

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

BASIC EMC PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

**Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 4-16: Testing and measurement techniques – Test for immunity to
conducted, common mode disturbances in the frequency range 0 Hz to 150 kHz**

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



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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

BASIC EMC PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

**Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 4-16: Testing and measurement techniques – Test for immunity to
conducted, common mode disturbances in the frequency range 0 Hz to 150 kHz**

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

CK

ICS 33.100.20

ISBN 978-2-88912-418-3

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references.....	7
3 General	7
4 Definitions	8
5 Test levels.....	8
5.1 Test levels at mains frequency.....	9
5.2 Test levels in the frequency range 15 Hz-150 kHz.....	9
6 Test equipment.....	10
6.1 Test generators	10
6.2 Verification of the characteristics of the test generators.....	11
6.3 Coupling/decoupling networks.....	12
7 Test set-up	13
7.1 Earthing connections	13
7.2 Equipment under test.....	13
7.3 Test generators	14
7.4 Decoupling/isolation devices.....	14
8 Test procedure	14
8.1 Laboratory reference conditions.....	14
8.2 Execution of the test.....	14
9 Evaluation of test results.....	16
10 Test report.....	16
Annex A (informative) Sources of disturbances and coupling mechanisms	21
Annex B (informative) Selection of test levels	23
Annex C (informative) Bibliography.....	25
Figure 1 – Example of equipment ports and configuration	17
Figure 2 – Profile of the test voltage	18
Figure 3 – Schematic in principle of the generator for d.c. voltage tests	18
Figure 4 – Schematic in principle of the generator for tests at mains frequency	18
Figure 5 – Schematic circuit of the coupling T network for communication ports and other ports intended for connection to highly balanced pairs.....	19
Figure 6 – Schematic circuit for type tests	20

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4-16: Testing and measurement techniques – Test for immunity to conducted, common mode disturbances in the frequency range 0 Hz to 150 kHz

FOREWORD

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

International Standard IEC 61000-4-16 has been prepared by subcommittee 77A: Low-frequency phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

It forms part 4-16 of IEC 61000. It has the status of a basic EMC publication in accordance with IEC Guide 107.

This consolidated version of IEC 61000-4-16 consists of the first edition (1998) [documents 77A/201/FDIS and 77A/221/RVD], its amendment 1 (2001) [documents 77B/291+293/FDIS and 77B/298+300/RVD] and its amendment 2 (2009) [documents 77A/691/FDIS and 77A/698/RVD].

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendments and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 1.2.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendments 1 and 2.

Annexes A, B and C are for information only.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-16:1998+AMD1:2001+AMD2:2009 CSV

Withdrawn

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

Measurement techniques

Testing techniques

Part 5: Installation and mitigation guidelines

Installation guidelines

Mitigation methods and devices

Part 6: Generic standards

Part 9: Miscellaneous

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

This part is an international standard which gives immunity requirements and test procedures related to conducted, common mode disturbances in the range d.c. to 150 kHz.

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4-16: Testing and measurement techniques – Test for immunity to conducted, common mode disturbances in the frequency range 0 Hz to 150 kHz

1 Scope

This part of IEC 61000 relates to the immunity requirements and test methods for electrical and electronic equipment to conducted, common mode disturbances in the range d.c. to 150 kHz.

The object of this standard is to establish a common and reproducible basis for testing electrical and electronic equipment with the application of common mode disturbances to power supply, control, signal and communication ports.

This standard defines

- test voltage and current waveform;
- range of test levels;
- test equipment;
- test set-up;
- test procedures.

For some types of ports, for example ports intended to be used with highly balanced lines, additional test provisions may be established by product committee specifications.

The test is intended to demonstrate the immunity of electrical and electronic equipment when subjected to conducted, common mode disturbances such as those originating from power line currents and return leakage currents in the earthing/grounding system.

The disturbances produced by 400 Hz mains systems are not included in the scope of this standard.

Actual interference due to these disturbance phenomena is relatively rare, except in industrial plants. Product Committees should therefore consider whether there is a justification for applying this standard in their Product/Product Family standards (see also clause 3).

This test is not relevant for equipment ports intended to be connected to short cables, having a length less than 20 m or less.

The immunity to harmonics and interharmonics, including mains signalling, on a.c. power ports (in differential mode) is not included in the scope of this standard and is covered by IEC 61000-4-13.

The immunity to conducted disturbances generated by intentional radio-frequency transmitters is not included in the scope of this standard and is covered by IEC 61000-4-6.

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 – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

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

3 General

The conducted, common mode disturbances in the frequency range d.c. to 150 kHz may influence the reliable operation of equipment and systems installed in residential areas, industrial areas and electrical plants.

Only those parts of an EUT which are likely to be subjected to the disturbances dealt with by this standard shall be considered for the application of its requirements.

The disturbances are typically generated by

- the power distribution system, with its fundamental frequency, significant harmonics and interharmonics;
- power electronic equipment (e.g. power converters), which may inject disturbances into the ground conductors and earthing system (through stray capacitance or filters), or generate disturbances in signal and control lines by induction.

At the mains frequency, and harmonics of the mains frequency, the disturbances are usually generated by the power distribution system (fault and leakage currents in the ground and earthing systems).

At frequencies above the range of harmonics of the mains frequency (up to 150 kHz) the disturbances are usually generated by power electronic equipment, which is often found in industrial and electrical plants.

The coupling of the source of disturbances with the power supply, signal, control and communication cables, transfer these disturbances to the ports of the equipment under test.

Because the coupling mechanisms defined above cannot be completely eliminated, it is necessary for equipment to have adequate immunity to the disturbances.

Depending on the type of installation, the disturbances may be classified as follows:

- a) voltage/current at power frequency: d.c., 16^{2/3} Hz, 50 Hz and 60 Hz;
- b) voltage/current in the frequency range 15 Hz-150 kHz (including the harmonics of the mains frequency).

This standard defines the test procedures for both the categories of disturbance defined above. The applicability of the tests should be defined in the product standard.

Annex A contains more information on the phenomena.

4 Definitions

For the purpose of this part of IEC 61000, the following definitions are used and apply to the restricted field of conducted, common mode disturbances in the range d.c. to 150 kHz (not all of these definitions are included in IEC 60050-161).

4.1

EUT

equipment under test

4.2

auxiliary equipment (AE)

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

4.3

port

particular interface of the specified equipment with the external electromagnetic environment (see figure 1)

4.4

coupling

interaction between circuits, transferring energy from one circuit to another

4.5

coupling network

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

4.6

decoupling network

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

4.7

immunity (to a disturbance)

ability of a device, equipment or system to perform without degradation in the presence of an electromagnetic disturbance [IEV 161-01-20]

5 Test levels

The preferred range of test levels, applicable to equipment ports as a function of the different types and sources of disturbances, is given in 5.1 and 5.2.

The levels are given for the tests at the mains frequency (d.c., 16^{2/3} Hz, 50 Hz and 60 Hz) and in the frequency range 15 Hz-150 kHz.

The applicability of each test shall be defined in the product standard.

The test voltage shall be applied in common mode to power supply, control, signal and communication ports (the differential mode voltage is dependent on the circuit unbalance).

A guide for the selection of the test levels is given in annex B.

5.1 Test levels at mains frequency

Tables 1 and 2 define the preferred test levels.

The levels apply to test voltage at d.c. and at the mains frequencies of 16^{2/3} Hz, 50 Hz and 60 Hz.

Table 1 – Levels for continuous disturbance

Level	Open circuit test voltage V (r.m.s.)
1	1
2	3
3	10
4	30
x	Special
NOTE x is an open level. This level may be defined in the product standard.	

Table 2 – Levels for short duration disturbance

Level	Open circuit test voltage V (r.m.s.)
1	10
2	30
3	100
4	300
x	Special
NOTE x is an open level. This level may be defined in the product standard.	

For short duration disturbances, the normal duration for each applied disturbance is 1 s; however, product standards may specify different durations for specific applications.

The test shall be carried out at one or more of the following frequencies: d.c., 16^{2/3} Hz, 50 Hz or 60 Hz, according to the relevant mains frequency in the equipment location (see annex A); the test at 16^{2/3} Hz is therefore only applicable where the equipment is intended to be used in the proximity of railway systems at this frequency.

