

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



BASIC EMC PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE EN CEM

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

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



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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst
immunity test**

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

CL

ICS 33.100.20

ISBN 978-2-88912-412-1

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	8
4 General	10
5 Test levels.....	10
6 Test equipment.....	10
6.1 Burst generator	11
6.2 Coupling/decoupling network for a.c./d.c. mains supply port.....	12
6.3 Capacitive coupling clamp	15
7 Test set-up	15
7.1 Test equipment	15
7.2 Test set-up for type tests performed in laboratories	16
7.3 Test set-up for post-installation tests	17
8 Test procedure	19
8.1 Laboratory reference conditions	19
8.2 Execution of the test.....	19
9 Evaluation of test results	20
10 Test report.....	20
Annex A (informative) Information on the electrical fast transients.....	28
Annex B (informative) Selection of the test levels.....	30
Bibliography.....	32
Figure 1 – Simplified circuit diagram of a fast transient/burst generator	21
Figure 2 – General graph of a fast transient/burst	21
Figure 3 – Waveshape of a single pulse into a 50 Ω load	22
Figure 4 – Coupling/decoupling network for a.c./d.c. power mains supply ports/terminals.....	22
Figure 5 – Construction of the capacitive coupling clamp	23
Figure 6 – Block diagram for electrical fast transient/burst immunity test	23
Figure 7 – General test set-up for laboratory type tests.....	24
Figure 8 – Example of a test set-up for rack mounted equipment	24
Figure 9 – Example of a test set-up for direct coupling of the test voltage to a a.c./d.c. power supply ports/terminal for laboratory purposes	25
Figure 10 – Example of test set-up for application of the test voltage by the capacitive coupling clamp for laboratory test purposes	25

Figure 11 – Example for post-installation test on a.c./d.c. power supply ports and protective earth terminals for stationary, floor-mounted EUT	26
Figure 12 – Example for post-installation test on a.c. mains supply port and protective earth terminals for non-stationary mounted EUT	27
Figure 13 – Example of post-installation test on communications and I/O ports without the capacitive coupling clamp	27
Figure 14 – Verification of the waveform at the common mode output of the coupling/decoupling network	13
Figure 14 – Verification of the waveform at the output of the coupling/decoupling network.....	14
Table 1 – Test levels.....	10
Table 2 – Output voltage peak values and repetition rates	12

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –**Part 4-4: Testing and measurement techniques –
Electrical fast transient/burst 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 61000-4-4 consists of the second edition (2004) [documents 77B/419/FDIS and 77B/424/RVD], its amendment 1 (2010) [documents 77B/621/FDIS and 77B/627/RVD] and its corrigenda of August 2006 and June 2007. It bears the edition number 2.1.

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 61000-4-4 has been prepared by sub-committee 77B: High frequency phenomena, of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

It forms Part 4-4 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 second edition improves and clarifies simulator specifications, test criteria and test set-ups. Only common mode injection is required.

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

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

Part 1: General

General considerations (introduction, fundamental principles)

Definitions, terminology

Part 2: Environment

Description of the environment

Classification of the environment

Compatibility levels

Part 3: Limits

Emission limits

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

Part 4: Testing and measurement techniques

Measurement techniques

Testing techniques

Part 5: Installation and mitigation guidelines

Installation guidelines

Mitigation methods and devices

Part 6: Generic standards

Part 9: Miscellaneous

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

This part is an international standard which gives immunity requirements and test procedures related to electrical fast transients/bursts.

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test

1 Scope

This part of IEC 61000-4 relates to the immunity of electrical and electronic equipment to repetitive electrical fast transients. It gives immunity requirements and test procedures related to electrical fast transients/bursts. It additionally defines ranges of test levels and establishes test procedures.

The object of this standard is to establish a common and reproducible reference for evaluating the immunity of electrical and electronic equipment when subjected to electrical fast transient/bursts on supply, signal, control and earth ports. The test method documented in this part of IEC 61000-4 describes a consistent method to assess the immunity of an equipment or system against a defined phenomenon.

NOTE As described in IEC Guide 107, this is a basic EMC publication for use by product committees of the IEC. As also stated in Guide 107, the IEC product committees are responsible for determining whether this immunity test standard 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 standard defines:

- test voltage waveform;
- range of test levels;
- test equipment;
- verification procedures of test equipment;
- test set-up;
- test procedure.

The standard gives specifications for laboratory and post-installation tests.

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 60050-161:1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electro-magnetic compatibility*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions, together with those in IEC 60050-161 apply.

NOTE Several of the most relevant terms and definitions from IEC 60050-161 are presented among the definitions below.

3.1

burst

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

[IEV 161-02-07]

3.2

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]

3.3

coupling

interaction between circuits, transferring energy from one circuit to another

3.4

common mode (coupling)

simultaneous coupling to all lines versus the ground reference plane

3.5

coupling clamp

device of defined dimensions and characteristics for common mode coupling of the disturbance signal to the circuit under test without any galvanic connection to it

3.6

coupling network

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

3.7

decoupling network

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

3.8

degradation (of performance)

undesired departure in the operational performance of any device, equipment or system from its intended performance

NOTE The term "degradation" can apply to temporary or permanent failure.

[IEV 161-01-19]

3.9**EFT/B**

electrical fast transient/burst

3.10**electromagnetic compatibility (EMC)**

ability of an equipment or system to function satisfactorily in its electromagnetic environment without introducing intolerable electromagnetic disturbances to anything in that environment

[IEV 161-01-07]

3.11**EUT**

equipment under test

3.12**ground reference plane**

flat conductive surface whose potential is used as a common reference

[IEV 161-04-36]

3.13**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]

3.14**port**

particular interface of the EUT with the external electromagnetic environment

3.15**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]

3.16**transient**

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

[IEV 161-02-01]

3.17**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 6.1.2 and 6.2.2 is meant as a guide to insure the correct operation of the test generator, and other items making up the test set-up so that the intended waveform is delivered to the EUT.

NOTE 3 For the purpose of this basic EMC standard this definition is different from the definition given in IEC 311-01-13.

4 General

The repetitive fast transient test is a test with bursts consisting of a number of fast transients, coupled into power supply, control, signal and earth ports of electrical and electronic equipment. Significant for the test are the high amplitude, the short rise time, the high repetition rate, and the low energy of the transients.

The test is intended to demonstrate the immunity of electrical and electronic equipment when subjected to types of transient disturbances such as those originating from switching transients (interruption of inductive loads, relay contact bounce, etc.).

5 Test levels

The preferred test levels for the electrical fast transient test, applicable to power, ground, signal and control ports of the equipment are given in Table 1.

Table 1 – Test levels

Open circuit output test voltage and repetition rate of the impulses				
Level	On power port, PE		On I/O (input/output) signal, data and control ports	
	Voltage peak kV	Repetition rate kHz	Voltage peak kV	Repetition rate kHz
1	0,5	5 or 100	0,25	5 or 100
2	1	5 or 100	0,5	5 or 100
3	2	5 or 100	1	5 or 100
4	4	5 or 100	2	5 or 100
X ^a	Special	Special	Special	Special
NOTE 1 Use of 5 kHz repetition rates is traditional; however, 100 kHz is closer to reality. Product committees should determine which frequencies are relevant for specific products or product types.				
NOTE 2 With some products, there may be no clear distinction between power ports and I/O ports, in which case it is up to product committees to make this determination for test purposes.				
^a "X" is an open level. The level has to be specified in the dedicated equipment specification.				

These open-circuit output voltages will be displayed on the EFT/B generator. For selection of levels, see Annex B.

6 Test equipment

The verification procedures of 6.1.2 and 6.2.2 are meant as a guide to insure the correct operation of the test generator, coupling/decoupling networks, and other items making up the test set-up so that the intended waveform is delivered to the EUT.

6.1 Burst generator

The simplified circuit diagram of the generator is given in Figure 1. The circuit elements C_c , R_s , R_m , and C_d are selected so that the generator delivers a fast transient under open circuit conditions and with a $50\ \Omega$ resistive load. The effective output impedance of the generator shall be $50\ \Omega$.

