sur une longueur d'au moins 1 m.

Les paragraphes suivants présentent les spécifications distinctes relatives aux équipements posés sur une table et sur le sol.

7.3.1 Matériel de table

Le matériel de table doit être placé sur une table en bois. En cas d'utilisation d'un plan de référence, l'EST et les câbles doivent en être isolés par un support isolant d'une épaisseur de $0,1 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$.

La Figure 3 présente un exemple de configuration d'essai de matériel de table.

7.3.2 Matériel posé sur le sol

En cas d'utilisation d'un plan de référence, ce dernier doit être placé sur un support isolant d'une épaisseur de $0,1 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$.

La liaison de l'EST au système de mise à la terre doit s'effectuer conformément aux spécifications d'installation du fabricant.

Les baies doivent être reliées à la terre de protection directement au niveau du plan de référence, par une connexion aussi courte que possible branchée sur la borne de terre de l'EST. Aucune autre connexion n'est autorisée.

La Figure 4 présente un exemple de configuration d'essai de matériel posé sur le sol.

7.4 Réseaux de couplage/découplage

Si le réseau de couplage/découplage est une unité séparée du générateur d'essai, ce dernier doit être disposé près du réseau de couplage/découplage et y être connecté par une ligne ne dépassant pas une longueur de 1 m. Lorsqu'un plan de référence est utilisé, les réseaux de couplage/découplage doivent y être connectés par une connexion aussi courte que possible.

Quand un EST n'est pas fourni avec un câble d'alimentation, un câble de 1 m doit être utilisé. Si un câble d'alimentation d'une longueur supérieure à 1 m est fourni avec l'EST, l'excès de longueur de câble doit être enroulé sur une bobine plate de 0,2 m de diamètre située à 0,1 m au-dessus du plan de référence.

EST alimenté par câble fixe moulé

L'EST doit être essayé à l'aide des câbles fournis.

EST alimenté par câble amovible, moulé à chacune de ses extrémités et référencé dans le manuel du fabricant

L'EST doit être essayé avec le câble indiqué. Toutefois, si le fabricant indique plusieurs longueurs de câble pré-moulé, la longueur la plus courte doit être utilisée pour les essais.

7.5 Générateurs

Le générateur d'essai doit être relié au plan de référence, lorsque ce dernier est utilisé, ou à la terre de protection du laboratoire par une connexion aussi courte que possible. Pour les essais d'accès de communication, voir les montages d'essai pertinents aux Figures 7, 8, 11 et 12.

8 Procédure d'essai

La vérification des performances des matériels d'essai doit être effectuée avant l'essai. Cette vérification des performances peut habituellement être limitée à l'existence de l'onde **sinusoïdale oscillatoire** amortie en sortie du réseau de couplage/découplage.

La procédure d'essai comprend:

- la vérification des conditions de référence du laboratoire;
- la vérification préliminaire du bon fonctionnement de l'équipement;
- l'exécution de l'essai;
- l'évaluation des résultats d'essai.

La durée de l'essai ne doit pas être inférieure à 1 min (cette durée a été choisie afin d'accélérer l'essai). Cependant, pour éviter la synchronisation, le temps d'essai peut être

décomposé en six salves de 10 s séparées de 10 s. Dans l'environnement réel, les salves se produiront de manière aléatoire sous forme d'évènements uniques. Il n'est pas voulu que la salve soit synchronisée avec les signaux de l'EST. Les comités de produit peuvent choisir d'autres durées d'essai.

Des informations relatives à la vitesse de répétition maximale sont données en 4.1. D'autres vitesses de répétition ou d'autre limites peuvent être fournies par la norme ou la spécification de produit.

8.1 Conditions de référence du laboratoire

Afin de minimiser l'influence de l'environnement sur les résultats d'essai, l'essai doit être réalisé dans les conditions climatiques et électromagnétiques de référence précisées en 8.1.1 et 8.1.2.

8.1.1 Conditions climatiques

A moins qu'il en soit spécifié autrement 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.

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

8.1.2 Conditions électromagnétiques

L'environnement électromagnétique du laboratoire doit être tel qu'il garantisse le fonctionnement correct de l'EST afin de ne pas influencer les résultats des essais.

8.2 Exécution de l'essai

L'essai doit être effectué à partir d'un programme d'essai, comprenant la vérification des performances de l'EST définies dans la norme du produit, ou à défaut, dans la spécification technique.

L'EST doit se trouver en conditions normales de fonctionnement.

Le programme d'essai doit indiquer:

- la nature de l'essai à effectuer;
- le niveau d'essai;
- le générateur;
- la polarité de la tension d'essai (les deux polarités sont obligatoires);
- la durée de l'essai;
- les accès à essayer sur l'EST;
- le mode d'application de la tension d'essai (phase-terre, entre phases, entre baies);
- la séquence d'application de la tension d'essai sur les accès de l'EST;
- l'angle et la phase de synchronisation pour la tension d'essai du générateur (uniquement pour l'onde sinusoïdale amortie);
- les conditions de fonctionnement représentatives de l'EST;
- le matériel auxiliaire.

L'alimentation électrique, le signal et les autres grandeurs électriques fonctionnelles doivent être appliqués à l'intérieur de leur plage de fonctionnement. Les sources réelles de signaux qui ne seraient pas disponibles peuvent être simulées. Les performances du matériel doivent être vérifiées préalablement sur l'installation d'essai complète, avant l'application de la tension d'essai.

a) *Essai phase-terre (mode commun)*

La tension d'essai doit être appliquée entre chaque circuit et la terre (plan de référence), par l'entremise du réseau de couplage.

Une des sorties du générateur d'essai doit être reliée à la terre (plan de référence). L'autre sortie est connectée par un circuit unique à toutes les bornes d'entrée du réseau de couplage, ces bornes étant interconnectées.

En cas d'essai de circuits présentant plus de deux bornes (groupage, par exemple), la tension d'essai doit être appliquée simultanément entre toutes les bornes du circuit et la terre (plan de référence).

Les figures indiquées ci-après présentent des exemples d'application de ces exigences, en fonction de la nature des accès de l'EST:

Figure 5 – essai en mode commun des accès d'alimentation continue ou alternative monophasée;

Figure 6 – essai en mode commun des accès d'alimentation alternative triphasée;

Figure 7 – essai en mode commun des accès d'entrée/sortie, pour circuit unique;

Figure 8 – essai en mode commun des accès d'entrée/sortie, pour groupe de circuits avec retour commun.

Chacune de ces figures est subdivisée en deux parties: dans la partie a), l'installation d'essai comprend un plan de référence (Figures 5a, 6a, 7a et 8a), dans la partie b), des circuits de terre spécialisés (Figures 5b, 6b, 7b et 8b).

b) *Essai entre phases (mode différentiel)*

La tension d'essai doit être appliquée, à travers le réseau de couplage, entre chacune des combinaisons représentatives des bornes du circuit en essai. Elle ne s'applique qu'à l'essai à l'onde oscillatoire amortie lente.

La sortie du générateur d'essai doit être flottante.

Les figures indiquées ci-après présentent des exemples d'application de ces exigences, en fonction de la nature des accès de l'EST:

Figure 9 – essai en mode différentiel des accès d'alimentation continue ou alternative monophasée;

Figure 10 – essai en mode différentiel des accès d'alimentation alternative, triphasée;

Figure 11 – essai en mode différentiel des accès d'entrée/sortie, pour circuit unique;

Figure 12 – essai en mode différentiel des accès d'entrée/sortie, pour groupe de circuits avec retour commun.

Chacune de ces figures est subdivisée en deux parties: dans la partie a), l'installation d'essai comprend un plan de référence (Figures 9a, 10a, 11a et 12a), dans la partie b), des liaisons de terre spécialisées (Figures 9b, 10b, 11b et 12b).