The test level shall not exceed the test voltage defined in the product standard.

Information on the proposed test levels is given in annex B.

5.2 Test levels in the frequency range 15 Hz-150 kHz

Table 3 defines the preferred test levels.

Table 3 – Test levels in the frequency range 15 Hz-150 kHz

Level	Profile of the test voltage (open circuit) V (r.m.s.)			
	15 Hz-150 Hz	150 Hz-1,5 kHz	1,5 kHz-15 kHz	15 kHz-150 kHz
1	1 – 0,1	0,1	0,1 – 1	1
2	3 – 0,3	0,3	0,3 – 3	3
3	10 – 1	1	1 – 10	10
4	30 – 3	3	3 – 30	30
x	x	x	x	x
NOTE x is an open level. This level can be given in the product specification.				

The profile of the test voltage in relation to frequency (see annex B for information) is as follows:

- starting from the frequency 15 Hz, the level decreases up to 150 Hz at 20 dB/decade;
- the level is constant from 150 Hz to 1,5 kHz;
- the level increases from 1,5 kHz to 15 kHz at 20 dB/decade;
- the level is constant from 15 kHz to 150 kHz.

The profile of the test voltage is represented in figure 2.

No test level is defined below 15 Hz, excluding d.c., as tests in this frequency range are not considered to be relevant.

6 Test equipment

6.1 Test generators

The features of the test generators for each specific test are given in 6.1.1, 6.1.2 and 6.1.3.

The generators shall have provisions to prevent the emission of disturbances which, if injected in the power supply network, may influence the test results.

Information on the impedance of the test generators is given in annex A.

6.1.1 Characteristics and performance of the generator for d.c. tests

The test generator typically consists of a d.c. power supply unit with variable output voltage and a time controlled switch for the short duration test.

Generator for continuous disturbance

- waveform: direct current, ripple less than 5 %;
- open circuit output voltage range (r.m.s.): 1 V, with a relative tolerance of – 10 % to 30 V, with a relative tolerance of + 10 %;
- impedance: 50 Ω , with a relative tolerance of $\pm$ 10 %.

Generator for short duration disturbance

- waveform: direct current, ripple less than 5 %;
- open circuit output voltage range: 10 V, with a relative tolerance of – 10 % to 300 V, with a relative tolerance of + 10 %;
- impedance: 50 Ω , with a relative tolerance of $\pm$ 10 %.
- rise and fall time of the output voltage at on/off switching: between 1 to 5 μ s.

The schematic in principle of the test generator is given in figure 3.

6.1.2 Characteristics and performance of the generator for tests at mains frequency: 16^{2/3} Hz, 50 Hz and 60 Hz

The test generator typically consists of a variable transformer (connected to the mains distribution network), an isolation transformer and a time controlled switch for the short duration test; the switch shall be synchronized at 0° of the mains voltage waveform.

Generator for continuous disturbance

- waveform: sinusoidal, total harmonic distortion less than 10 %;
- open circuit output voltage range (r.m.s.): 1 V, with a relative tolerance of – 10 % to 30 V, with a relative tolerance of + 10 %;
- impedance: 50 Ω , with a relative tolerance of $\pm$ 10 %.
- frequency: selected mains frequency.

Generator for short duration disturbance

- waveform: sinusoidal, total harmonic distortion less than 10 %;
- open circuit output voltage range: 10 V, with a relative tolerance of – 10 % to 300 V, with a relative tolerance of + 10 %;
- impedance: 50 Ω , with a relative tolerance of ± 10 %.
- frequency: selected mains frequency;
- on/off switching of the output voltage: synchronized at zero crossing ($0^\circ \pm 5^\circ$).

The schematic in principle of the test generator is given in figure 4.

6.1.3 Characteristics and performance of the generator for tests in the frequency range 15 Hz-150 kHz

The test generator typically consists of a waveform generator capable of covering the frequency band of interest. It shall have an automated sweep capability of 1×10^{-2} decade/s or slower or, in the case of a synthesizer, be capable of being programmed with frequency-dependent step-sizes of 10 % of the preceding frequency value. It shall also be capable of being set manually.

Specifications

- waveform: sinusoidal, total harmonic distortion less than 1 %;
- open circuit output voltage range (r.m.s.): 0,1 V, with a relative tolerance of – 10 % to 30 V, with a relative tolerance of + 10 %;
- impedance: 50 Ω , with a relative tolerance of ± 10 %;
- frequency range: 15 Hz, with a relative tolerance of – 10 % to 150 kHz, with a relative tolerance of + 10 %.

6.2 Verification of the characteristics of the test generators

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

The following generator characteristics must be verified:

- output voltage waveform;
- generator impedance;
- frequency accuracy;
- open circuit output voltage accuracy;
- rise and fall time of the output voltage at on/off switching (where applicable).

The verifications shall be carried out with voltage probe and oscilloscope or other equivalent measurement instrumentation with 1 MHz minimum bandwidth.

The accuracy of the measuring equipment shall be better than ± 5 %.

6.3 Coupling/decoupling networks

The coupling networks enable the test voltage to be applied, in common mode, to the power supply, input/output (signal and control) and communication ports of the EUT. The decoupling networks prevent the application of the test voltage to the auxiliary equipment needed to perform the test.

6.3.1 Coupling networks

6.3.1.1 Coupling network for power supply and input/output ports

For power supply and input/output ports, the coupling network for each conductor is composed of a resistor and a capacitor in series. The coupling networks of each conductor are connected in parallel to form the coupling network of the port.

Figure 6 shows a schematic circuit for a coupling network, the value of the capacitor is $C = 1,0 \mu\text{F}$ and the resistor is $R = 100 \times n \Omega$ where n is the number of the conductors (n is greater than or equal to 2).

The capacitors and the resistors for each of the conductors in the coupling network for a port shall be matched with a tolerance of 1 %.

For the d.c. voltage test the $1,0 \mu\text{F}$ capacitors shall be short-circuited.

NOTE When performing the d.c. voltage test on a signal port, the impedance of the coupling network may cause the operating signal to be degraded.

For screened cables, the test signal is injected directly onto the cable shield, so no coupling network is required (see figure 6).

6.3.1.2 Coupling networks for communication port

For communication ports and other ports intended for connection to balanced pairs (single or multiple pairs), the coupling network is a T network.

Figure 5 shows a schematic circuit for a T network. The value of the capacitor is $C = 4,7 \mu\text{F}$, the resistor is $R = 200 \Omega$ and the inductor is $L = 2 \times 38 \text{ mH}$ (bifilar winding).

The components of the T network shall be matched with a tolerance such that the T network does not significantly degrade the common mode rejection ratio of the EUT.

NOTE It may be possible to produce T networks suitable for use with common mode rejection ratios greater than 80 dB, in which case the product standard should define an alternative coupling method.

6.3.2 Decoupling devices

6.3.2.1 General characteristics

The function of the decoupling device is to isolate the AE and/or simulator from the EUT port under test and thereby prevent the application of the test voltage to the AE and/or simulator.

The most important characteristic of a decoupling device is its common mode attenuation over the frequency range 0 Hz to 150 kHz.

Both active and passive isolation devices are available; examples of active devices include amplifiers and opto-isolators, whilst examples of passive devices include isolation transformers.

6.3.2.2 Specifications

The isolation and decoupling specifications, applicable to all the devices for all the types of operating signals, are:

- input to output and input/output to ground insulation withstand capability: 1 kV, 50/60 Hz, 1 min;
- common mode decoupling (attenuation) in the range 15 Hz-150 kHz: 60 dB.

Decoupling devices with reduced insulation withstand capability may be used when testing at levels below level 4.

The common mode rejection of the decoupling device shall be as high as possible in order to minimize the degradation of the common mode rejection ratio of the EUT port.

The requirements of this subclause also apply to complex devices, such as a power supply unit composed by an isolation transformer and an a.c. to d.c. converter.

For balanced lines the T network specified in 6.3.1.2 provides effective decoupling into the frequency range 10 kHz to 150 kHz. A decoupling device is still required for frequencies below 10 kHz.