The major elements of the test generator are:

- high-voltage source;
- charging resistor;
- energy storage capacitor;
- high voltage switch;
- impulse duration shaping resistor;
- impedance matching resistor;
- d.c. blocking capacitor.

6.1.1 Characteristics of the fast transient/burst generator

The characteristics of the fast transient/burst generator are the following:

- Output voltage range with $1\ 000\ \Omega$ load shall be at least 0,25 kV to 4 kV
- Output voltage range with $50\ \Omega$ load shall be at least 0,125 kV to 2 kV

The generator shall be capable of operating under short-circuit conditions.

Characteristics:

- polarity: positive/negative
- output type: coaxial, $50\ \Omega$
- d.c. blocking capacitor: $10\ \text{nF} \pm 20\ \%$
- repetition frequency: (see Table 2) $\pm 20\ \%$
- relation to power supply: asynchronous
- burst duration: $15\ \text{ms} \pm 20\ \%$ at 5 kHz
(see Figure 2) $0,75\ \text{ms} \pm 20\ \%$ at 100 kHz
- burst period: $300\ \text{ms} \pm 20\ \%$
(see Figure 2)
- wave shape of the pulse
 - into $50\ \Omega$ load
 - rise time $t_r = 5\ \text{ns} \pm 30\ \%$
 - duration t_d (to 50 %) = $50\ \text{ns} \pm 30\ \%$
 - peak voltage = according to Table 2, $\pm 10\ \%$
(see Figure 3 for the $50\ \Omega$ waveshape)
 - into $1\ 000\ \Omega$ load
 - rise time $t_r = 5\ \text{ns} \pm 30\ \%$
 - duration t_d (to 50 %) = $50\ \text{ns}$ with a tolerance of $-15\ \text{ns}$ to $+100\ \text{ns}$
 - peak voltage = according to Table 2, $\pm 20\ \%$
(see Note 2 below Table 2)

– test load impedance

$50 \Omega \pm 2 \%$

$1\,000 \Omega \pm 2 \%$ in parallel with ≤ 6 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.

6.1.2 Verification of the characteristics of the fast transient/burst generator

The test generator characteristics shall be verified in order to establish a common reference for all generators. For this purpose, the following procedure shall be undertaken.

The test generator output shall be connected to a 50Ω and $1\,000 \Omega$ coaxial termination respectively and the voltage monitored with an oscilloscope. The -3 dB bandwidth of the measuring equipment and the test load impedance shall be at least 400 MHz. The test load impedance at $1\,000 \Omega$ is likely to become a complex network. The rise time, impulse duration and repetition rate of the impulses within one burst shall be monitored as well as the burst duration and burst period.

For each of the set voltages of Table 2, measure the output voltage at a 50Ω load [$V_p(50 \Omega)$]. This measured voltage shall be $[0,5 \times V_p(\text{open circuit})] \pm 10\%$.

With the same generator setting (set voltage), measure the voltage at a $1\,000 \Omega$ load – [$V_p(1\,000 \Omega)$]. This measured voltage shall be $V_p(\text{open circuit}) \pm 20\%$.

NOTE 1 Measures should be taken to ensure that stray capacitance is kept to a minimum.

Table 2 – Output voltage peak values and repetition rates

Set voltage kV	V_p (open circuit) kV	V_p (1 000 Ω) kV	V_p (50 Ω) kV	Repetition frequency kHz
0,25	0,25	0,24	0,125	5 or 100
0,5	0,5	0,48	0,25	5 or 100
1	1	0,95	0,5	5 or 100
2	2	1,9	1	5 or 100
4	4	3,8	2	5 or 100

NOTE 2 Use of a $1\,000 \Omega$ load resistor will automatically result in a voltage reading that is 5 % lower than the set voltage as shown in column $V_p(1\,000 \Omega)$. The reading V_p at $1000 \Omega = V_p(\text{open circuit})$ multiplied times $1000/1050$ (the ratio of the test load to the total circuit impedance of 1000Ω plus 50Ω).

NOTE 3 With the 50Ω load, the measured output voltage is 0,5 times the value of the unloaded voltage as reflected in the table above.

6.2 Coupling/decoupling network for a.c./d.c. mains supply port

The coupling/decoupling network is required for acceptance tests of a.c./d.c. power supply ports.

The circuit diagram (example for a three-phase power mains supply) is given in Figure 4.

The waveform of the EFT/B generator shall be verified at the output of the coupling network according to 6.2.2.

6.2.1 Characteristics of the coupling/decoupling network

The characteristics of the coupling/decoupling network are the following:

- coupling capacitors: 33 nF;
- coupling mode: common mode.

6.2.2 Verification of the characteristics of the coupling/decoupling network

~~The requirements given in 6.1.2 also apply to the measurement equipment that is used for the verification of the characteristics of the coupling/decoupling network.~~

~~The waveform shall be verified at the common mode output of the coupling/decoupling network with all outputs tied together and a single 50 Ω termination as shown in Figure 14. In addition to verification of the waveform at the common mode output of the coupling/decoupling network, it is recommended that each individual output be checked to ensure that all outputs are functional."~~

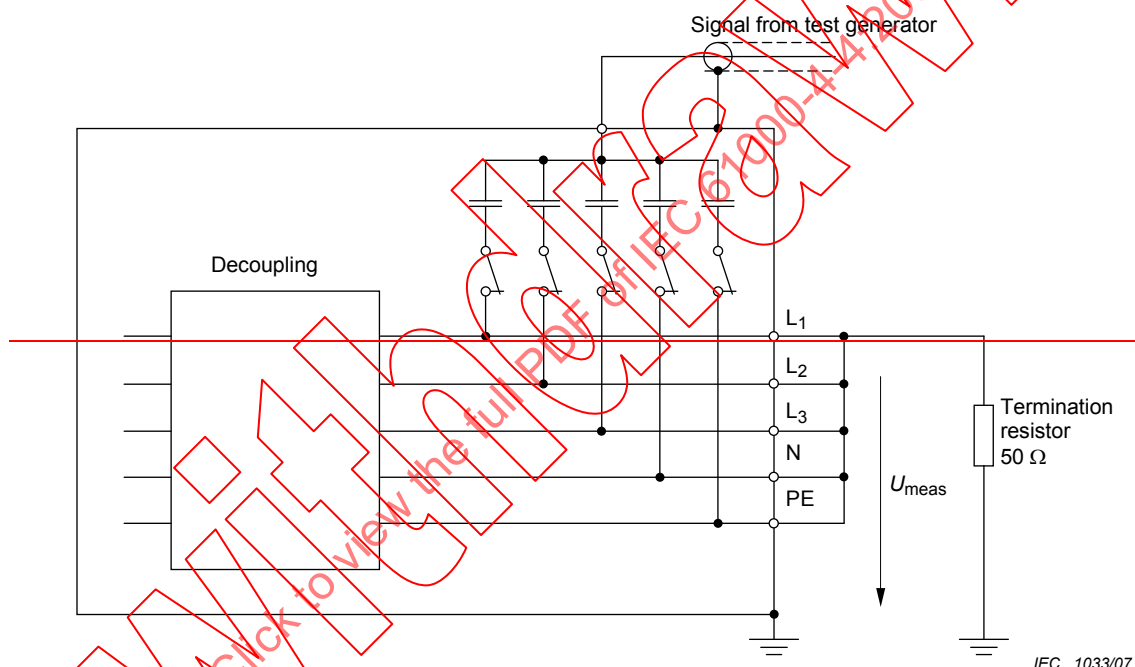


Figure 14 — Verification of the waveform at the common mode output of the coupling/decoupling network

~~The verification is performed with the generator output voltage set to a nominal voltage of 4 kV. The generator is connected to input of the coupling/decoupling network. The output of the CDN (normally connected to the EUT) is terminated with a 50 Ω load. The peak voltage and waveform are recorded.~~