9 Evaluation des résultats d'essai

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

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

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

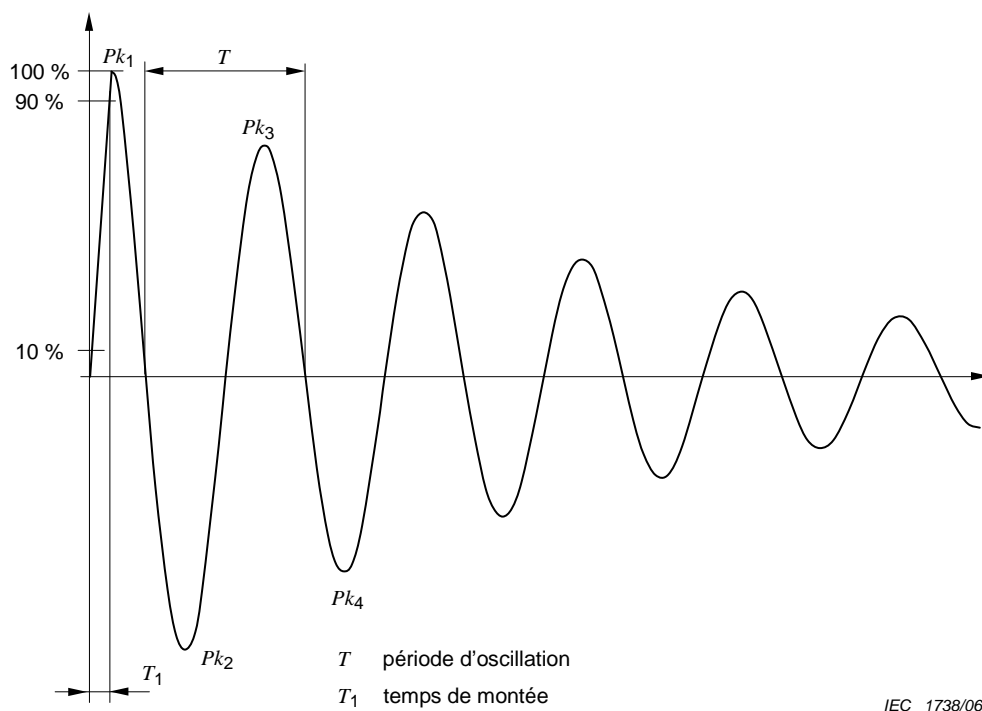
Cette classification peut être utilisée comme un guide pour l'élaboration des critères d'aptitude à la fonction, par les comités responsables pour les normes génériques, de produit ou de famille de produits, ou comme un cadre pour l'accord sur les critères d'aptitude à la fonction entre le constructeur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

10 Rapport d'essai

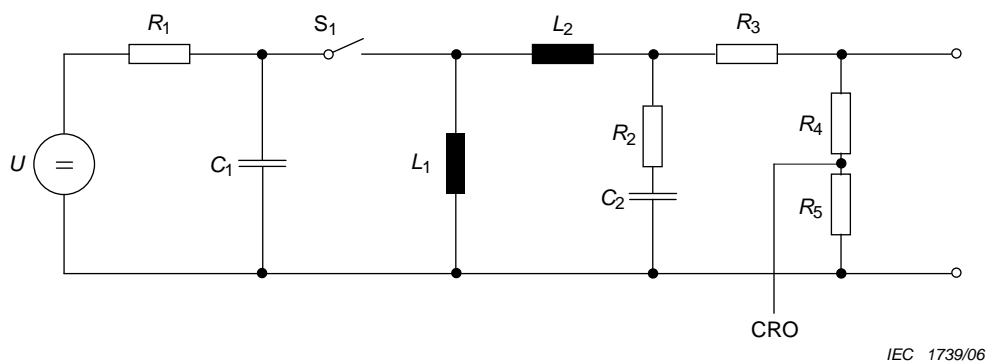
Le rapport d'essai doit contenir toutes les informations nécessaires pour reproduire l'essai. En particulier, ce qui suit doit être noté:

- les points spécifiés dans le plan d'essai requis par la présente norme;
- l'identification de l'EST et de tous les matériels associés, par exemple marque, type, numéro de série;
- l'identification des matériels d'essai, par exemple marque, type, numéro de série;
- toutes les conditions d'environnement spéciales dans lesquelles l'essai a été réalisé, par exemple enceinte blindée;
- toutes les conditions spécifiques nécessaires pour permettre la réalisation de l'essai;
- le niveau de fonctionnement défini par le constructeur, le demandeur de l'essai ou l'acheteur;
- le critère d'aptitude à la fonction spécifié dans la norme générique, de produit ou de famille de produits;
- tous les effets observés sur l'EST pendant ou après l'application de la perturbation, et la durée pendant laquelle ces effets ont persisté;

- la justification de la décision succès/échec (basée sur le critère d'aptitude à la fonction spécifié dans la norme générique, de produit ou de famille de produits, ou dans l'accord entre le constructeur et l'acheteur);
- toutes les conditions spécifiques d'utilisation, par exemple longueur ou type de câble, blindage ou raccordement à la terre, ou les conditions de fonctionnement de l'EST, qui sont requises pour assurer la conformité.



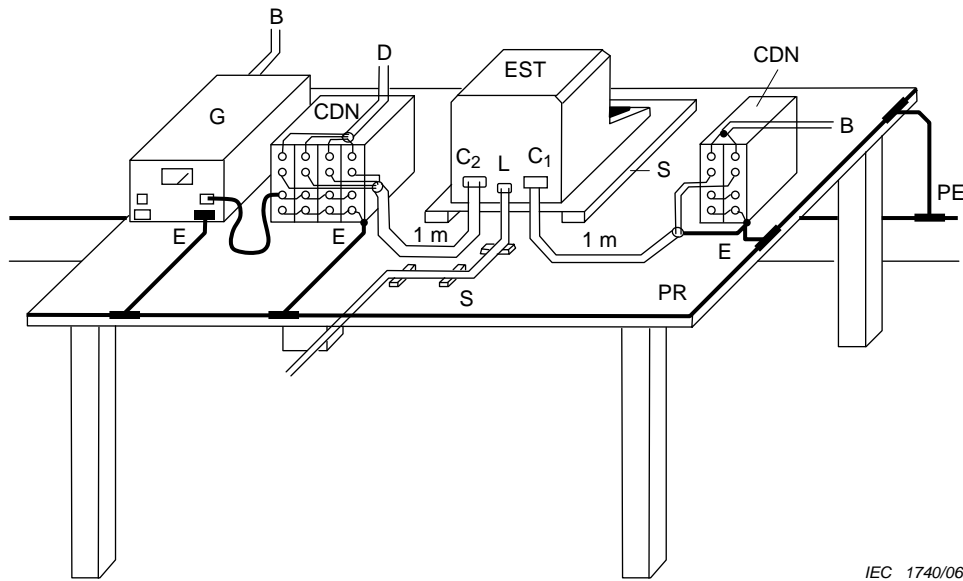
**Figure 1 – Forme d'onde de l'onde sinusoïdale amortie
(tension en circuit ouvert)**



Légende

U	source haute tension	L_2	inductance du filtre
R_1	résistance de charge	R_2	résistance de filtrage
C_1	condensateur d'accumulation d'énergie	C_2	condensateur de filtrage
S_1	interrupteur haute tension	R_3	résistance de source
L_1	bobine de circuit oscillant	R_4, R_5	résistances du diviseur de tension (optionnel)
		CRO	signal de contrôle (optionnel)

**Figure 2 – Exemple de schéma du circuit du générateur d'essai
pour onde oscillatoire amortie**



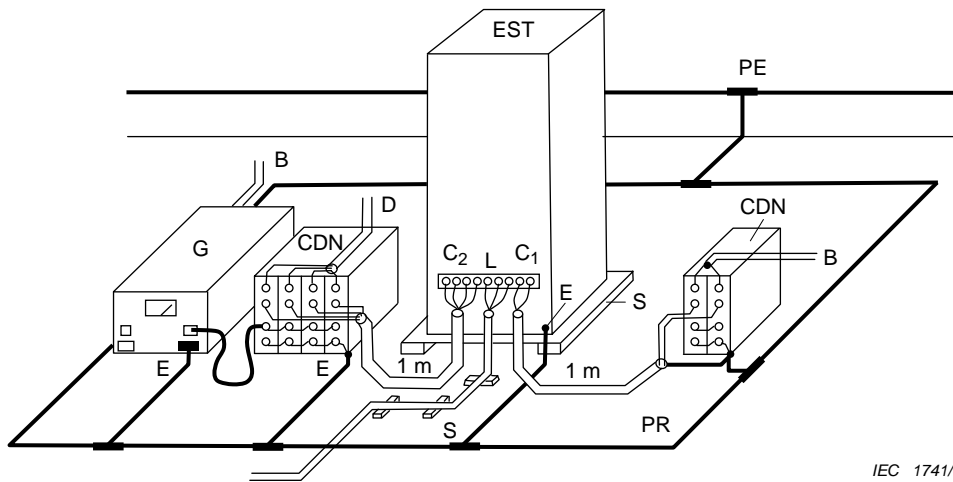
IEC 1740/06

NOTE Les liaisons de terre sont aussi courtes qu'il est pratiquement possible.