7 Test set-up

The test set-up specifications are given for

- earthing connections;
- equipment under test;
- test generator;
- coupling and decoupling network (decoupling/isolation devices).

7.1 Earthing connections

The safety earthing requirements of the EUT, of the auxiliary equipment (AE) and of the test equipment shall be complied with at all times.

The EUT shall be connected to the earthing system in accordance with the manufacturer's specifications. The test generator, the coupling networks and the decoupling devices shall be connected to a Ground Reference Plane (GRP) or to a common earth terminal. The earth connection to the GRP or to the common earth terminal shall be less than 1 m in length.

7.2 Equipment under test

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

The power supply, input/output and communication ports shall be connected to the sources of power supply, control and signals via the decoupling/isolation devices (see 6.3.2).

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

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

The cable length is not relevant for the test, unless in the case of shielded cables (see 8.2). For shielded cables, where the manufacturer specifies a maximum cable length, this length shall be used; in all other cases, the cable length shall be 20 m.

7.3 Test generators

The test generator shall be connected to the coupling network or coupling resistor, as specified in clause 8.

7.4 Decoupling/isolation devices

The decoupling/isolation devices shall be connected between all the EUT's ports to be tested and the corresponding signal or power source.

Dedicated decoupling/isolation devices are not required if the AE or the power sources are isolated.

NOTE The decoupling/isolation devices should be located on the side of the cables near to the auxiliary equipment port, in order to use the normal terminations provided with the cables without the need to cut them.

In the case of shielded lines (e.g. coaxial cables), the generator shall be directly connected to the shields (no additional series resistor and capacitor are required).

8 Test procedure

The test procedure includes

- preliminary verification of the correct operation of the equipment.
- execution of the test.

8.1 Laboratory reference conditions

In order to minimize the impact of environmental parameters on test results, the tests shall be carried out in climatic and electromagnetic reference conditions as specified in 8.1.1 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 not influence the test results.

8.2 Execution of the test

The EUT shall be configured for its normal operating conditions.

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

- type of test;
- test level;
- test duration;
- EUT's ports to be tested;

- 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.

The main steps of the test procedure are as follows:

- preliminary verification of equipment performances;
- connection of the coupling networks and decoupling devices to the EUT's ports to be tested;
- verification of the operating performances of input signals, if necessary;
- application of the test voltage.

The test configuration can affect the operating conditions of the I/O ports of the EUT. These new conditions shall be considered as references in the evaluation of the test voltage influence.

The test voltage shall be applied for a period of time sufficient to allow a complete verification of the EUT's operating performance. For short duration tests (of typically 1 s duration), the test voltage shall be applied repeatedly until this criterion has been met.

The test in the frequency range 15 Hz–150 kHz starts from 15 Hz; the rate of sweep shall not exceed 1×10^{-2} decade/s. Where the frequency is swept incrementally, the step size shall not exceed 10 % of the start and thereafter 10 % of the preceding frequency value.

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

The test generator shall be connected to each port in turn. Ports not under test shall have the input terminals of their respective coupling network connected to ground (see figure 6).

If the apparatus has a large number of similar ports, then a sufficient number shall be selected so that all different types of termination are covered.

The ports provided by unshielded cables shall be tested by applying the test voltage directly to the port's terminals.

In the case of shielded lines (e.g. coaxial cables), the generator output shall be directly connected to the screen (no additional series resistor and capacitor are required).

To test ports with more than two terminals (e.g. grouping), the test voltage shall be applied simultaneously between all the terminals of the port and ground (common mode).

For ports intended to be connected to balanced lines, the test voltage shall be applied using the T network specified in 6.3.1.2.

During the test with application of d.c. voltage, the polarity of the test voltage shall be reversed.

A general schematic for the application of the test voltage is given in figure 6.

The test voltage shall be applied in common mode to the following ports:

- power supply;
- input and output;
- communication.

No specific test is required for the earth port.

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

The test can produce unsafe situations due to the test voltage involved or the leakage current to earth: adequate safety precautions are essential to avoid risks to operators.

9 Evaluation of test results

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

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

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

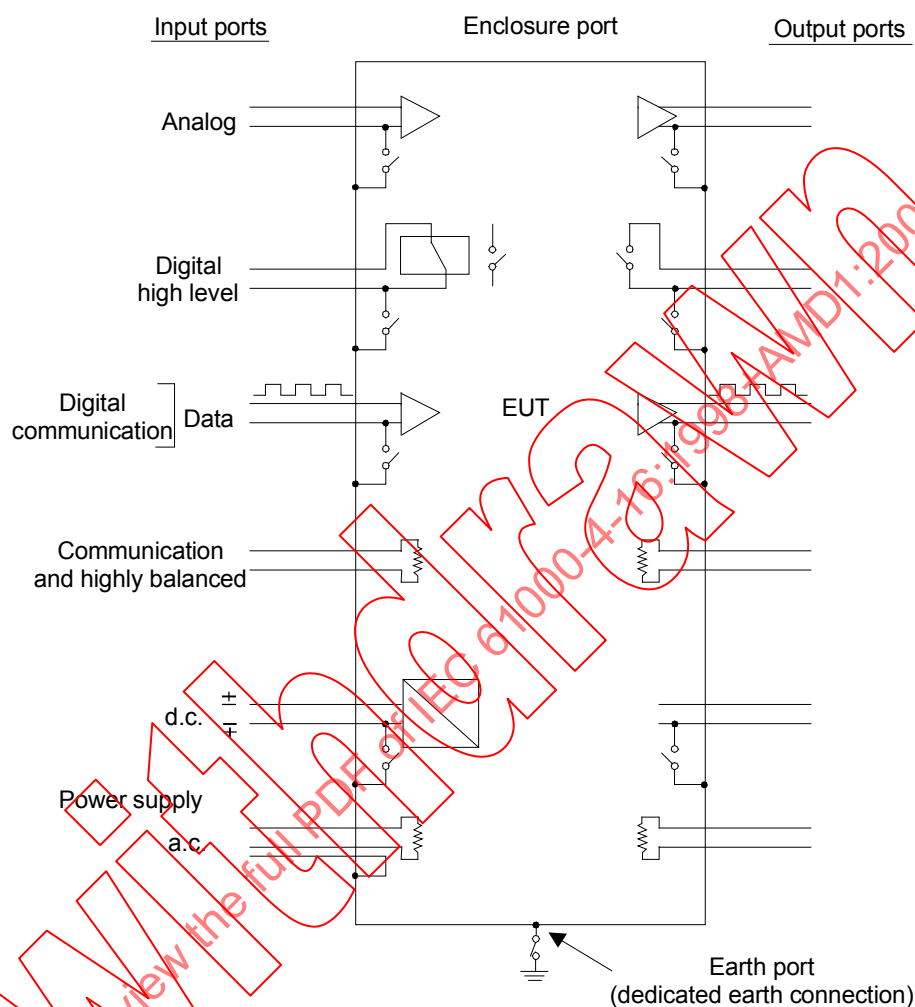
This classification may be used as a guide in formulating performance criteria, by committees responsible for generic, product and product-family standards, or as a framework for the agreement on performance criteria between the manufacturer and the purchaser, for example where no suitable generic, product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

10 Test report

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

- the items specified in the test plan required by clause 8 of this standard;
- identification of the EUT and any associated equipment, for example, brand name, product type, serial number;
- identification of the test equipment, for example, brand name, product type, serial number;
- any special environmental conditions in which the test was performed, for example, shielded enclosure;
- any specific conditions necessary to enable the test to be performed;
- performance level defined by the manufacturer, requestor or purchaser;
- performance criterion specified in the generic, product or product-family standard;
- any effects on the EUT observed during or after the application of the test disturbance, and the duration for which these effects persist;

- the rationale for the pass/fail decision (based on the performance criterion specified in the generic, product or product-family standard, or agreed between the manufacturer and the purchaser);
- any specific conditions of use, for example cable length and type, shielding or grounding, or EUT operating conditions, which are required to achieve compliance.



NOTE The switch position is related to the possible configuration of the ports: single-ended, isolated, etc.