~~Rise time of the pulses (10 % to 90 % value) shall be 5 ns $\pm$ 30 %.~~

~~Impulse duration (50 % value) shall be 50 ns $\pm$ 30 % with the 50 Ω load.~~

~~Peak voltage $\pm$ 10 % according to Table 2.~~

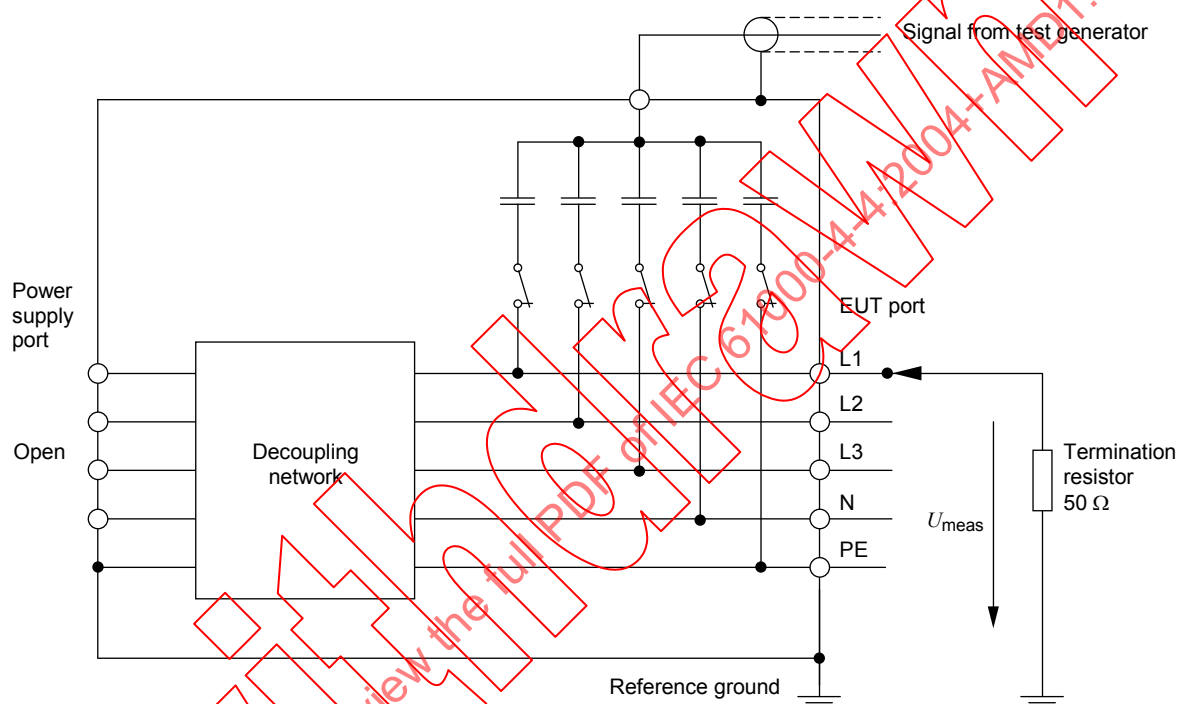
~~The residual test pulse voltage on the inputs of the coupling/decoupling network when the EUT and the power network are disconnected shall not exceed 10 % of applied test voltage.~~

NOTE—Coupling/decoupling networks designed in accordance with Edition 1 of IEC 61000-4-4 (1995) may need minor modifications to meet the common mode requirements of this document.

The requirements given in 6.1.2 also apply to the measurement equipment that is used for the verification of the characteristics of the coupling/decoupling network.

The waveform shall be individually verified for each coupling line at each output terminal (L1, L2, L3, N and PE) of the coupling/decoupling network with a single 50 Ω termination to reference ground. Figure 14 shows one of the five verification measurements; the verification measurement of L1 to reference ground.

NOTE Verifying each coupling line separately is done to ensure that each line is properly functioning and calibrated.



IEC 126/10

Figure 14 – Verification of the waveform at the output of the coupling/decoupling network

The verification is performed with the generator output at a set voltage of 4 kV. The generator is connected to the input of the coupling/decoupling network. The individual outputs of the CDN (normally connected to the EUT) are terminated with a 50 Ω load while the other outputs are open. The peak voltage and waveform are recorded.

Rise time of the pulses (10 % to 90 % value) shall be 5 ns $\pm$ 1,5 ns.

Impulse duration (50 % value) shall be 50 ns $\pm$ 15 ns.

Peak voltage shall be 2 kV $\pm$ 0,2 kV according to Table 2.

The residual test pulse voltage on the inputs of the coupling/decoupling network when the EUT and the power network are disconnected shall not exceed 10 % of the applied test voltage.

6.3 Capacitive coupling clamp

The clamp provides the ability of coupling the fast transients/bursts to the circuit under test without any galvanic connection to the terminals of the EUT's ports, shielding of the cables or any other part of the EUT.

The coupling capacitance of the clamp depends on the cable diameter, material of the cables, and cable shielding (if any).

The device is composed of a clamp unit (made, for example, of galvanized steel, brass, copper or aluminium) for housing the cables (flat or round) of the circuits under test and shall be placed on a ground reference plane of minimum area of 1 m². The ground (reference) plane shall extend beyond the clamp by a least 0,1 m on all sides.

The clamp shall be provided at both ends with a high-voltage coaxial connector for the connection of the test generator at either end. The generator shall be connected to that end of the clamp which is nearest to the EUT.

The clamp itself shall be closed as much as possible to provide maximum coupling capacitance between the cable and the clamp.

The mechanical arrangement of the coupling clamp is given in Figure 5 and determines its characteristics, such as frequency response, impedance, etc.

Characteristics:

- typical coupling capacitance between cable and clamp: 100 pF to 1 000 pF;
- usable diameter range of round cables: 4 mm to 40 mm;
- insulation withstand capability: 5 kV (test pulse: 1,2/50 µs).

The coupling method using the clamp is required for acceptance tests on lines connected to I/O and communication ports. It may also be used on ac/dc power supply ports only if the coupling/decoupling network defined in 6.2 cannot be used.

7 Test set-up

Different types of tests are defined based on test environments. These are:

- type (conformance) tests performed in laboratories;
- post-installation tests performed on equipment in its final installed conditions.

The preferred test method is that of type tests performed in laboratories.

The EUT shall be arranged in accordance with the manufacturer's instructions for installation (if any).

7.1 Test equipment

The test set-up includes the following equipment (see Figure 6):

- ground reference plane;
- coupling device (network or clamp);
- decoupling network;
- test generator.

7.2 Test set-up for type tests performed in laboratories

7.2.1 Test conditions

The following requirements apply to tests performed in laboratories with the environmental reference conditions specified in 8.1.

EUTs, whether stationary floor-mounted or table top, and equipment designed to be mounted in other configurations, shall be placed on a ground reference plane and shall be insulated from it by an insulating support $0,1 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$ thick (see Figure 7).

In the case of table-top equipment, the EUT should be located $0,1 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$ above the ground reference plane (see Figure 7). Equipment normally mounted on ceilings or walls shall be tested as table-top equipment with the EUT located $0,1 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$ above the ground reference plane.

The test generator and the coupling/decoupling network shall be placed directly on, and bonded to, the ground reference plane.

The ground reference plane shall be a metallic sheet (copper or aluminium) of 0,25 mm minimum thickness; other metallic materials may be used but they shall have 0,65 mm minimum thickness.

The minimum area of the ground reference plane is $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$. The actual size depends on the dimensions of the EUT.

The ground reference plane shall project beyond the EUT by at least 0,1 m on all sides.

The ground reference plane shall be connected to the protective earth.

The EUT shall be arranged and connected to satisfy its functional requirements, according to the equipment installation specifications.

The minimum distance between the EUT and all other conductive structures (e.g. the walls of a shielded room), except the ground reference plane shall be more than 0,5 m.