Légende

PE	terre de protection	EST	matériel en essai
B	alimentation électrique	G	générateur d'essai
C ₁	bornes d'alimentation	L	accès communication
C ₂	bornes entrée/sortie	PR	plan de référence
D	sources signal/commande	CDN	réseau de couplage/découplage
E	mise à la terre	S	support isolant

Figure 3 – Exemple d'installation d'essai pour matériel de table utilisant le plan de référence



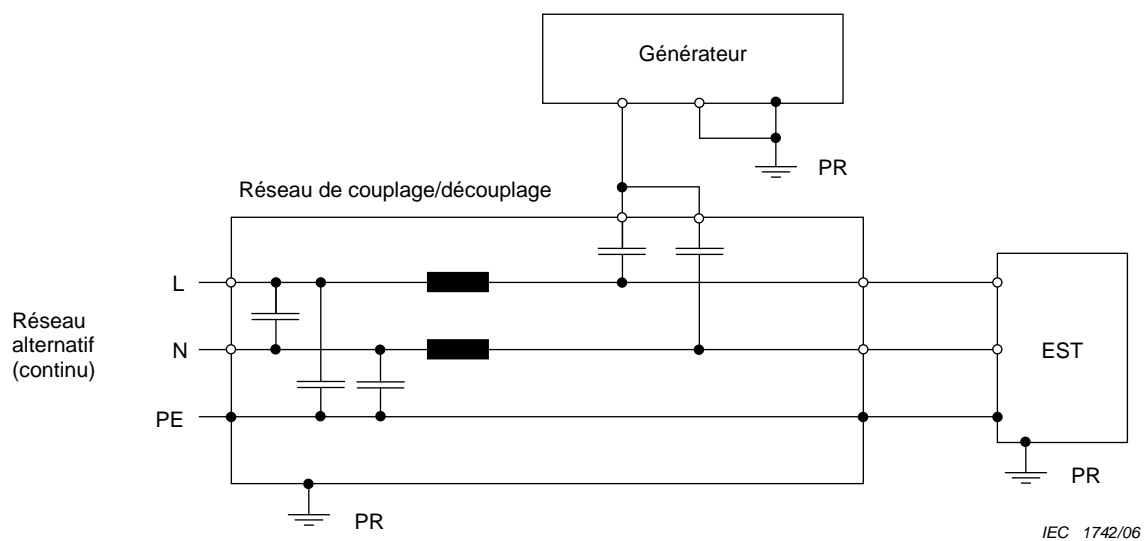
IEC 1741/06

NOTE Les liaisons de terre sont aussi courtes qu'il est pratiquement possible.

Légende

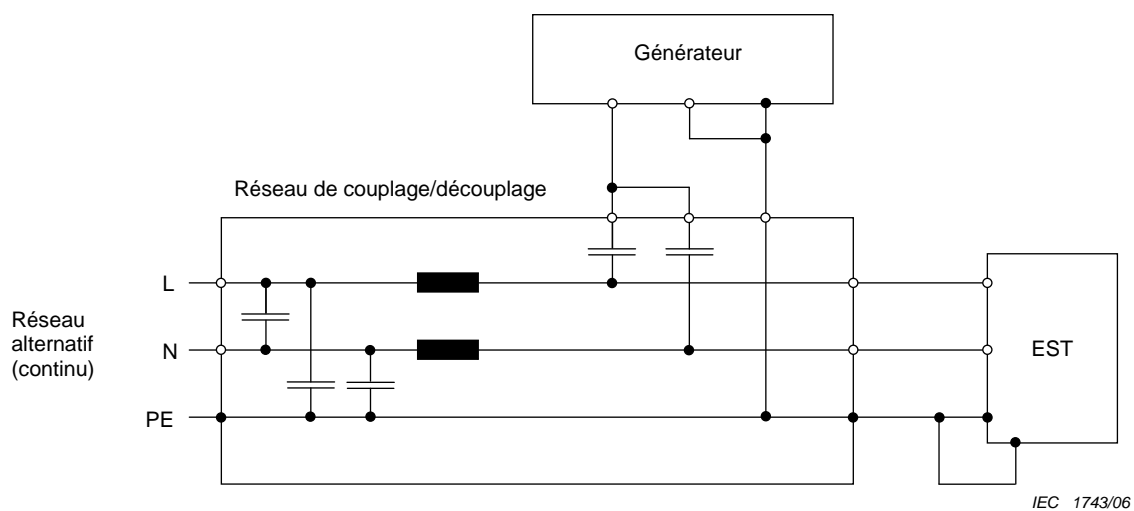
PE	terre de protection	EST	matériel en essai
B	alimentation électrique	G	générateur d'essai
C ₁	bornes d'alimentation	L	accès communication
C ₂	bornes entrée/sortie	PR	plan de référence
D	sources signal/commande	CDN	réseau de couplage/découplage
E	mise à la terre	S	support isolant

Figure 4 – Exemple d'installation d'essai pour matériel posé sur le sol utilisant le plan de référence