Figure 1 – Example of equipment ports and configuration

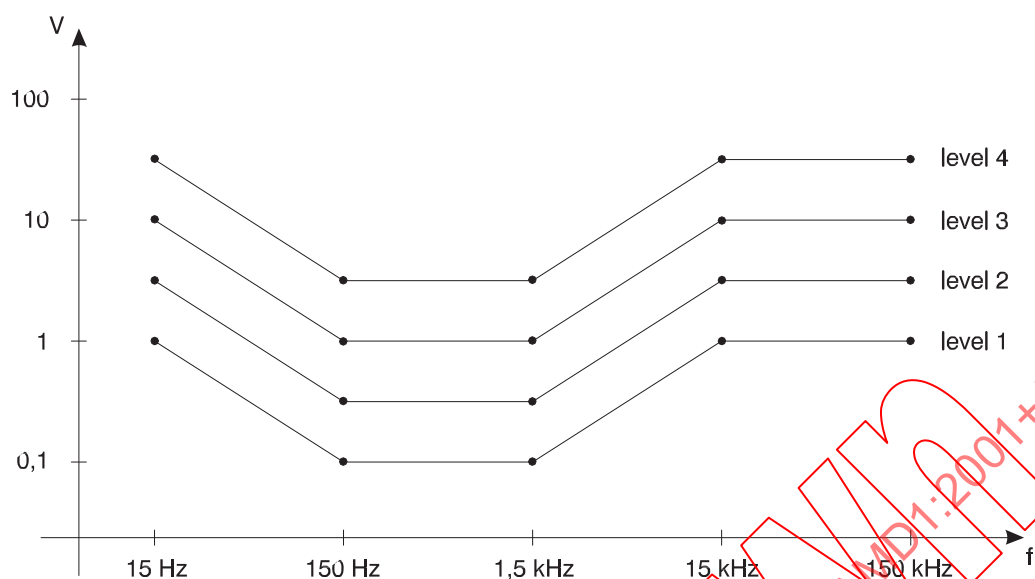
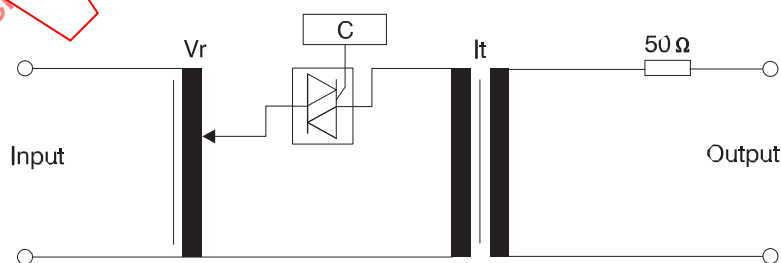


Figure 2 – Profile of the test voltage



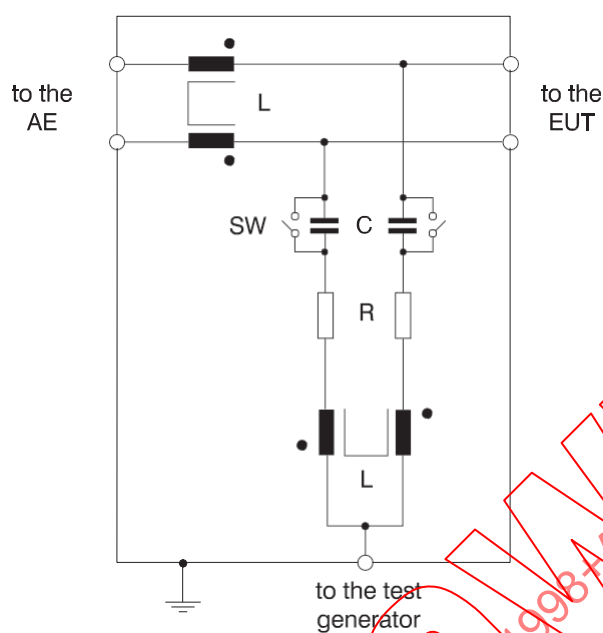
Vr: voltage regulation
It: isolation transformer
R/F: rectification/filtering
C: control circuit

Figure 3 – Schematic in principle of the generator for d.c. voltage tests



Vr: voltage regulation
C: control circuit
It: isolation transformer

Figure 4 – Schematic in principle of the generator for tests at mains frequency
($16^{2/3}$ Hz, 50 Hz and 60 Hz)

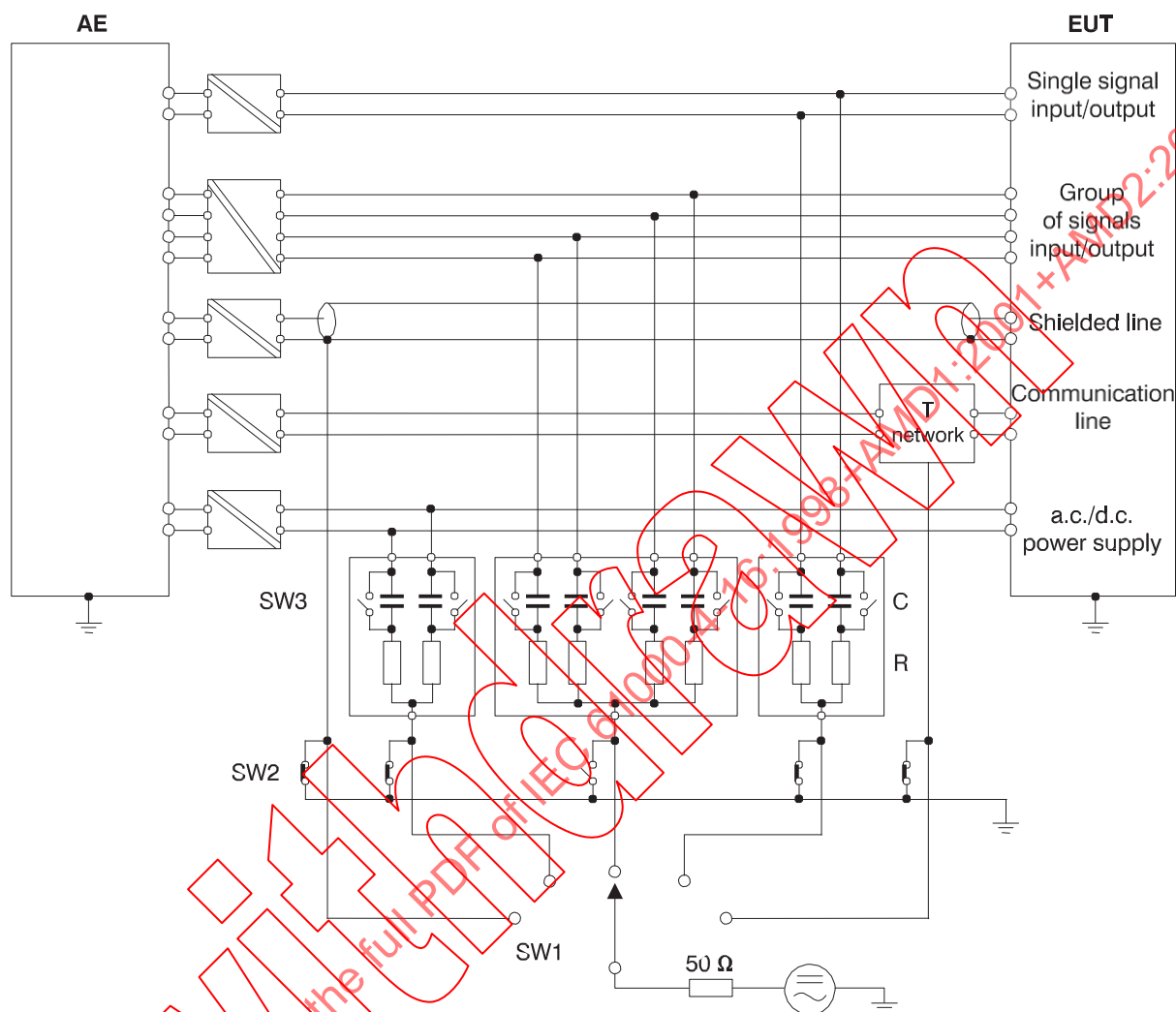


R: 200 Ω

C: 4,7 μF , to be short-circuited for d.c. voltage test (SW)

L: $2 \times 38 \text{ mH}$ (bifilar winding)

Figure 5 – Schematic circuit of the coupling T network for communication ports and other ports intended for connection to highly balanced pairs



$C = 1,0 \mu F$, to be short-circuited for d.c. voltage test (SW3)

$R = 100 \Omega \times n$ conductors belonging to the port concerned

Example for $n = 4$: $R = 400 \Omega$

NOTE Switch SW2 is used to connect all input terminals to ground, other than under test (see 8.2).