All cables to the EUT shall be placed on the insulation support 0,1 m above the ground reference plane. Cables not subject to electrical fast transients shall be routed as far as possible from the cable under test to minimize the coupling between the cables.

The EUT shall be connected to the earthing system in accordance with the manufacturer's installation specifications; no additional earthing connections are allowed.

The connection impedance of the coupling/decoupling network earth cables to the ground reference plane and all bondings shall provide a low inductance.

Either a direct coupling network or a capacitive clamp shall be used for the application of the test voltages. The test voltages shall be coupled to all of the EUT ports including those between two units of equipment involved in the test, unless the length of the interconnecting cable makes it impossible to test.

Decoupling networks shall be used to protect auxiliary equipment and public networks.

When using the coupling clamp, the minimum distance between the coupling plates and all other conductive surfaces, except the ground reference plane beneath the coupling clamp, shall be 0,5 m.

Unless otherwise specified in the product standard or the product family standard, the length of the signal and power lines between the coupling device and the EUT shall be $0,5\text{ m} \pm 0,05\text{ m}$.

If the manufacturer provides a non-detachable supply cable more than $0,5\text{ m} \pm 0,05\text{ m}$ long with the equipment, the excess length of this cable shall be folded to avoid a flat coil and situated at a distance of $0,1\text{ m}$ above the ground reference plane.

Examples of the test set-up for laboratory tests are given in Figures 7 and 8.

In Figure 8, an additional ground plane, connected to the chassis of the EUT is used.

7.2.2 Methods of coupling the test voltage to the EUT

The method of coupling the test voltage to the EUT is dependent on the type of EUT port (as indicated below).

7.2.2.1 Power supply ports

An example for the test set-up for direct coupling of the EFT/B disturbance voltage via a coupling/decoupling network is given in Figure 9. This is the preferred method of coupling to power supply ports.

If a suitable coupler/decoupler cannot be obtained, i.e. for a.c. mains currents $>100\text{ A}$, alternative methods can be employed; however, use of the capacitive clamp is discouraged since its efficiency in coupling the bursts is considerably less than direct injection using the 33 nF capacitors.

7.2.2.2 I/O and communication ports

The examples in Figures 7 and 10 show how to use the capacitive coupling clamp for application of the disturbance test voltage to I/O and communication ports. When using the capacitive coupling clamp, non-tested or auxiliary equipment connected should be appropriately decoupled.

7.2.2.3 Cabinet earth port

The test point on the cabinet shall be the terminal for the protective earth conductor.

The test voltage shall be applied to the protective earth (PE) connection through a 33 nF coupling capacitor according to Figure 11.

7.3 Test set-up for post-installation tests

These tests are optional. They may be applied only when agreed between manufacturer and customer. It has to be considered that the test itself may be destructive to the EUT and other co-located equipment may be damaged or otherwise unacceptably affected.

The equipment or system shall be tested in the final installed conditions. Post-installation tests shall be performed without coupling/decoupling networks in order to simulate the actual electromagnetic environment as closely as possible.

If equipment or system other than the EUT are unduly affected during the test procedure, decoupling networks shall be used by agreement between the user and the manufacturer.

7.3.1 Test on power supply ports and earth ports

7.3.1.1 Stationary, floor-mounted equipment

The test voltage shall be applied simultaneously between a ground reference plane and all of the power supply terminals, a.c. or d.c., and the protective or functional earth port on the EUT cabinet.

For the test set-up, see Figure 11.

A ground reference plane of minimum area of 1 m² (as described in 7.2.1) shall be mounted near the EUT and connected to the protective earth conductor at the power supply mains outlet.

The EFT/B generator shall be located on the ground reference plane. The length of the "hot wire" from the coaxial output of the EFT/B-coupling device to the ports on the EUT shall be 0,5 m ± 0,05 m. This connection shall be unshielded but well insulated. If a.c./d.c. blocking capacitors are necessary, their capacitance shall be 33 nF. All other connections of the EUT should be in accordance with its functional requirements.

7.3.1.2 Non-stationary mounted EUT, connected to the mains supply by flexible cord and plugs

The test voltage shall be applied simultaneously between each of the power supply conductors and the protective earth at the power supply (see Figure 12).

7.3.2 Test on I/O and communication ports

The capacitive coupling clamp is the preferred method for coupling the test voltage into I/O and communication ports. However, if the clamp cannot be used due to mechanical problems (size, cable routing) in the cabling, it shall be replaced by a tape or a conductive foil enveloping the lines under test. The capacitance of this coupling arrangement with foil or tape should be equivalent to that of the standard coupling clamp.

An alternative method is to couple the EFT/B generator to the terminals of the lines via discrete 100 pF capacitors instead of the distributed capacitance of the clamp or of the foil or tape arrangement.

If an EUT contains many similar ports, the manufacturer can elect to test a representative number of cables as long as those are clearly identified.

Earthing of the coaxial cable from the test generator shall be made in the vicinity of the coupling point. Application of the test voltage to the connectors (hot wires) of coaxial or shielded communication lines is not permitted.

The test voltage should be applied in a way that the shielding protection of the equipment will not be reduced. See Figure 13 for the test configuration.

The test results obtained with the discrete capacitor coupling arrangement are likely to be different from those obtained with the coupling clamp or the foil coupling. Therefore, the test levels specified in Clause 5 may be amended by a product committee in a product standard in order to take significant installation characteristics into consideration.

In the post installation test it can be agreed between manufacturer and user that external cables can be tested by routing all cables simultaneously in the coupling clamp.

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 burst for the generator at the output of the coupling device.

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.

8.1 Laboratory reference conditions

In order to minimize the effect of environmental parameters on test results, the test 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 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 that shall include the verification of the performances of the EUT as defined in 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;
- polarity of the test voltage (both polarities are mandatory);
- internal or external generator;
- duration of the test not 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.)

- number of applications of the test voltage;
- EUT's ports to be tested;
- representative operating conditions of the EUT;
- sequence of application of the test voltage to the EUT's ports, each one after the other or to cables belonging to more than one circuit, etc.;
- auxiliary equipment.

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.

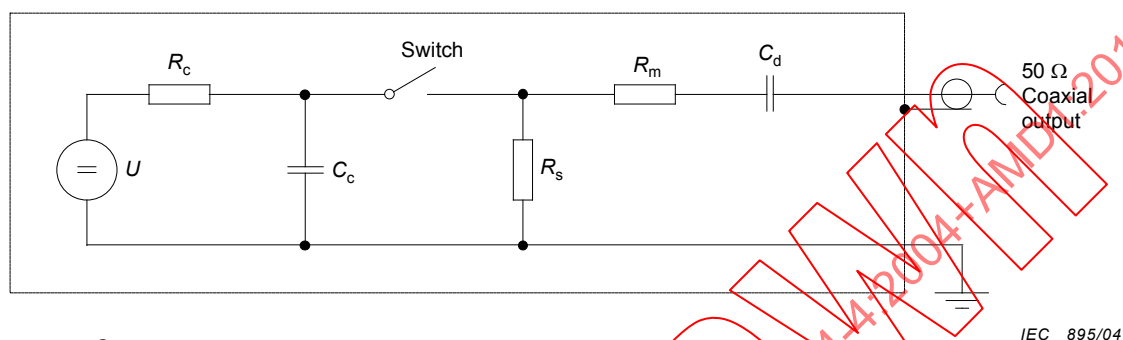
10 Test report

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, 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.

Concerning measurement uncertainty, it is sufficient to state that the test equipment meets the tolerance requirements of IEC 61000-4-4; however, when checking for compliance with the specified tolerances, the calibration uncertainty is to be taken into account.