Inductance maximale de la section découplage du RCD: 1,5 mH

Figure 5a – Installation d'essai avec plan de référence

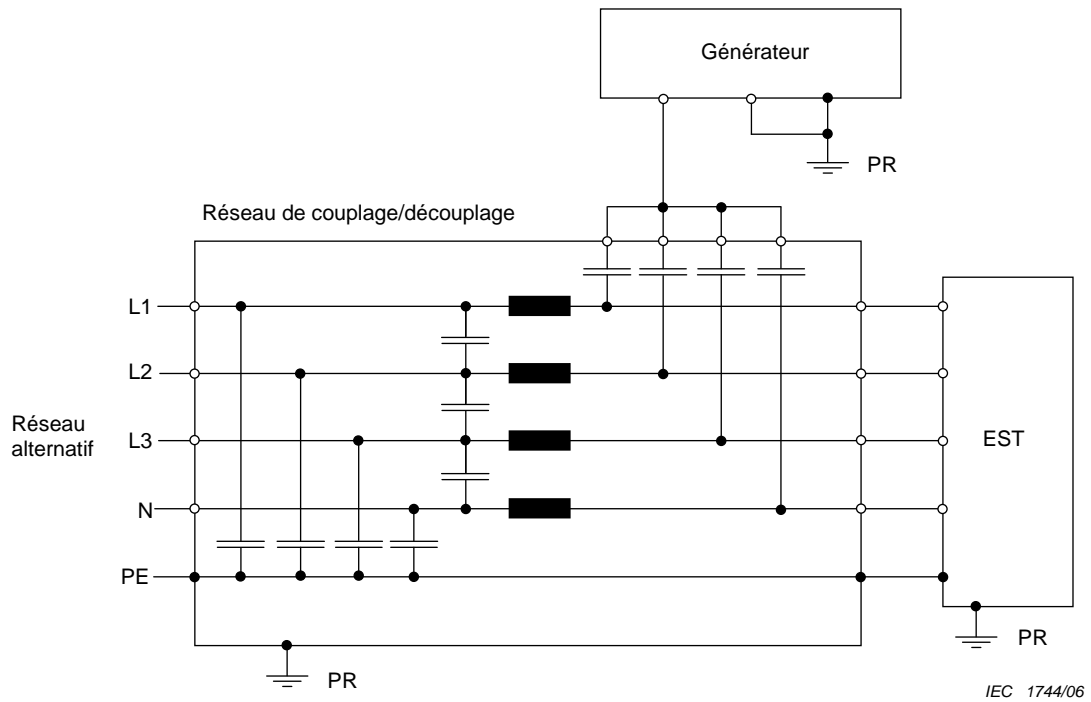


Inductance maximale de la section découplage du RCD: 1,5 mH

Figure 5b – Installation d'essai avec connexions de terre spécifiques

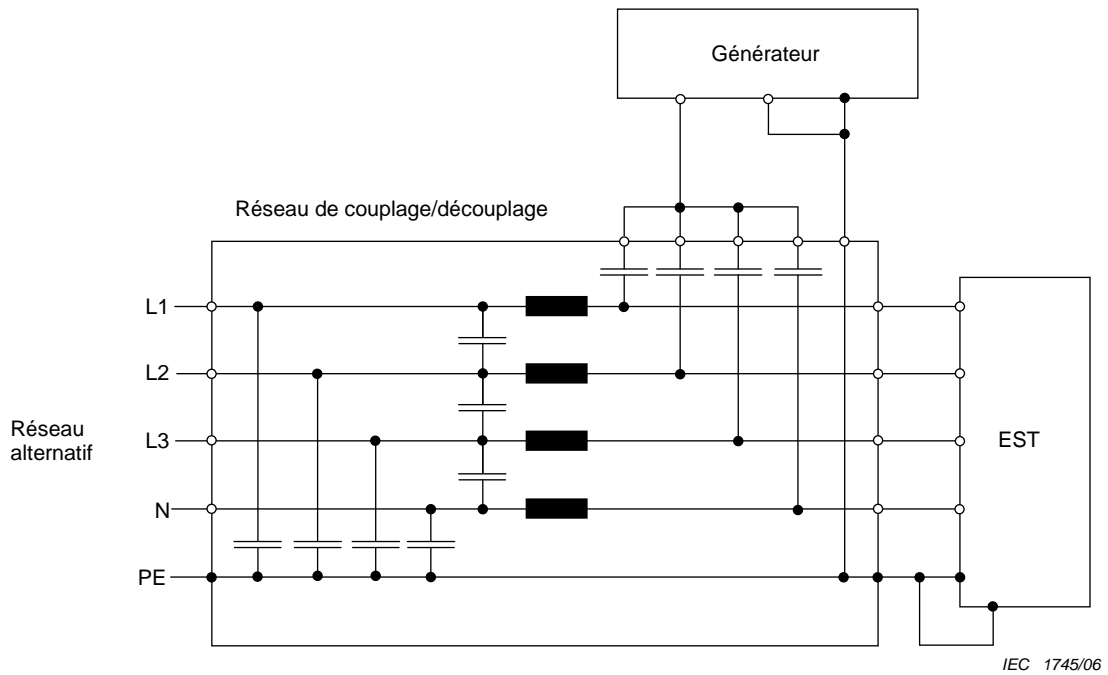
NOTE Pour l'essai à l'onde oscillatoire amortie rapide, la sortie du générateur et l'entrée du coupleur sont coaxiales.

Figure 5 – Essai en mode commun des accès d'alimentation continue ou alternative monophasée



Inductance maximale de la section découplage du RCD: 1,5 mH

Figure 6a – Installation d’essai avec plan de référence

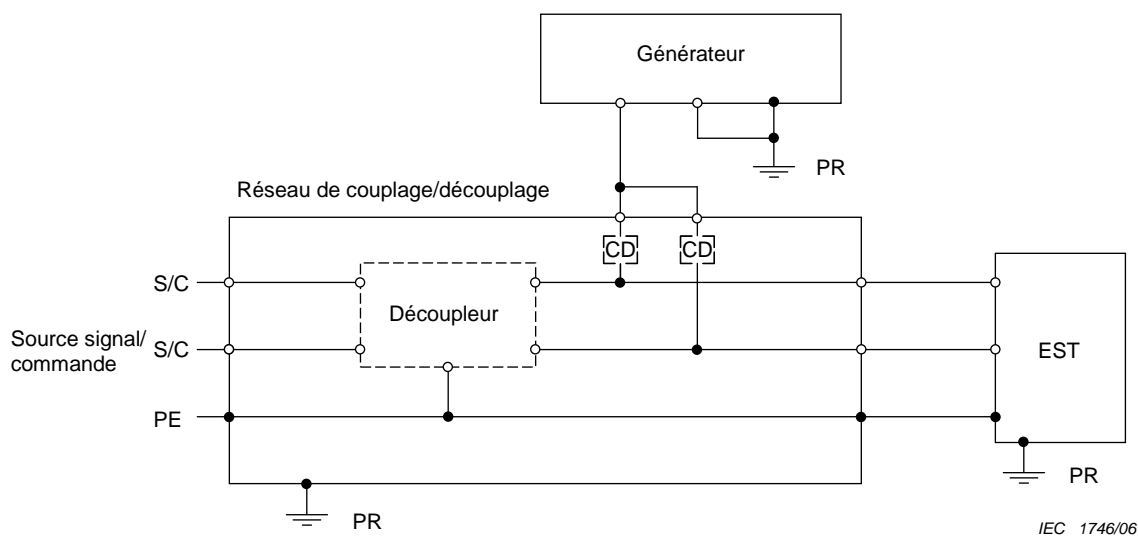


Inductance maximale de la section découplage du RCD: 1,5 mH

Figure 6b – Installation d’essai avec connexions de terre spécifiques

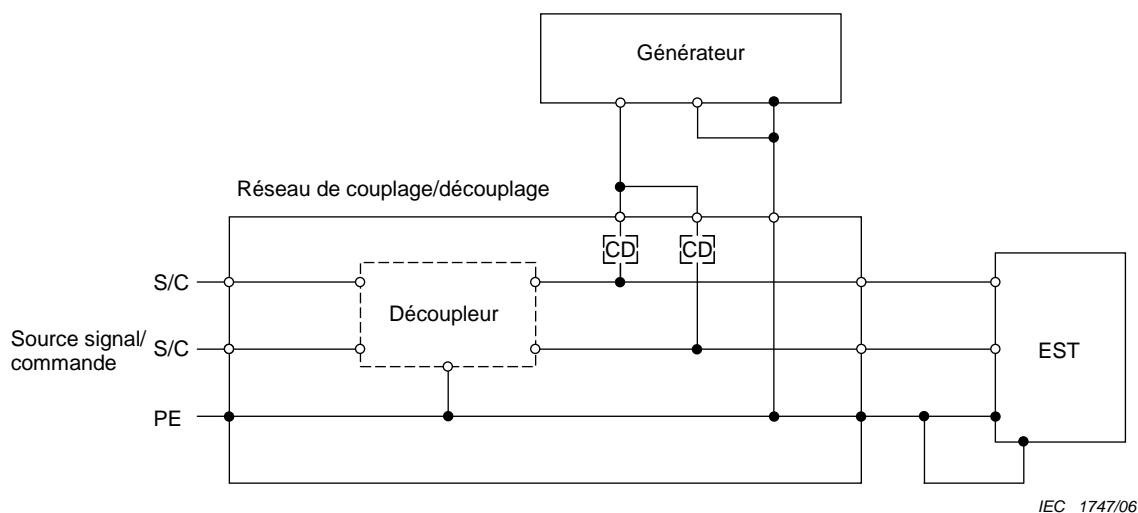
NOTE Pour l’essai à l’onde oscillatoire amortie rapide, la sortie du générateur et l’entrée du coupleur sont coaxiales.

Figure 6 – Essai en mode commun des accès d’alimentation alternative triphasée



CD: Dispositifs de couplage.