Figure 6 – Schematic circuit for type tests

Annex A **(informative)**

Sources of disturbances and coupling mechanisms

A.1 Sources of disturbances

The conducted, common mode disturbances at mains frequency and its harmonics may be generated by faults on the mains power distribution system and leakage currents flowing into the earth system.

The d.c. power supply network used in industrial, electrical plants and telecommunication centres may also generate d.c. common mode disturbances, particularly when either the positive or negative terminal is connected to earth.

Electrified railways will also generate disturbances at their frequency of operation (typically $16^{2/3}$ Hz).

The induced disturbances are described in detail in IEC 61000-2-3 and IEC 61000-2-5. The different types of disturbances may be present simultaneously but at different levels. Furthermore, if the power system develops a fault, the disturbance levels may be up to 10 times the reference levels given for normal operating conditions, however the fault condition disturbances are typically present for short durations only (up to about 1 s).

The disturbances at mains frequency and harmonics may affect signal ports of equipment where insufficient common mode rejection is available.

Disturbances up to 1-2 kHz are mainly due to the harmonics of the power mains.

At higher frequencies the disturbances are mostly related to power electronic equipment, which may produce switching currents involving the ground system, giving rise to conducted, common mode disturbances.

A.2 Coupling mechanisms

The coupling mechanisms considered in this clause include the capacitive, inductive and resistive coupling. Details on the different coupling mechanisms are reported in IEC 61000-2-3. Capacitive coupling is not relevant where the signal lines have a reference to ground, e.g. due to a termination to earth or to the presence of capacitive filters.

Inductive coupling, due to the magnetic fields generated by the source of disturbances (e.g. power line, ground circuits), often produces significant disturbances in signal cables.

Resistive (or common impedance) coupling can directly affect signal lines, as in the case of earthed signal source, or can inject current into the shield of a signal cable. This type of coupling can appear the most relevant and sometimes may be considered inclusive of the effects of capacitive and inductive coupling.

The equivalent impedance of the coupling mechanisms may have a wide range of values, depending on layout of the victim and of the source.

In the worst case of common impedance coupling, the equivalent coupling impedance may have values in the order of few ohms. In other cases the impedance may present values higher by several orders of magnitude, as in the case of balanced lines subjected to capacitive coupling.

Experience in laboratory has shown that the immunity tests on the different ports of the equipment can be efficiently performed with a single representative source impedance having the value of 150 Ω . This value may also represent the common mode characteristic impedance of a power or signal line in the field, and is in accordance with the approach adopted by other basic standards in the IEC 61000-4 series.

Annex B (informative)

Selection of test levels

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

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

A guideline for the applicability of the tests and the selection of the levels for various installations is given in IEC 61000-2-5. The latter gives a range of disturbance levels for different locations.

Based on common installation practices, the following practical rules may be used to classify the environment:

Level 1: Well protected environment

The installation is characterized by the following attributes:

- separation of the internal power supply network from the mains network, e.g. by dedicated isolation transformers;
- electronic equipment earthed to a dedicated earthing collector, connected to the earthing system (ground network) of the installation.

A computer room may be representative of this environment.

Level 2: Protected environment

The installation is characterized by the following attributes:

- direct connection to the low voltage mains network;
- electronic equipment earthed to the earthing system of the installation.

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

Level 3: Typical industrial environment

The installation is characterized by the following attributes:

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

Industrial installations and power plants may be representative of this environment.

Level 4: Severe industrial environment

The installation is characterized by the following attributes:

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

GIS and open-air HV substations, and the related power plant, may be representative of this environment.

Level 5: Special situations, to be analyzed

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

Annex C (informative)

Bibliography

- [1] IEC 60381-2, *Analogue signals for process control systems – Part 2: Direct voltage signals*
- [2] IEC 61000-2-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 3: Description of the environment – Radiated and non-network-frequency-related conducted phenomena*
- [3] IEC 61000-2-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 5: Classification of electromagnetic environments*
- [4] IEC 61000-4-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6. Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*
- [5] IEC 61000-4-13, *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 13: Test for immunity to harmonics and interharmonics including mains signalling on a.c. power port – Basic EMC publication* ¹⁾

¹⁾ To be published.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	27
INTRODUCTION	29
1 Domaine d'application	30
2 Références normatives	31
3 Généralités	31
4 Définitions	32
5 Niveaux d'essai	32
5.1 Niveaux d'essai à la fréquence du secteur	33
5.2 Niveaux d'essai dans la gamme de fréquences 15 Hz-150 kHz	33
6 Matériels d'essai	34
6.1 Générateurs d'essai	34
6.2 Vérification des caractéristiques des générateurs d'essai	35
6.3 Réseaux de couplage/découplage	36
7 Installation d'essai	37
7.1 Connexions de mise à la terre	37
7.2 Matériels en cours d'essai	38
7.3 Générateurs d'essai	38
7.4 Dispositifs de découplage/isolément	38
8 Procédure d'essai	38
8.1 Conditions de référence en laboratoire	38
8.2 Exécution de l'essai	39
9 Evaluation des résultats d'essai	41
10 Rapport d'essai	41
Annexe A (informative) Sources de perturbations et mécanismes de couplage	46
Annexe B (informative) Choix des niveaux d'essai	48
Annexe C (informative) Bibliographie	50
Figure 1 – Exemple d'accès de matériels et configuration	42
Figure 2 – Profil de la tension d'essai	43
Figure 3 – Schéma de principe du générateur pour les essais en courant continu	43
Figure 4 – Schéma de principe du générateur pour essais à la fréquence du réseau	43
Figure 5 – Schéma du réseau de couplage en T pour les accès de communication et pour les autres accès prévus pour être connectés à des paires fortement symétriques	44
Figure 6 – Circuit schématique pour essais de type	45

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-16: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux perturbations conduites en mode commun dans la gamme de fréquences de 0 Hz à 150 kHz

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.

La Norme internationale CEI 61000-4-16 a été établie par le sous-comité 77A: Phénomènes basse fréquence, du comité d'études 77 de la CEI: Compatibilité électromagnétique.

Elle constitue la partie 4-16 de la CEI 61000. Elle a le statut de publication fondamentale en CEM conformément au Guide 107 de la CEI.

La présente version consolidée de la CEI 61000-4-16 comprend la première édition (1998) [documents 77A/201/FDIS et 77A/221/RVD], son amendement 1 (2001) [documents 77B/291+293/FDIS et 77B/298+300/RVD] et son amendement 2 (2009) [documents 77A/691/FDIS et 77A/698/RVD].

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à ses amendements; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 1.2.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par les amendements 1 et 2.

Les annexes A, B et C sont données uniquement à titre d'information.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-16:1998+AMD1:2001+AMD2:2009 CSV

Withdrawing

INTRODUCTION

La présente norme fait partie de la série CEI 61000, structurée comme suit:

Partie 1: Généralités

Considérations générales (introduction, principes fondamentaux)

Définitions, terminologie

Partie 2: Environnement

Description de l'environnement

Classification de l'environnement

Niveaux de compatibilité

Partie 3: Limites

Limites d'émission

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

Partie 4: Techniques d'essai et de mesure

Techniques de mesure

Techniques d'essai

Partie 5: Principes d'installation et d'atténuation

Principes d'installation

Méthodes et dispositifs d'atténuation

Partie 6: Normes génériques

Partie 9: Divers

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

La présente partie constitue une norme internationale indiquant les exigences en matière d'immunité et les procédures d'essai relatives aux perturbations de conduction en mode commun, dans la gamme du courant continu à 150 kHz.