Components

- U high-voltage source
- R_c charging resistor
- C_c energy storage capacitor
- R_s impulse duration shaping resistor
- R_m impedance matching resistor
- C_d d.c. blocking capacitor

Figure 1 – Simplified circuit diagram of a fast transient/burst generator

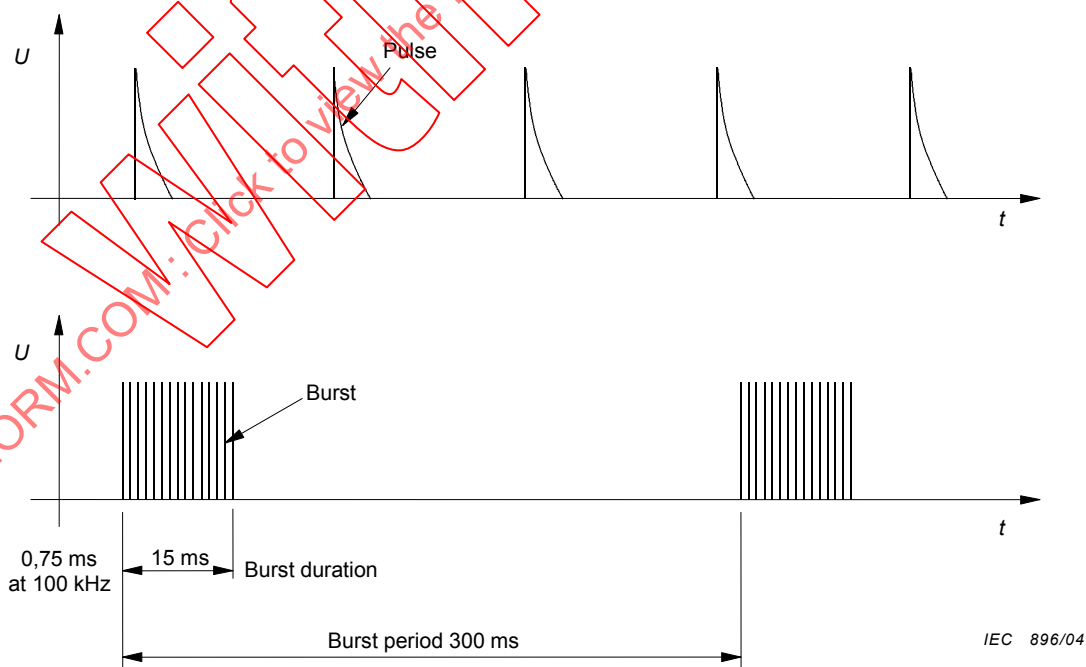


Figure 2 – General graph of a fast transient/burst

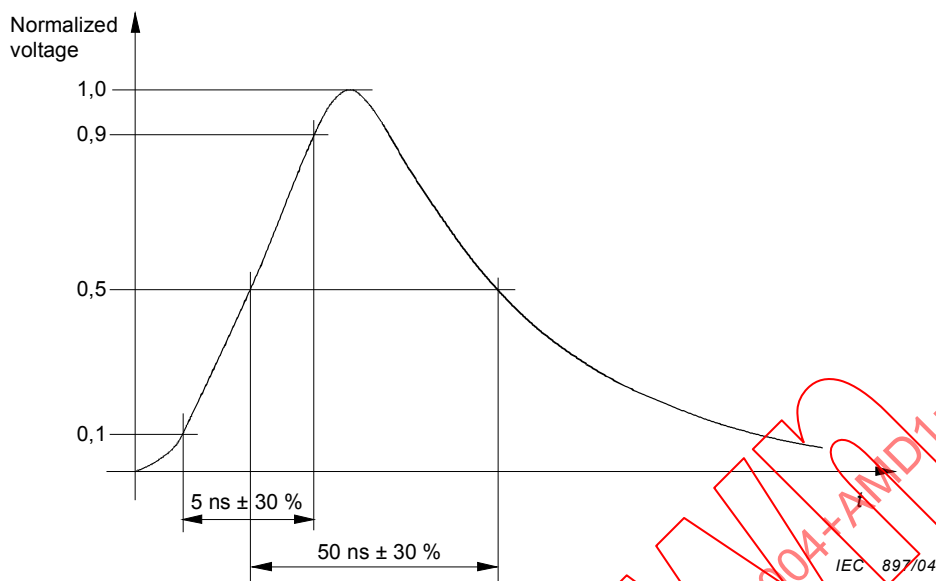
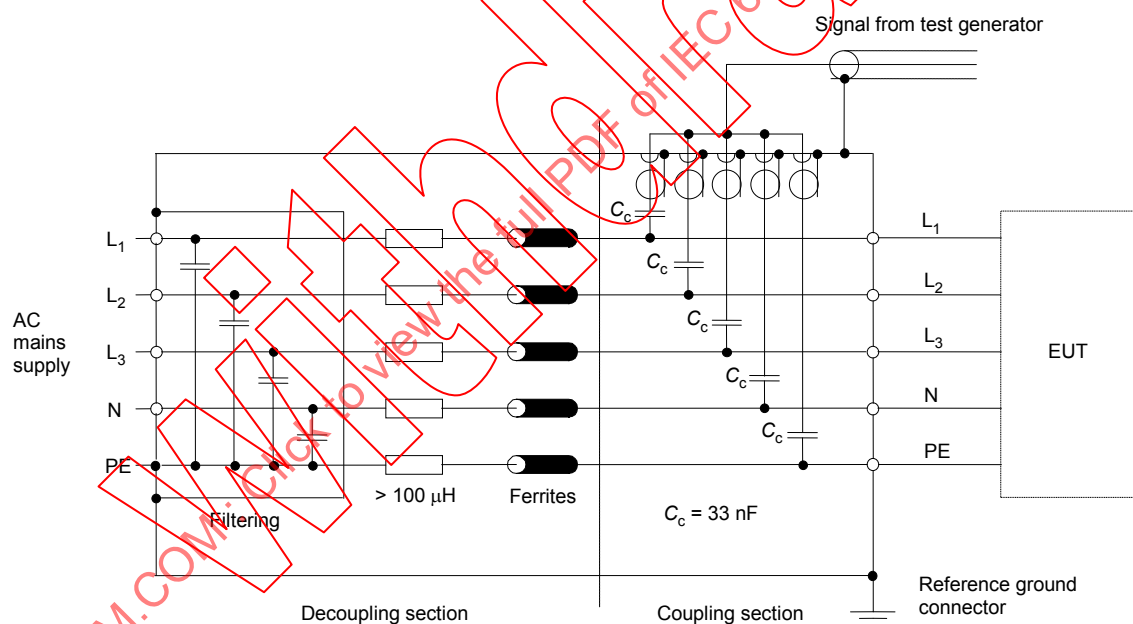


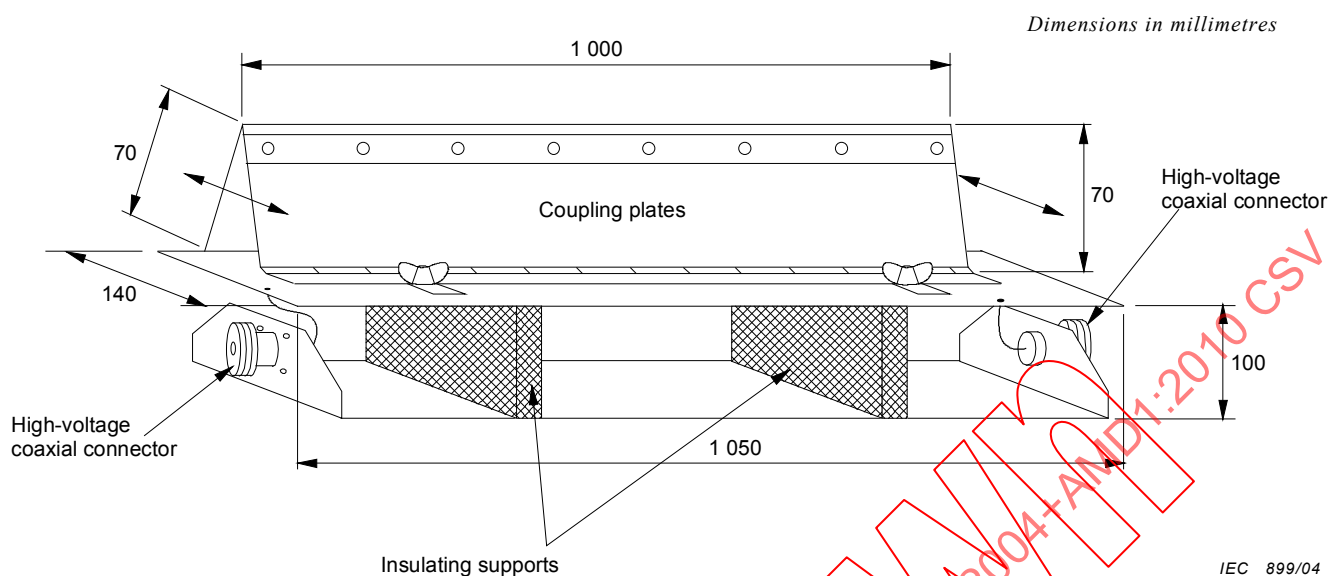
Figure 3 – Waveshape of a single pulse into a 50 Ω load