Figure 7a – Installation d'essai avec plan de référence



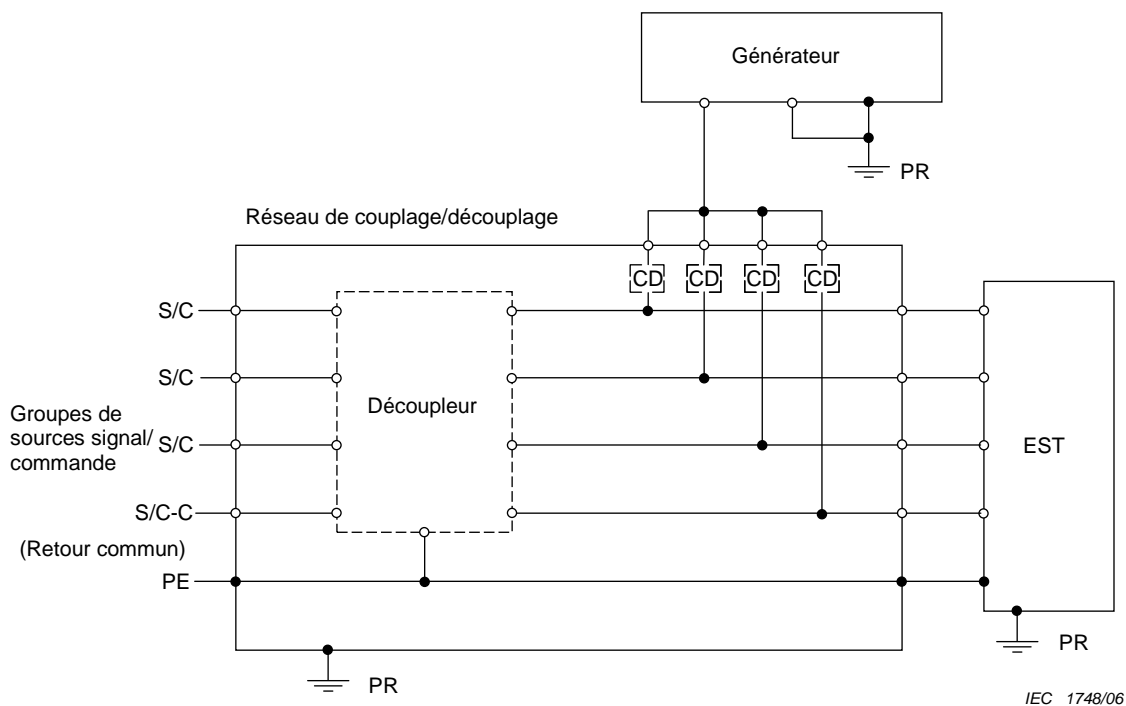
CD: Dispositifs de couplage.

Figure 7b – Installation d'essai avec connexions de terre spécifiques

Pour certaines applications, les capacités de couplage de 0,5 μF ou 33 nF doivent être remplacées par d'autres types de CD tels que varistances ou circuits de clamping. La section de découplage du RCD est composée d'inductances de >1,5 mH (pour l'essai à l'onde oscillatoire amortie lente) ou >100 μH (pour l'essai à l'onde oscillatoire amortie rapide).

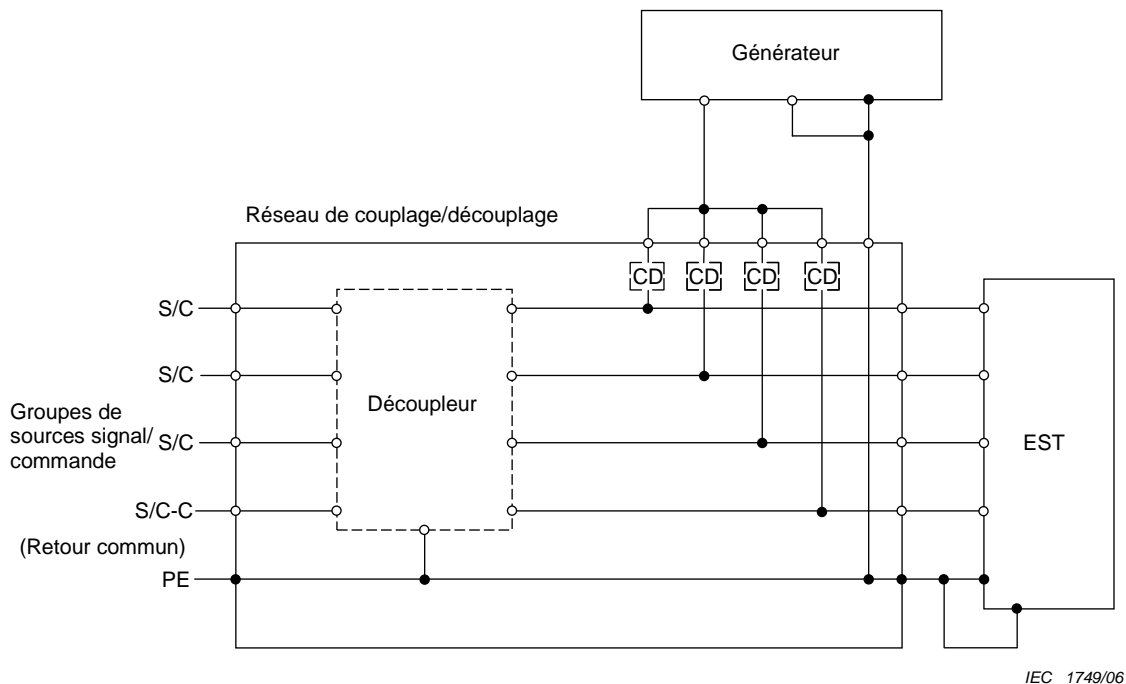
NOTE Pour l'essai à l'onde oscillatoire amortie rapide, la sortie du générateur et l'entrée du coupleur sont coaxiales.

Figure 7 – Essai en mode commun des accès pour circuit unique



CD: Dispositifs de couplage.

Figure 8a – Installation d’essai avec plan de référence



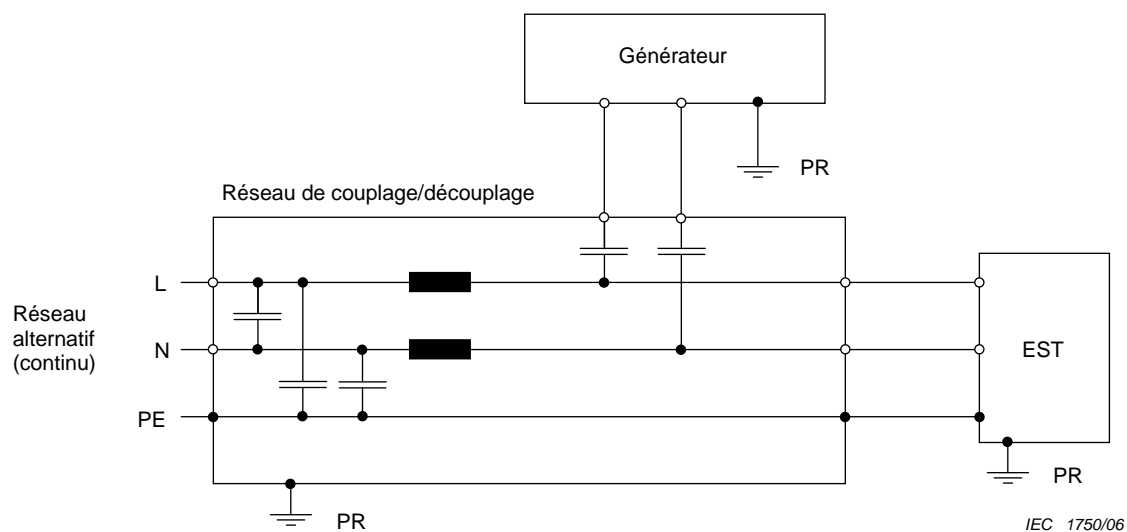
CD: Dispositifs de couplage.

Figure 8b – Installation d’essai avec connexions de terre spécifiques

Pour certaines applications, les capacités de couplage de 0,5 μF ou 33 nF doivent être remplacées par d’autres types de CD tels que varistances ou circuits de clamping. La section de découplage du RCD est composée d’inductances de $>1,5$ mH (pour l’essai à l’onde oscillatoire amortie lente) ou >100 μH (pour l’essai à l’onde oscillatoire amortie rapide).