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-16: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux perturbations conduites en mode commun dans la gamme de fréquences de 0 Hz à 150 kHz

1 Domaine d'application

La présente section de la CEI 61000 traite des exigences en matière d'immunité et des méthodes d'essai relatives aux matériels électriques et électroniques soumis à des perturbations par conduction en mode commun dans la gamme du courant continu à 150 kHz.

L'objet de la présente norme est d'établir une base commune et reproductible destinée à essayer les performances des matériels électriques et électroniques lorsque ceux-ci sont soumis à des perturbations par conduction en mode commun, appliquées aux accès d'alimentation, de commande, de signal et de communication.

La présente norme définit

- la tension d'essai et la forme du courant;
- les plages de niveaux d'essai;
- le matériel d'essai;
- le circuit d'essai;
- les procédures d'essais.

Pour certains types d'accès, concernant par exemple des accès prévus pour être utilisés avec des lignes fortement symétriques, des clauses d'essais complémentaires peuvent être définies dans les spécifications des comités de produit.

L'essai vise à démontrer l'immunité des matériels électriques et électroniques soumis à des perturbations de conduction en mode commun telles que celles provenant des courants de lignes d'alimentation et des retours de courants de fuite dans les dispositifs de mise à la terre/à la masse.

Les perturbations dues au réseau 400 Hz ne font pas partie du domaine d'application de la présente norme.

De réelles interférences dues à ces phénomènes de perturbations sont relativement rares, excepté dans les installations industrielles. Il est recommandé que les comités de produit étudient si l'application de la présente norme à leurs normes produit/famille de produit est justifiée (voir aussi l'article 3).

Cet essai n'est pas approprié pour les accès de matériels devant être raccordés à des câbles courts (20 m ou moins).

L'immunité aux harmoniques et interharmoniques, y compris les courants porteurs de ligne, sur les accès d'alimentation en courant alternatif (en mode différentiel) ne fait pas partie du domaine d'application de la présente norme, mais est traitée par la CEI 61000-4-13.

L'immunité aux perturbations de conduction provenant d'émetteurs radioélectriques intentionnels ne fait pas partie du domaine d'application de la présente norme, mais est traitée par la CEI 61000-4-6.

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 – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

CEI 60068-1, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et guide*

3 Généralités

Les perturbations par conduction en mode commun dans la gamme de fréquence du courant continu à 150 kHz peuvent avoir une influence sur la fiabilité de fonctionnement des matériels et systèmes installés dans les zones résidentielles ou industrielles et dans les unités de production électriques.

Seuls les accès d'un EST susceptibles d'être soumis à des perturbations traitées dans la présente norme doivent être pris en compte pour l'application de ses exigences.

Les perturbations sont typiquement générées par

- le réseau de distribution d'énergie, avec sa fréquence fondamentale, ses harmoniques et interharmoniques significatifs;
- les matériels électroniques de puissance (tels que les convertisseurs de puissance), qui peuvent injecter des perturbations dans les conducteurs de masse et les réseaux de mise à la terre (via la capacité parasite et les filtres), ou bien provoquer une perturbation par induction dans les lignes de commande et de signal.

Les perturbations à la fréquence du secteur et les harmoniques sont principalement générées par le réseau de distribution d'énergie (courants de défaut et de fuite dans les systèmes de mise à la terre/à la masse).

Les perturbations à une fréquence supérieure à la gamme des harmoniques (jusqu'à 150 kHz) sont principalement générées par des matériels électroniques de puissance, que l'on trouve souvent dans les unités de production industrielles et électriques.

Le couplage entre la source des perturbations et les câbles d'alimentation, de signal, de commande, et de communication transfère ces perturbations vers les accès du matériel en cours d'essai.

Etant donné que les couplages ci-dessus ne peuvent pas être complètement évités, une certaine immunité adéquate des matériels et systèmes est nécessaire contre de telles perturbations.

Suivant le type d'installation, les perturbations peuvent être classées comme suit:

- a) tension/courant à fréquence d'alimentation: courant continu, 16^{2/3} Hz, 50 Hz et 60 Hz;
- b) tension/courant dans la gamme de fréquences allant de 15 Hz à 150 kHz (y compris les harmoniques de la fréquence secteur).

La présente norme fournit les procédures d'essai pour les deux catégories de perturbations. Il est recommandé de définir l'applicabilité des essais dans la norme produit.

Pour plus d'information concernant ces phénomènes, voir l'annexe A.

4 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61000, les définitions suivantes sont utilisées et s'appliquent au domaine restreint des perturbations par conduction en mode commun, dans la gamme du courant continu à 150 kHz (ces définitions ne figurent pas toutes dans la CEI 60050-161).

4.1

EST

matériel soumis à l'essai

4.2

matériel auxiliaire (EA)

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

4.3

accès

interface particulière entre les matériels spécifiés et l'environnement électromagnétique extérieur (voir figure 1)

4.4

couplage

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

4.5

réseau de couplage

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

4.6

réseau de découplage

circuit électrique destiné à éviter que la tension d'essai appliquée au matériel en cours d'essai n'affecte d'autres dispositifs, matériels ou systèmes ne se trouvant pas en cours d'essai

4.7

immunité (à une perturbation)

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

[VEI 161-01-20]

5 Niveaux d'essai

La gamme préférentielle des niveaux d'essai, applicable aux accès des matériels en fonction des différents types et sources de perturbations, est indiquée dans les paragraphes 5.1 et 5.2.

Les niveaux sont donnés pour les essais à la fréquence du secteur (courant continu, 16^{2/3} Hz, 50 Hz et 60 Hz) et dans la gamme de fréquences 15 Hz-150 kHz en profil continu.

L'applicabilité de chaque essai doit être établie dans la norme produit.

La tension d'essai doit être appliquée en mode commun aux accès d'alimentation, de commande, de signal et de communication (la tension en mode différentiel dépend du déséquilibre du circuit).

On trouvera en annexe B un guide de sélection des niveaux d'essai.

5.1 Niveaux d'essai à la fréquence du secteur

Les tableaux 1 et 2 définissent les niveaux d'essais préférentiels.

Les niveaux s'appliquent à la tension d'essai en courant continu et aux fréquences du secteur telles que 16^{2/3} Hz, 50 Hz et 60 Hz.

Tableau 1 – Niveaux pour perturbations continues

Niveau	Tension d'essai en circuit ouvert V (eff)
1	1
2	3
3	10
4	30
x	Spécial
NOTE x est un niveau ouvert. Ce niveau peut être donné dans la norme produit.	

Tableau 2 – Niveaux pour perturbation de courte durée

Niveau	Tension d'essai en circuit ouvert V (eff)
1	10
2	30
3	100
4	300
x	Spécial
NOTE x est un niveau ouvert. Ce niveau peut être donné dans la norme produit.	

Pour des perturbations de courte durée, la durée normale pour chaque perturbation appliquée est de 1 s; cependant, les normes de produit peuvent spécifier des durées différentes pour des applications spécifiques.

L'essai doit être effectué à l'une ou plusieurs des fréquences suivantes: courant continu, 16^{2/3} Hz, 50 Hz ou 60 Hz, selon la fréquence secteur applicable à l'emplacement du matériel (voir annexe A); l'essai à 16^{2/3} Hz n'est applicable que si le matériel concerné est destiné à être utilisé près de réseaux de voies ferrées opérant à cette fréquence.

Le niveau d'essai ne doit jamais dépasser la tension d'essai indiquée dans la norme produit.

Pour toute information concernant les niveaux d'essai proposés, voir l'annexe B.

5.2 Niveaux d'essai dans la gamme de fréquences 15 Hz-150 kHz

Les niveaux d'essai préférentiels sont indiqués dans le tableau 3.

Tableau 3 – Niveaux d'essai dans la gamme de fréquences 15 Hz-150 kHz

Niveau	Profil de la tension d'essai (en circuit ouvert) V (eff)			
	15 Hz-150 Hz	150 Hz-1,5 kHz	1,5 kHz-15 kHz	15 kHz-150 kHz
1	1 – 0,1	0,1	0,1 – 1	1
2	3 – 0,3	0,3	0,3 – 3	3
3	10 – 1	1	1 – 10	10
4	30 – 3	3	3 – 30	30
x	x	x	x	x
NOTE x est un niveau ouvert. Ce niveau peut être donné dans la spécification du produit.				