Components

L_1, L_2, L_3	phases
N	neutral
PE	protective earth
C_c	coupling capacitor

Figure 4 – Coupling/decoupling network for a.c./d.c. power mains supply ports/terminals



Warning The distance of the coupling section to all other conductive constructions except to the cable under test and the ground plane shall be more than 0,5 m.

Figure 5 – Construction of the capacitive coupling clamp

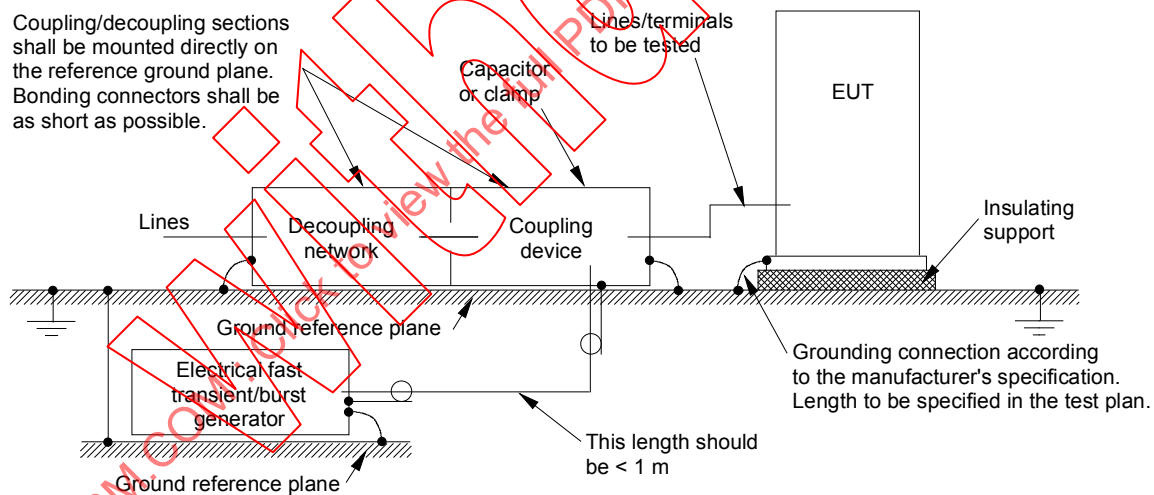
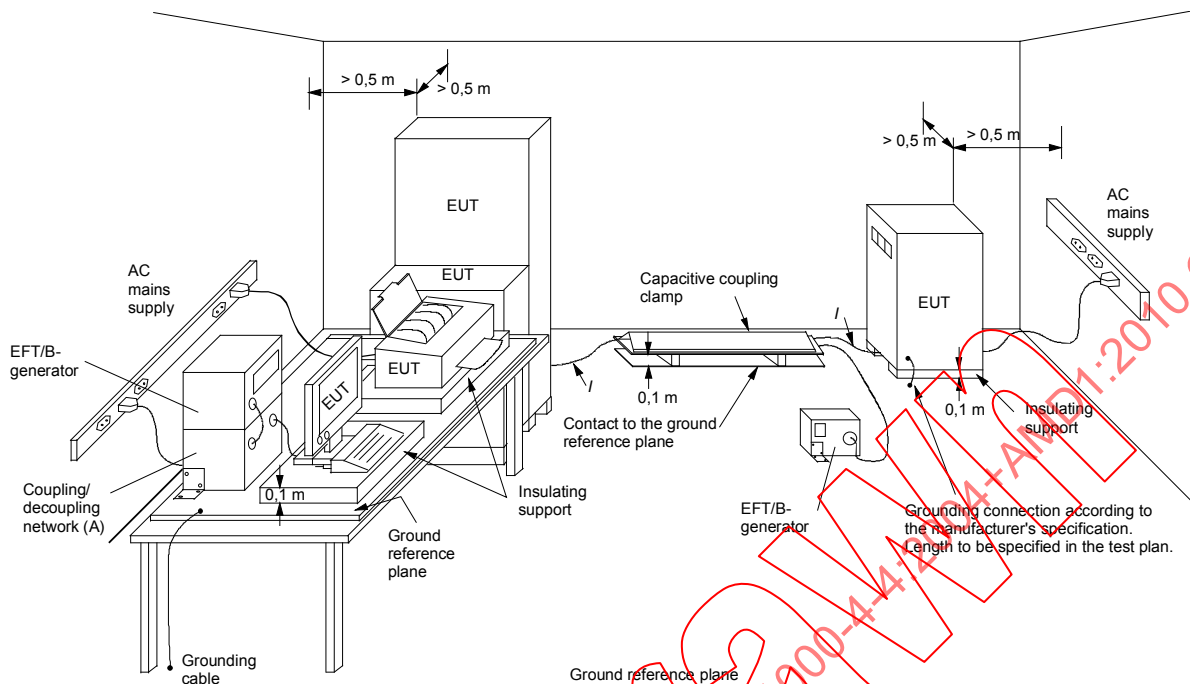


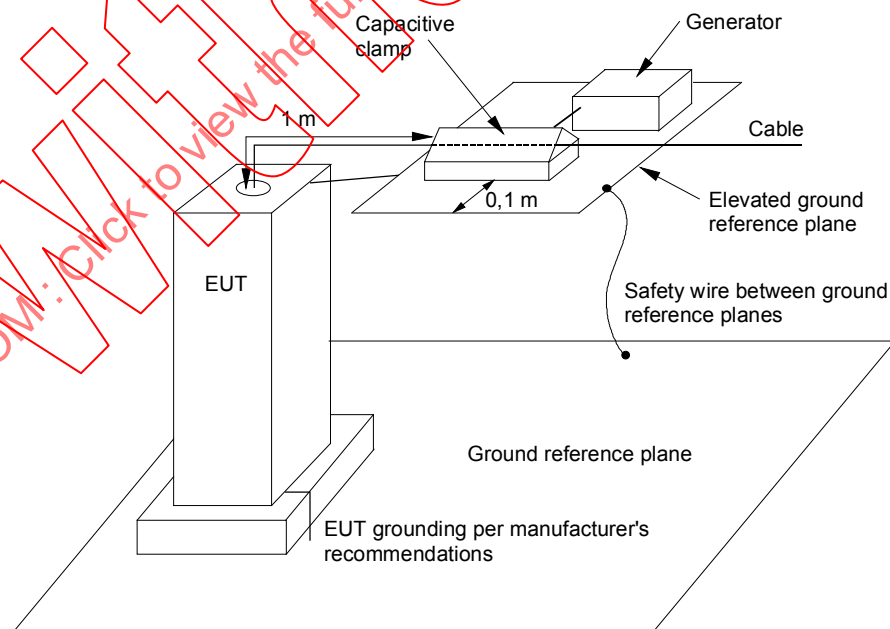
Figure 6 – Block diagram for electrical fast transient/burst immunity test



Key

- / length between clamp and the EUT to be tested (should be $0,5\text{ m} \pm 0,05\text{ m}$)
- (A) location for supply line coupling
- (B) location for signal lines coupling