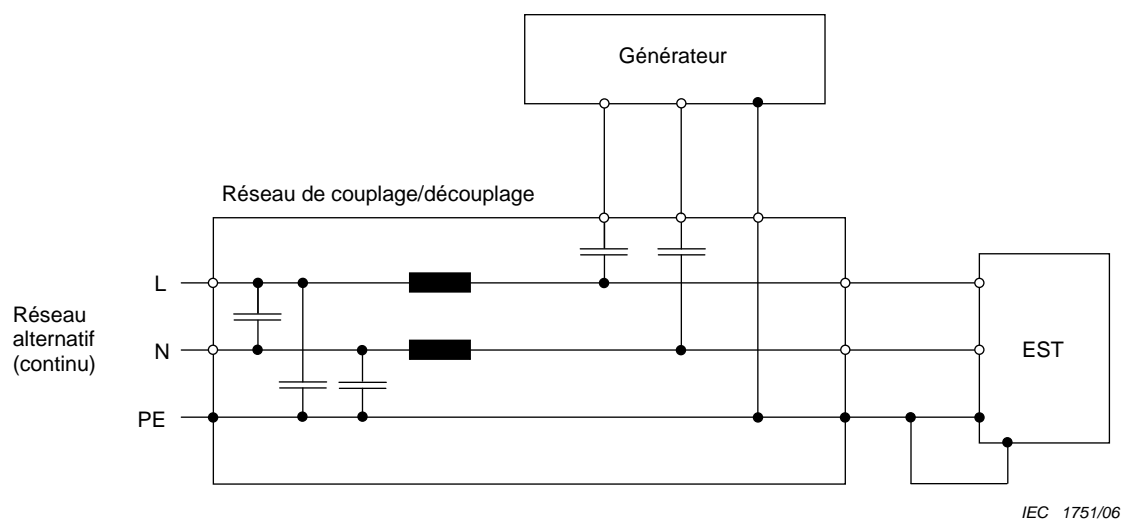
NOTE Pour l’essai à l’onde oscillatoire amortie rapide, la sortie du générateur et l’entrée du coupleur sont coaxiales.

Figure 8 – Essai en mode commun des accès pour groupe de circuits avec retour commun



Inductance maximale de la section découplage du RCD: 1,5 mH

Figure 9a – Installation d’essai avec plan de référence



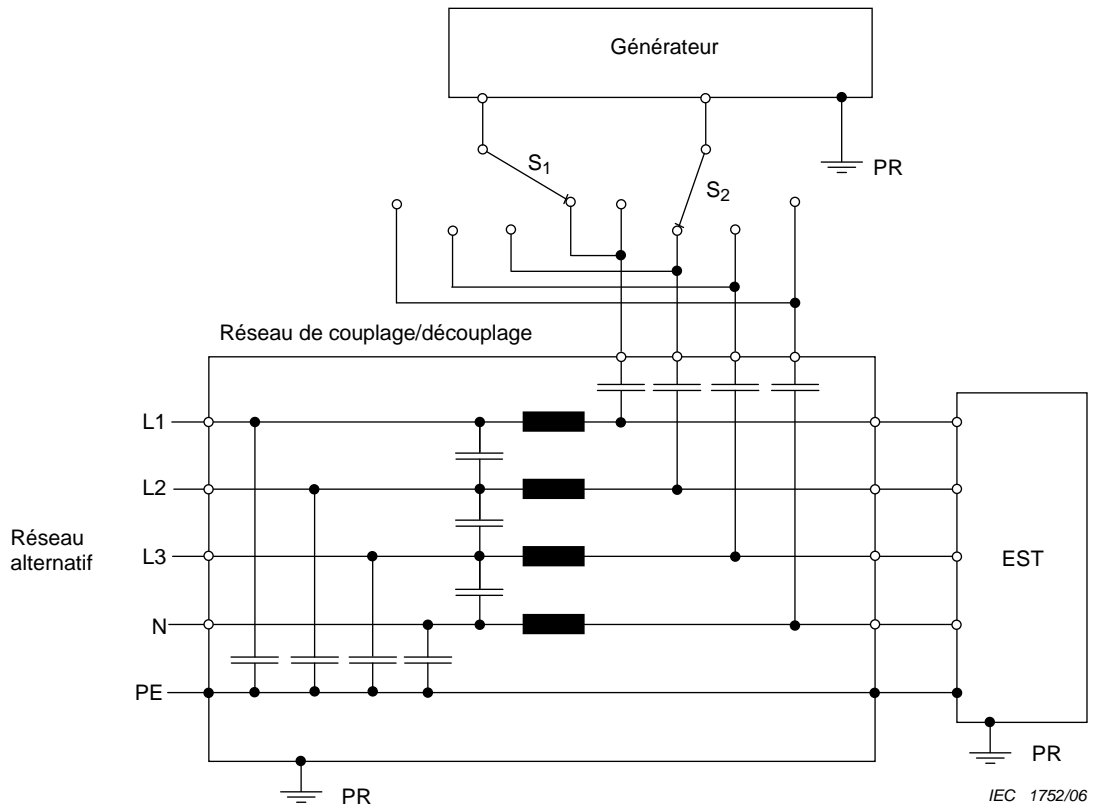
Inductance maximale de la section découplage du RCD: 1,5 mH

Figure 9b – Installation d’essai avec connexions de terre spécifiques

NOTE 1 Dans la section de couplage, un seul condensateur au lieu de deux peut être utilisé.

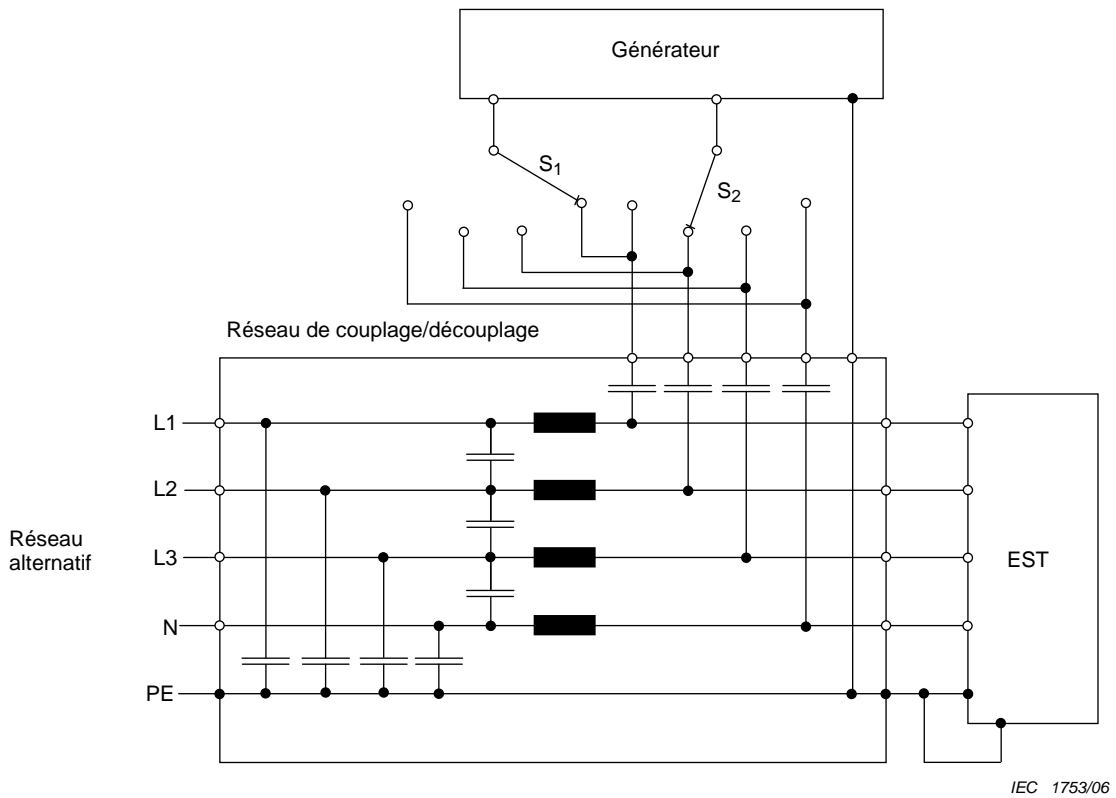
NOTE 2 Pour l’essai à l’onde oscillatoire amortie rapide, la sortie du générateur et l’entrée du coupleur sont coaxiales.