Le profil de la tension d'essai par rapport à la fréquence (voir l'annexe B pour information) est le suivant:

- à partir de la fréquence 15 Hz, le niveau diminue jusqu'à 150 Hz à raison de 20 dB/décade;
- le niveau est constant entre 150 Hz et 1,5 kHz;
- le niveau augmente entre 1,5 kHz et 15 kHz à raison de 20 dB/décade;
- le niveau est constant entre 15 kHz et 150 kHz.

Le profil de la tension d'essai est représenté à la figure 2.

Aucun niveau d'essai n'est défini en-dessous de 15 Hz, à l'exclusion du courant continu, car un essai dans cette gamme de fréquence n'est pas considéré comme utile.

6 Matériels d'essai

6.1 Générateurs d'essai

Les caractéristiques des générateurs d'essai pour chacun des essais sont données aux paragraphes 6.1.1, 6.1.2 et 6.1.3.

Les générateurs doivent être en mesure d'éviter l'émission de perturbations qui pourraient avoir une influence sur le résultat des essais si elles étaient injectées dans le réseau d'alimentation.

Pour toute information sur l'impédance des générateurs d'essai, voir l'annexe A.

6.1.1 Caractéristiques et performances du générateur pour essais en courant continu

Ce générateur d'essai se compose généralement d'un bloc d'alimentation en courant continu à tension de sortie variable et d'un interrupteur temporisé pour les essais de courte durée.

Générateur pour perturbations continues

- forme d'onde: courant continu, ondulation inférieure à 5 %;
- gamme de tensions de sortie en circuit ouvert (valeur efficace): 1 V, avec une tolérance relative de – 10 % à 30 V, avec une tolérance relative de + 10 %;
- impédance: 50 Ω , avec une tolérance relative de $\pm$ 10 %.

Générateur pour perturbations de courte durée

- forme d'onde: courant continu, ondulation inférieure à 5 %;
- gamme de tensions de sortie en circuit ouvert: 10 V, avec une tolérance relative de – 10 % à 300 V, avec une tolérance relative de + 10 %;
- impédance: 50 Ω , avec une tolérance relative de $\pm$ 10 %.
- temps de montée et de descente de la tension de sortie à la mise en marche/à l'arrêt: entre 1 et 5 μ s.

Le schéma de principe du générateur d'essai se trouve à la figure 3.

6.1.2 Caractéristiques et performances du générateur pour essais à la fréquence secteur: 16^{2/3} Hz, 50 Hz et 60 Hz

Le générateur d'essai se compose généralement d'un transformateur variable (raccordé au réseau de distribution), d'un transformateur d'isolement et d'un interrupteur temporisé pour les essais de courte durée; l'interrupteur doit être synchronisé sur la tension secteur à 0°.

Générateur pour perturbations continues

- forme d'onde: sinusoïdale, distorsion harmonique totale inférieure à 10 %;
- gamme de tensions de sortie en circuit ouvert (valeur efficace): 1 V, avec une tolérance relative de – 10 % à 30 V, avec une tolérance relative de + 10 %;
- impédance: 50 Ω , avec une tolérance relative de ± 10 %.
- fréquence: fréquence secteur sélectionnée.

Générateur pour perturbations de courte durée

- forme d'onde: sinusoïdale, distorsion harmonique totale inférieure à 10 %;
- gamme de tensions de sortie en circuit ouvert: 10 V, avec une tolérance relative de – 10 % à 300 V, avec une tolérance relative de ± 10 %;
- impédance: 50 Ω , avec une tolérance relative de ± 10 %.
- fréquence: fréquence secteur sélectionnée;
- marche/arrêt de la tension de sortie: synchronisé au passage par zéro ($0^\circ \pm 5^\circ$).

Le schéma de principe du générateur d'essai se trouve à la figure 4

6.1.3 Caractéristiques et performances du générateur pour essais dans la gamme de fréquences 15 Hz-150 kHz

Le générateur d'essai se compose généralement d'un générateur de signaux capable de couvrir la bande de fréquence concernée. Il doit avoir des possibilités de balayage automatisé de 1×10^{-2} décade/s ou plus lentes ou, dans le cas d'un synthétiseur, il doit pouvoir être programmé par pas liés à la fréquence et égaux à 10 % de la précédente valeur de fréquence. Il doit également pouvoir être réglé manuellement.

Spécifications

- forme d'onde: sinusoïdale, distorsion harmonique totale inférieure à 1 %;
- gamme de tensions de sortie en circuit ouvert (valeur efficace): 0,1 V, avec une tolérance relative de – 10 % à 30 V, avec une tolérance relative de + 10 %;
- impédance: 50 Ω , avec une tolérance relative de ± 10 %;
- plage de fréquences: 15 Hz, avec une tolérance relative de – 10 % à 150 kHz, avec une tolérance relative de + 10 %.

6.2 Vérification des caractéristiques des générateurs d'essai

Afin de pouvoir comparer les résultats de différents générateurs d'essai, ils doivent être calibrés ou vérifiés pour les caractéristiques les plus importantes.

Les caractéristiques suivantes doivent être vérifiées:

- forme d'onde de la tension de sortie;
- impédance du générateur;
- précision de la fréquence;

- précision de la tension de sortie en circuit ouvert;
- temps de montée et de descente de la tension de sortie à la mise en/hors tension (si applicable).

Les vérifications doivent être effectuées à l'aide d'une sonde de tension et d'un oscilloscope, ou de tout autre instrument de mesure équivalent disposant d'une largeur de bande minimale de 1 MHz.

La précision du matériel de mesure doit être d'au moins $\pm 5\%$.

6.3 Réseaux de couplage/découplage

Les réseaux de couplage permettent d'appliquer la tension d'essai, en mode commun, aux accès d'alimentation, d'entrée/sortie (signal et commande) et de communication de l'EST. Les réseaux de découplage empêchent d'appliquer la tension d'essai aux matériels auxiliaires nécessaires à la réalisation de l'essai.

6.3.1 Réseaux de couplage

6.3.1.1 Réseau de couplage pour accès d'alimentation et d'entrée/sortie

Pour l'alimentation secteur et les accès d'entrée/sortie, le réseau de couplage se compose, pour chaque conducteur, d'une résistance et d'un condensateur en série. Les réseaux de couplage de chaque conducteur sont connectés en parallèle de façon à former le réseau de couplage de l'accès.

La figure 6 montre un schéma de circuit d'un réseau de couplage, la valeur du condensateur est de $C = 1,0 \mu\text{F}$ et de la résistance est de $R = 100 \Omega \times n$, où n est le nombre de conducteurs ($n \geq 2$).

Les condensateurs et les résistances pour chaque conducteur dans le réseaux de couplage d'un accès doivent être équilibrés avec une tolérance de 1 %.

Pour l'essai de tension en courant continu, les condensateurs de $1,0 \mu\text{F}$ doivent être mis en court-circuit.

NOTE Pour l'essai de tension en courant continu sur un accès de signal, l'impédance du réseau de couplage peut être la cause d'une dégradation du signal utile.

Pour les câbles blindés, le signal d'essai est injecté directement sur le blindage du câble, aussi aucun réseau de couplage n'est nécessaire (voir figure 6).

6.3.1.2 Réseaux de couplage pour accès de communication

Pour les accès de communication et autres accès prévus pour la connexion à des paires symétriques (paires simples ou multiples), le réseau de couplage est un réseau en T.

La figure 5 montre un schéma de circuit pour un réseau en T. La valeur du condensateur est $C = 4,7 \mu\text{F}$, la résistance est $R = 200 \Omega$ et l'inductance est $L = 2 \times 38 \text{ mH}$ (enroulement bifilaire).

Les composants du réseau en T doivent être équilibrés avec une tolérance telle que le réseau en T ne dégrade pas significativement le taux de réjection en mode commun de l'EST.

NOTE Il est possible de produire des réseaux en T aptes à l'utilisation avec un taux de réjection en mode commun supérieur à 80 dB, dans ce cas, il est recommandé que la norme produit propose un autre mode de couplage.