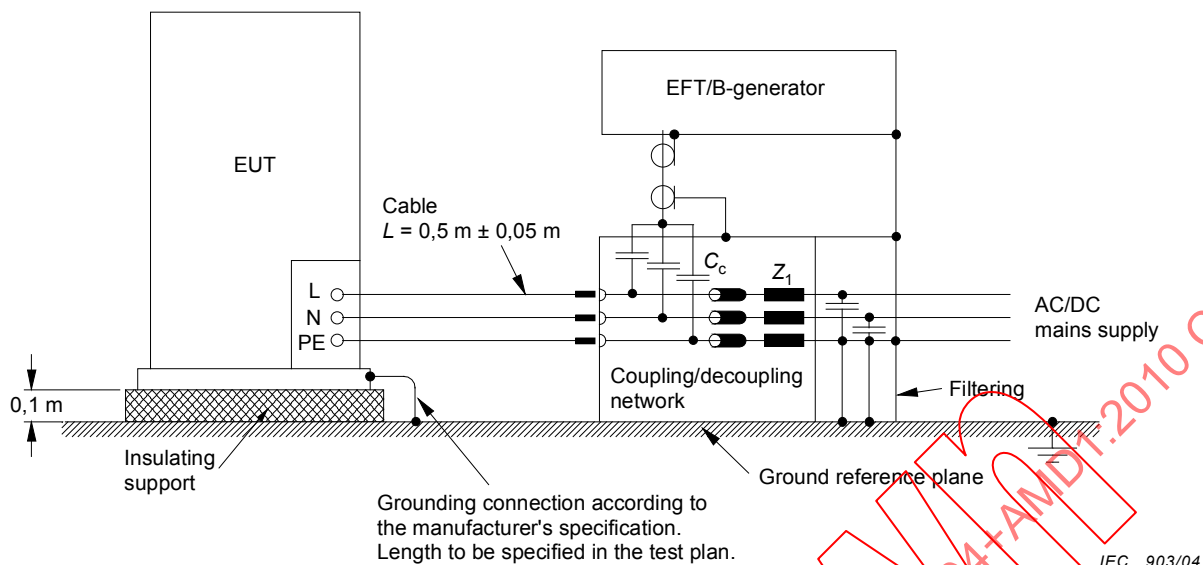
Figure 7 – General test set-up for laboratory type tests



IEC 902/04

NOTE The clamp may be mounted on the wall of a shielded room or any other grounded surface and bonded to the EUT. For large, floor standing systems with cables exiting at the top, the clamp could also be centred 10 cm above the EUT and have cables drop through the centre of the plane.

Figure 8 – Example of a test set-up for rack mounted equipment



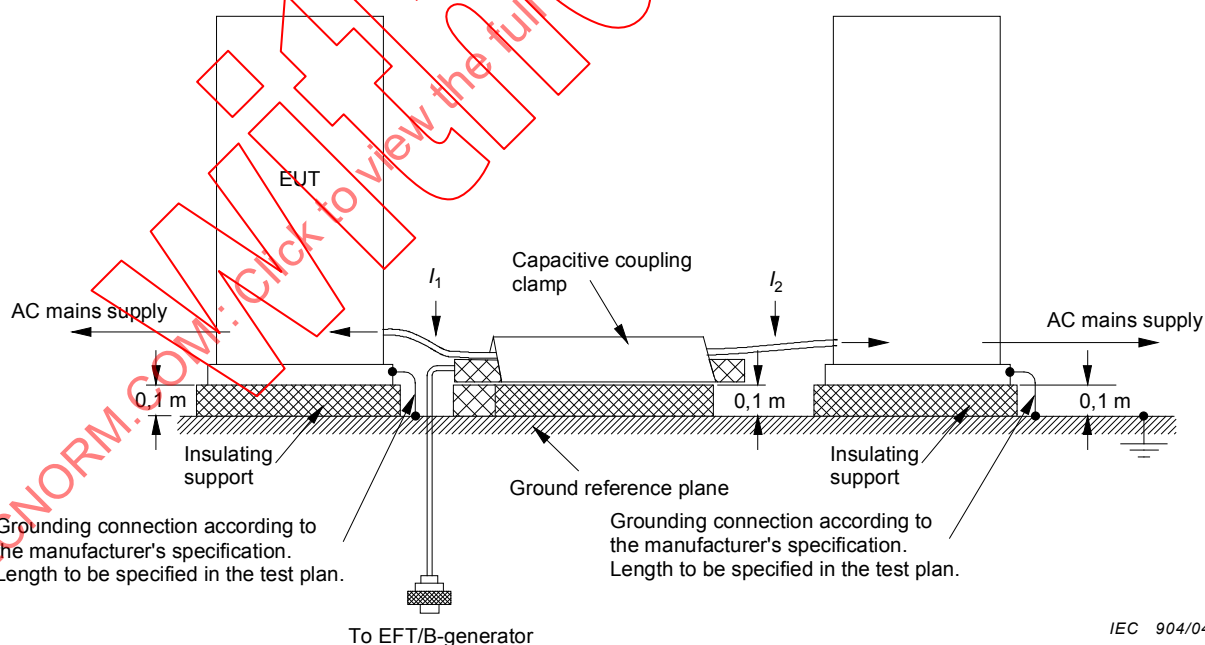
Components

PE	protective earth
N	neutral
L	phase
Z ₁	decoupling inductive
C _c	coupling capacitor

NOTE 1 DC terminals can be treated in a similar way.

NOTE 2 Signal and power cables between the CDN and EUT can be up to 1 m in length if so specified in product or product family standards.

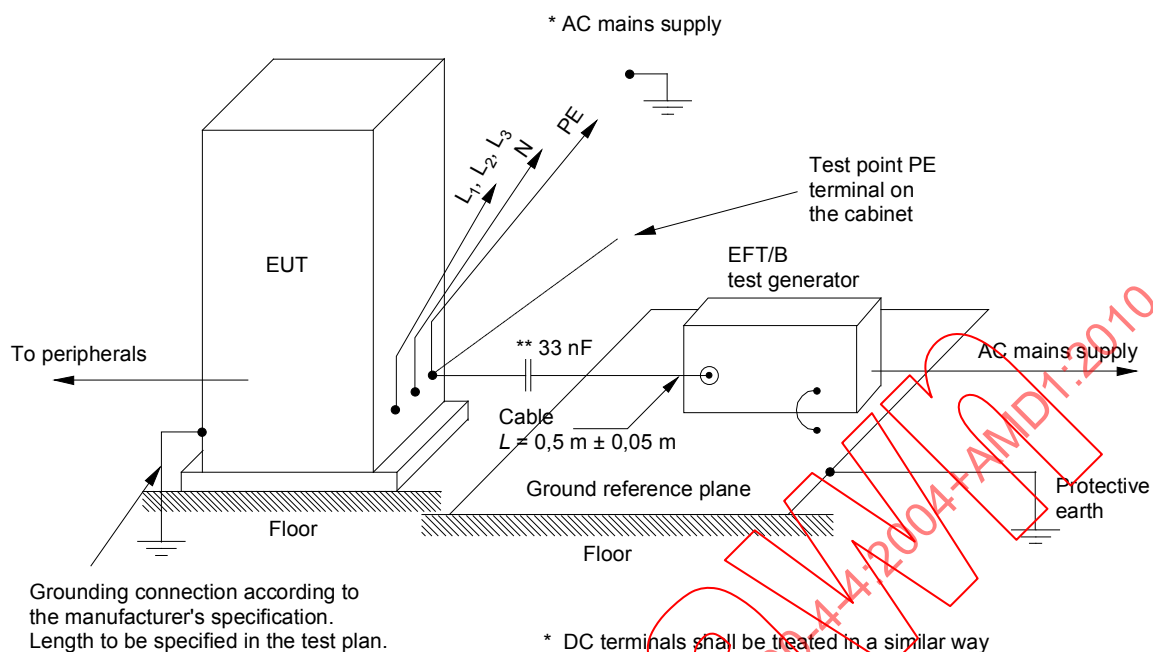
Figure 9 – Example of a test set-up for direct coupling of the test voltage to a a.c./d.c. power supply ports/terminal for laboratory purposes



When both EUTs are tested simultaneously: $l_1 = l_2 = 0.5 \text{ m} \pm 0.05 \text{ m}$ between the clamp and the EUT being tested. When only one EUT is tested, a decoupling network must be inserted between the capacitive coupling and the non-tested EUT.