Figure 9 – Essai en mode différentiel des accès d’alimentation continue ou alternative monophasée



Inductance maximale de la section découplage du RCD: 1,5 mH

Figure 10a – Installation d’essai avec plan de référence

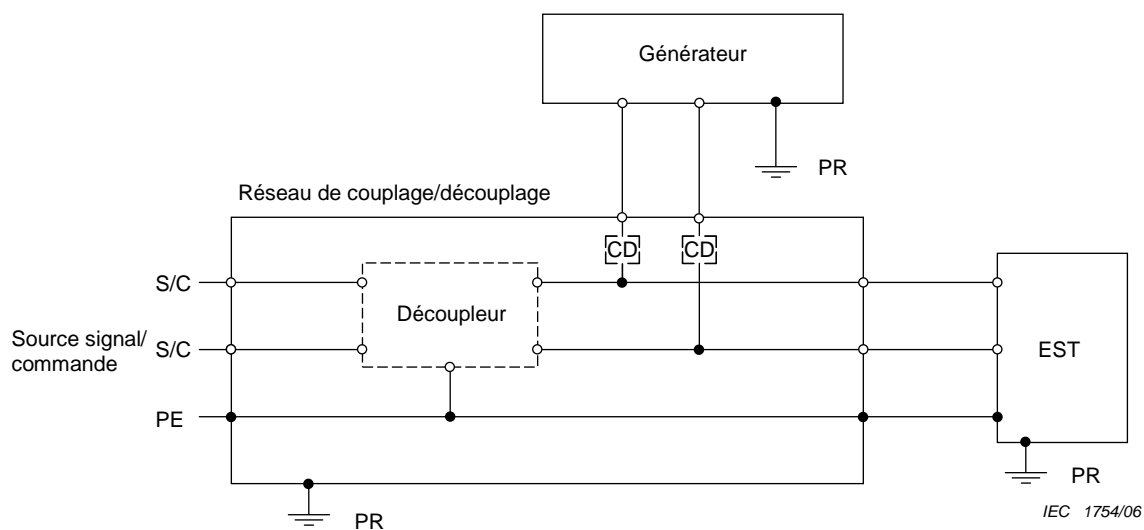


Inductance maximale de la section découplage du RCD: 1,5 mH

Figure 10b – Installation d’essai avec connexions de terre spécifiques

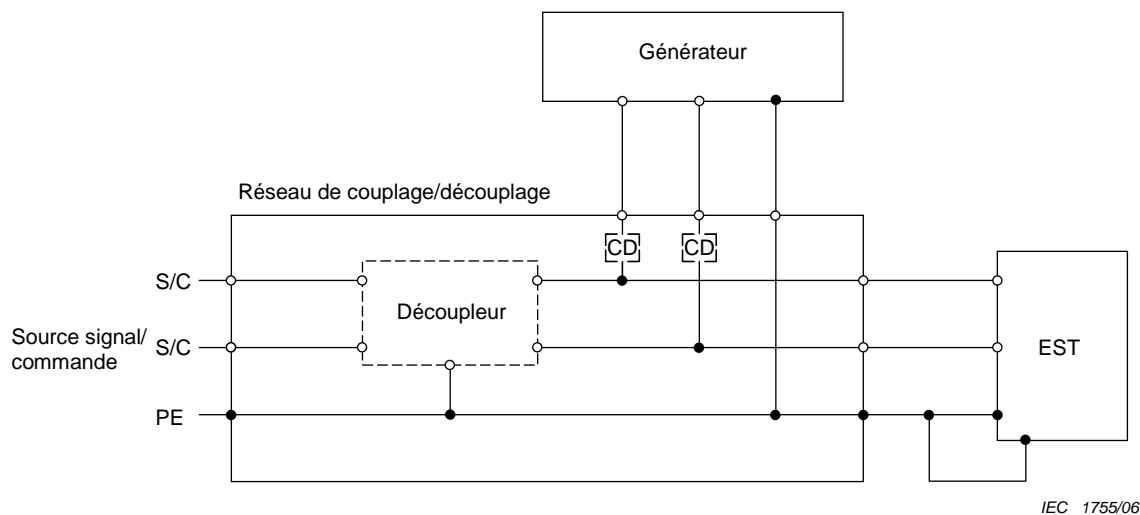
NOTE Pour l’essai à l’onde oscillatoire amortie rapide, la sortie du générateur et l’entrée du coupleur sont coaxiales.

Figure 10 – Essai en mode différentiel des accès d’alimentation alternative triphasée



CD: Dispositifs de couplage.

Figure 11a – Installation d'essai avec plan de référence



CD: Dispositifs de couplage.

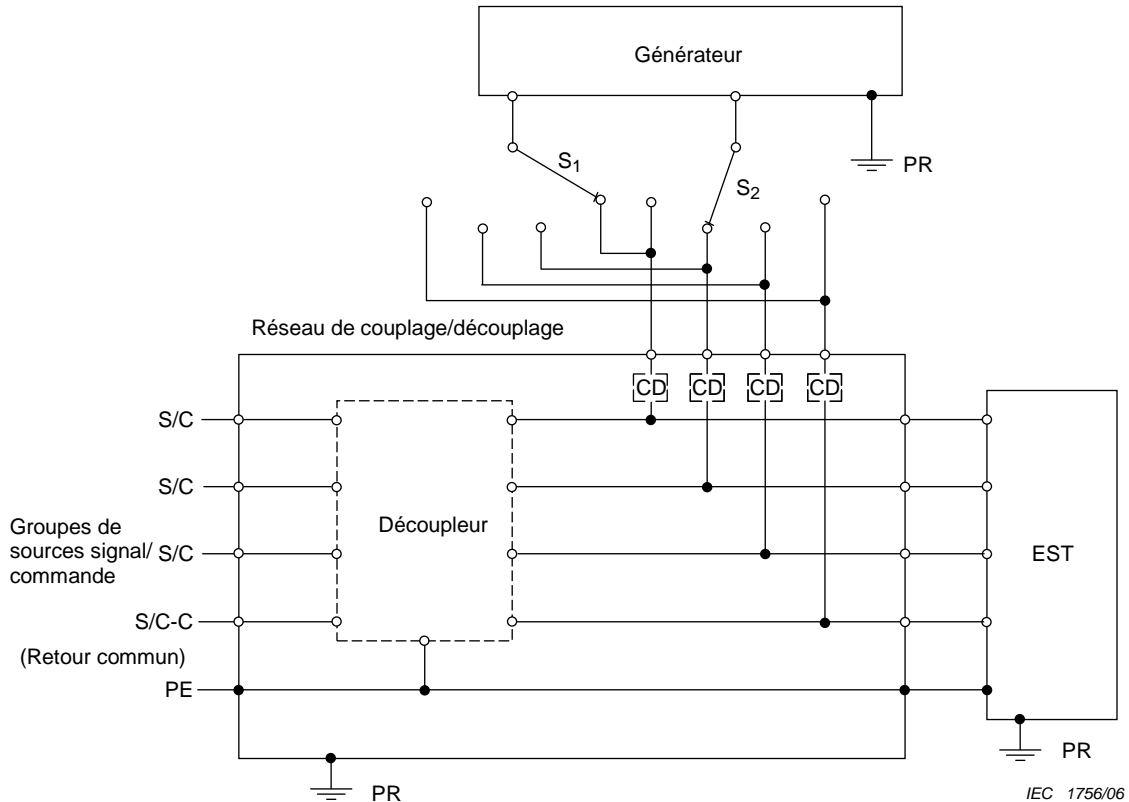
Figure 11b – Installation d'essai avec connexions de terre spécifiques

Pour certaines applications, les capacités de couplage de 0,5 μF ou 33 nF doivent être remplacées par d'autres types de CD tels que varistances ou circuits de clamping. La section de découplage du RCD est composée d'inductances de > 1,5 mH (pour l'essai à l'onde oscillatoire amortie lente) ou > 100 μH (pour l'essai à l'onde oscillatoire amortie rapide).

NOTE 1 Dans la section de couplage, un seul condensateur au lieu de deux peut être utilisé.