6.3.2 Dispositifs de découplage

6.3.2.1 Caractéristiques générales

La fonction d'un dispositif de découplage est d'isoler l'EA et/ou le simulateur de l'accès en essai de l'EST et par ce moyen d'empêcher l'application de la tension d'essai à l'EA et/ou au simulateur.

La plus importante caractéristique d'un dispositif de découplage est son atténuation de mode commun dans la gamme de fréquences 0 Hz à 150 kHz.

Des dispositifs d'isolement actifs et passifs d'isolation sont disponibles; des exemples de dispositifs actifs incluent des amplificateurs et des photocoupleurs, tandis que des exemples de dispositifs passifs incluent des transformateurs d'isolement.

6.3.2.2 Spécifications

Les spécifications d'isolement et de découplage, applicables à tous les dispositifs pour tous les types de signaux fonctionnels, sont:

- capacité de tenue d'isolement entre entrée et sortie et entre entrée/sortie et la terre: 1 kV, 50/60 Hz, 1 min;
- découplage en mode commun (atténuation) dans la gamme 15 Hz-150 kHz: 60 dB.

Les dispositifs de découplage à tenue d'isolement réduit peuvent être utilisés lorsque l'essai est à un niveau inférieur au niveau 4.

La réjection de mode commun du dispositif de découplage doit être aussi importante que possible pour minimiser la dégradation de la réjection en mode commun de l'accès de l'EST.

Pour certains dispositifs complexes, tels que les coffrets d'alimentation constitués d'un transformateur d'isolement et d'un convertisseur alternatif – continu, les exigences de ce paragraphe s'appliquent également.

En ce qui concerne les lignes symétriques, le réseau en T spécifié au paragraphe 6.3.1.2 fournit un découplage effectif dans la gamme de fréquences 10 kHz à 150 kHz. Au-dessous de 10 kHz, un dispositif de découplage est encore exigé.

7 Installation d'essai

Les spécifications de l'installation d'essai sont données pour:

- les connexions de mise à la terre;
- les matériels en cours d'essai (EST);
- le générateur d'essai;
- le réseau de couplage et de découplage (dispositifs de découplage/isolement).

7.1 Connexions de mise à la terre

Les prescriptions de mise à la terre de sécurité des EST, des matériels auxiliaires (EA) et des matériels d'essai doivent toujours être respectées.

Les EST doivent être connectés au système de mise à la terre conformément aux spécifications du fabricant. Le générateur d'essai, les réseaux de couplage et les dispositifs de découplage doivent être raccordés à un plan de référence de masse (PRM) ou à une borne de terre commune. La connexion de mise à la terre du PRM ou à la prise de terre commune doit avoir moins de 1 m de long.

7.2 Matériels en cours d'essai

Les matériels en cours d'essai doivent être disposés et raccordés conformément aux spécifications d'installation des matériels.

Les accès d'alimentation, d'entrée/sortie et de communication doivent être raccordés aux sources d'alimentation, de commande et de signaux par l'intermédiaire des dispositifs de découplage/isolément (voir 6.3.2).

Les signaux d'exploitation destinés à faire fonctionner les EST peuvent être fournis par les matériels auxiliaires ou par un simulateur.

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

La longueur des câbles n'a pas d'importance pour l'essai, sauf dans le cas des câbles blindés (voir 8.2). Pour les câbles blindés, si le constructeur spécifie la longueur maximale du câble, cette longueur doit être utilisée; dans tous les autres cas, un câble de 20 m doit être utilisé.

7.3 Générateurs d'essai

Le générateur d'essai doit être connecté au réseau de couplage ou à la résistance de couplage, comme indiqué à l'article 8.

7.4 Dispositifs de découplage/isolément

Les dispositifs de découplage/isolément doivent être connectés entre tous les accès des EST à essayer et la source d'alimentation ou de signal correspondante.

Des dispositifs dédiés de découplage/isolément ne sont pas exigés si l'EA ou les sources de puissance sont isolés.

NOTE Il convient que les dispositifs de découplage/isolément soient implantés à côté des câbles, près de l'accès du matériel auxiliaire, de façon à utiliser les extrémités des câbles fournis sans devoir les couper.

Dans le cas des lignes blindées (par exemple, des câbles coaxiaux), le générateur doit être raccordé directement au blindage (des résistances ou condensateurs en série supplémentaires ne sont pas nécessaires).

8 Procédure d'essai

La procédure d'essai comprend

- la vérification préliminaire du bon fonctionnement du matériel;
- l'exécution de l'essai.

8.1 Conditions de référence en laboratoire

Afin de minimiser l'impact des paramètres liés à l'environnement sur les résultats des essais, ceux-ci doivent être réalisés dans des conditions de référence climatiques et électromagnétiques indiquées 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

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

8.2 Exécution de l'essai

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

Les essais doivent avoir lieu conformément à un programme d'essais qui doit indiquer

- le type d'essai;
- le niveau d'essai;
- la durée de l'essai;
- les accès de l'EST à tester;
- les conditions de fonctionnement représentatives de l'EST;
- les matériels auxiliaires.

L'alimentation, les signaux et les autres grandeurs électriques fonctionnelles doivent être appliquées dans les limites de leurs plages assignées. Si les sources réelles des signaux d'exploitation ne sont pas disponibles, elles peuvent être simulées.

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

- vérification préliminaire des performances des matériels;
- connexion des réseaux de couplage et des dispositifs de découplage aux accès des EST à essayer;
- vérification des performances de fonctionnement des signaux d'entrée, si nécessaire;
- application de la tension d'essai.

La configuration d'essai peut affecter les conditions de fonctionnement des accès d'entrée/sortie de l'EST. Ces nouvelles conditions doivent être considérées comme la référence dans l'évaluation de l'influence de la tension d'essai.

La tension d'essai doit être appliquée pendant une durée suffisante permettant d'effectuer au moins une vérification complète des performances de fonctionnement de l'EST. Pour des essais de courte durée, (de typiquement 1 s), la tension d'essai doit être appliquée de façon répétitive jusqu'à ce que ce critère soit atteint.

L'essai dans la gamme de fréquences 15 Hz-150 kHz débute à 15 Hz; la vitesse de balayage ne doit pas dépasser 1×10^{-2} décade/s. Lorsque le balayage de fréquence est incrémental, la grandeur des pas ne doit pas dépasser 10 % de la valeur de départ puis 10 % de la précédente valeur de fréquence.

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

Le générateur d'essai doit être raccordé à chaque accès, l'un après l'autre. Les accès qui ne sont pas en essai doivent avoir les bornes d'entrée du réseau de couplage connectés à la terre (voir figure 6).

Si l'appareil dispose d'un grand nombre d'accès similaires, on doit en choisir un nombre suffisant pour que tous les types d'extrémités soient représentés.

Les accès connectés à des câbles non blindés doivent être essayés en appliquant la tension d'essai directement aux bornes de l'accès.

Dans le cas de lignes blindées (par exemple les câbles coaxiaux), la sortie du générateur doit être directement reliée à l'écran (des résistances ou condensateurs en série supplémentaires ne sont pas nécessaires).

En ce qui concerne les accès d'essai ayant plus de deux bornes (par exemple groupement), la tension d'essai doit être appliquée simultanément entre toutes les bornes de l'accès et la terre (mode commun).

Pour les accès destinés à être connectés à des lignes symétriques, la tension d'essai doit être appliquée à l'aide du réseau en T indiqué au paragraphe 6.3.1.2.

Durant l'essai de tension continue, la polarité de la tension d'essai doit être inversée.

Un schéma général relatif à l'application de la tension d'essai se trouve à la figure 6.

La tension d'essai doit être appliquée en mode commun aux accès suivants:

- alimentation;
- entrée et sortie;
- communication.

Aucun essai spécifique n'est exigé pour l'accès de terre.

Les performances de l'EST doivent être vérifiées conformément aux exigences du plan.

L'essai peut produire des situations dangereuses dues à la tension d'essai utilisée ou au courant de fuite à la terre: des dispositions de sécurité adéquates sont nécessaires afin d'éviter tout risque pour les opérateurs.

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 à l'article 8 de 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 et type de câble, blindage ou raccordement à la terre, ou les conditions de fonctionnement de l'EST, qui sont requises pour assurer la conformité.