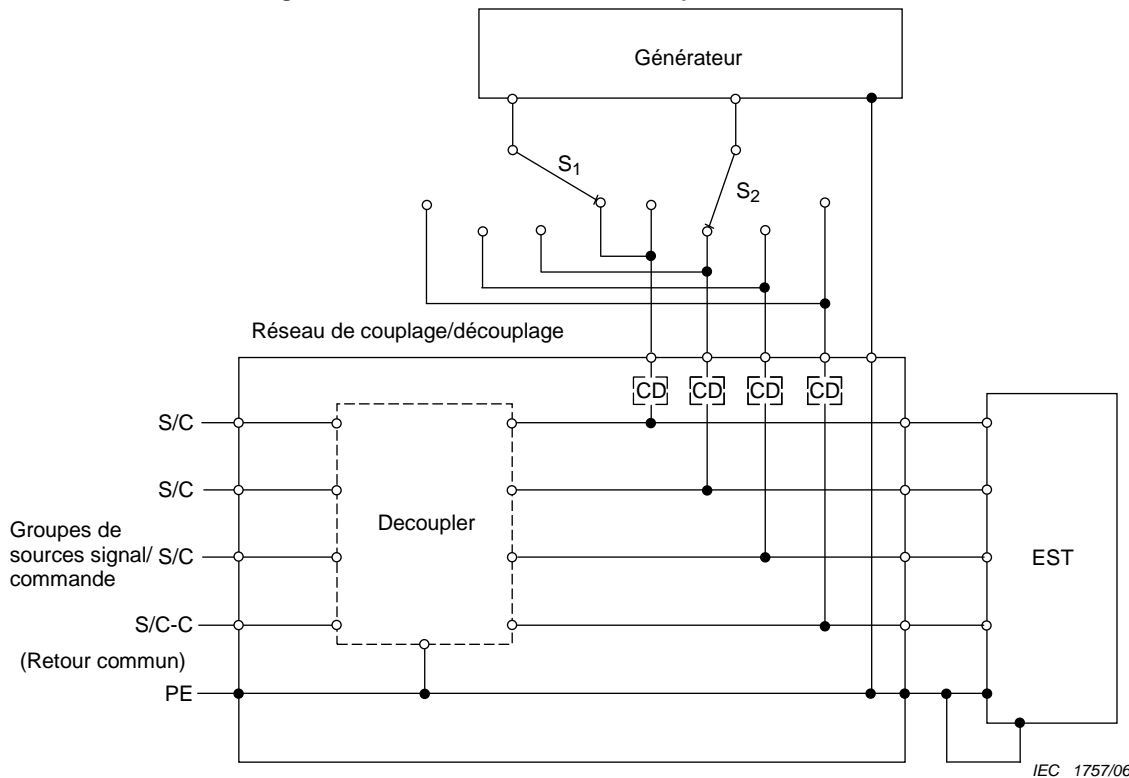
NOTE 2 Pour l'essai à l'onde oscillatoire amortie rapide, la sortie du générateur et l'entrée du coupleur sont coaxiales.

Figure 11 – Essai en mode différentiel des accès pour circuit unique



CD: Dispositifs de couplage.

Figure 12a – Installation d’essai avec plan de référence



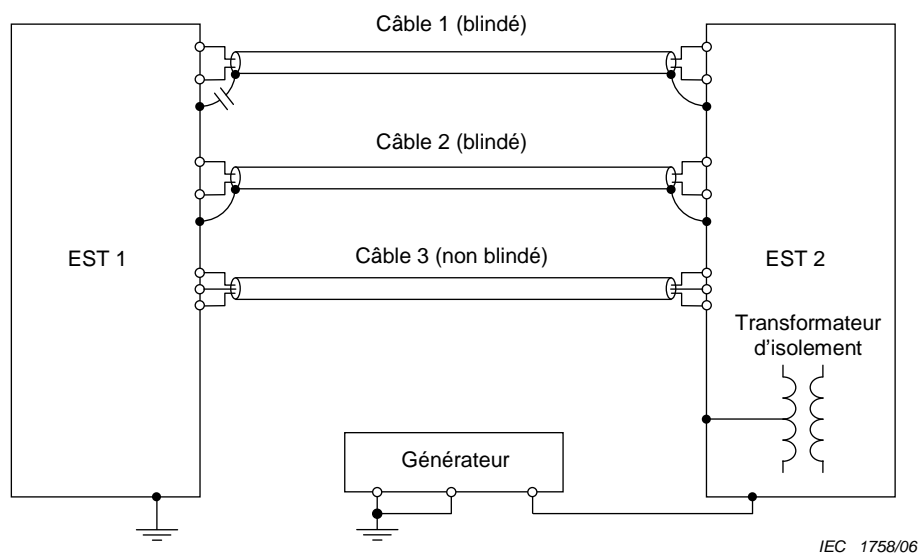
CD: Dispositifs de couplage.

Figure 12b – Installation d’essai avec connexions de terre spécifiques

Pour certaines applications, les capacités de couplage de 0,5 μF ou 33 nF doivent être remplacées par d’autres types de CD tels que varistances ou circuits de clampage. La section de découplage du RCD est composée d’inductances de >1,5 mH (pour l’essai à l’onde oscillatoire amortie lente) ou >100 μH (pour l’essai à l’onde oscillatoire amortie rapide).

NOTE Pour l’essai à l’onde oscillatoire amortie rapide, la sortie du générateur et l’entrée du coupleur sont coaxiales.

Figure 12 – Essai en mode différentiel des accès pour groupe de circuits avec retour commun



**Figure 13 – Essai des accès communication pour signaux rapides
(sortie générateur à la terre)**

Annexe A (informative)

Information relative aux niveaux d'essai pour l'onde oscillatoire amortie

En se fondant sur les pratiques d'installation habituelles, qui prévoient d'utiliser des câbles dont le blindage est relié au réseau de terre aux deux extrémités, les niveaux d'essai recommandés pour l'essai à l'onde oscillatoire amortie des accès des matériels sont les suivants:

Niveau 1: Accès reliés à des câbles occupant un espace limité de la salle de commande.

Niveau 2: Accès reliés aux câbles des matériels implantés dans la salle de commande et le bâtiment de relaying. Le matériel considéré est installé dans la salle de commande et le bâtiment de relaying.

Niveau 3: Accès reliés aux câbles de l'équipement implanté dans le bâtiment de relaying. Les équipements concernés sont ceux installés dans le bâtiment de relaying. La tension admise par convention au niveau 3 pour ces équipements est de 2,5 kV.

Niveau 4: Les ondes oscillatoires amorties lentes ne sont pas applicables aux matériels utilisés dans les environnements électriques, particulièrement les postes à haute tension, alors que les ondes oscillatoires amorties rapides le sont. A chaque fois que ce niveau semble être nécessaire, il convient d'adopter des méthodes d'atténuation appropriées.

Niveau x: Situations particulières à envisager individuellement.

Il est recommandé de sélectionner les niveaux d'essai en conformité avec les conditions d'installation et d'environnement les plus réalistes.

Pour les applications IEM-HA, la norme générique IEM-HA CEI 61000-6-6 décrit les conditions spécifiques d'application des niveaux 1 à 4 ainsi que du niveau x.

Bibliographie

- [1] C. Imposimato, J. Hoeffelman, A. Eriksson, W.H. Siew, P. H. Pretorius, P. S. Wong, “*EMI Characterization of HVAC Substations – Updated data and Influence on Immunity Assessment*,” CIGRE Paper 36-108, Paris, 2002.
 - [2] CEI 60816: *Guide sur les méthodes de mesure des transitoires de courte durée sur les lignes de puissance et de contrôle basse tension*
 - [3] CEI 60694: *Spécifications communes aux normes de l'appareillage à haute tension*
 - [4] CEI 61000-2-9: *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2: Environnement – Section 9: Description de l'environnement IEMN-HA – Perturbations radiantes*
 - [5] CEI 61000-2-10: *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-10: Environnement – Description de l'environnement IEMN-HA – Perturbations conduites*
 - [6] CEI 60068-1: *Essais d'environnement – Première partie: Généralités et guide*
 - [7] CEI 61000-4-25: *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-25: Techniques d'essai et de mesure – Méthodes d'essai d'immunité à l'IEMN-HA des appareils et des systèmes*
 - [8] CEI 61010-1: *Règles de sécurité pour appareils électriques de mesurage, de régulation et de laboratoire – Partie 1: Prescriptions générales*
 - [9] CEI Guide 107: *Compatibilité électromagnétique – Guide pour la rédaction des publications sur la compatibilité électromagnétique*
-

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

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

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