NOTE The EFT/B generator must be bonded to the ground reference plane.

Figure 10 – Example of test set-up for application of the test voltage by the capacitive coupling clamp for laboratory test purposes

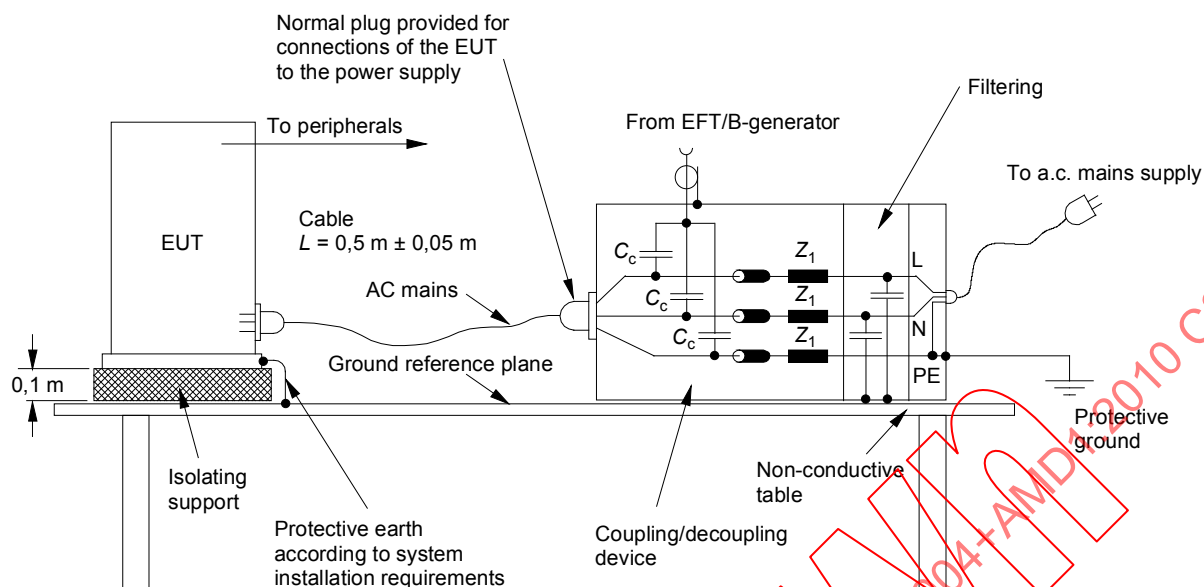


IEC 905/04

Components

PE	protective earth
N	neutral
L ₁ , L ₂ , L ₃	phases

Figure 11 – Example for post-installation test on a.c./d.c. power supply ports and protective earth terminals for stationary, floor-mounted EUT



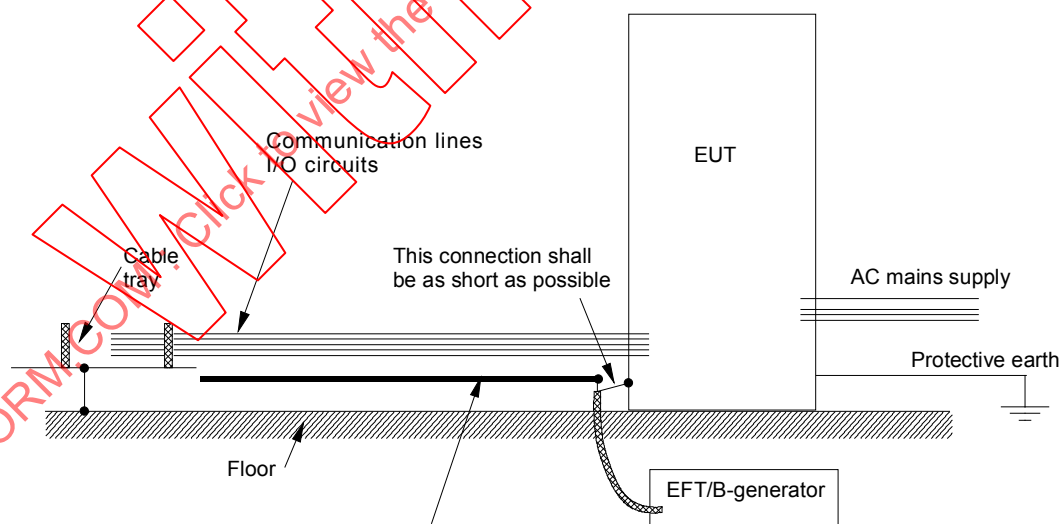
Components

- C_c coupling capacitors = 33 nF
 Z_1 decoupling inductor >100 μ H
 L phase
 N neutral
 PE protective earth

IEC 906/04

NOTE Signal and power cables can be up to 1 m in length if so specified in product or product family standards.

Figure 12 – Example for post-installation test on a.c. mains supply port and protective earth terminals for non-stationary mounted EUT



The coupling device shall be a conductive tape or a metallic foil in parallel or wrapped around as closely as possible to the cables or lines to be tested. The coupling capacitance of the arrangement shall be equivalent to the coupling clamp.

IEC 907/04

Figure 13 – Example of post-installation test on communications and I/O ports without the capacitive coupling clamp

Annex A (informative)

Information on the electrical fast transients

A.1 Introduction

The electrical fast transient burst (EFT) is generated by the switching of inductive loads. This switching transient is commonly referred to as fast transient and may be described in terms of:

- the duration of the burst – which is predominately determined by the energy stored in the inductance prior to switching;
- the repetition rate of the individual transients;
- the varying amplitude of the transients composing a burst – determined mainly by the mechanical and electrical characteristics of the switching contact (speed of the contacts in the opening operation, voltage withstand capability of the contacts in their open condition).

Generally, the EFT has no unique parameters that depend upon the characteristics of the switching contact or the switched load.

A.2 Spike amplitude

The level of the spikes measured on the conductors of a line may have the same value as galvanic connection of this line with the switching contact. In the case of the power supply and some control circuits, this may also be true in the proximity (distance of the order of 1 m) of the contacts. In this case, the disturbance is transferred by induction (e.g. capacitive). The amplitude is a fraction of the level measured at the contacts.

A.3 Rise time

It should be noted however that as the distance from the source increases, the waveform is modified due to propagation losses, dispersion, and reflections due to distortions caused by the connected loads. The rise time of 5 ns assumed for the specifications of the test generator is a compromise that takes into account the effect of the attenuation of the high frequency components in the spike propagation.

A shorter rise time, e.g. 1 ns, would give more conservative test results, and its appropriateness is mainly related to equipment having short connections in the field with reference to the EFT source.

NOTE The actual rise time of the EFT at the source, for voltage range 500 V to 4 kV and more, is very close to the rise time of an electrostatic discharge (in air) – the discharge mechanism being the same.

A.4 Spike duration

The actual duration differs significantly from that specified in the first edition as well in this second edition of the standard. It is however consistent with the duration of the spikes measured as induced voltages in the victim circuits due to less relevance of the low frequency components of the spikes.

A.5 Spike repetition rate

The repetition rate depends on many parameters. For example:

- time constant of the charging circuit (resistance, inductance and distributed capacity of the switched inductive load);
- time constant of the switching circuit, including the impedance of the line connecting this load to the switching contact;
- speed of the contact in the opening action;
- withstanding voltage of the switching contact.

The repetition rate is therefore variable, and the range of one decade or more is quite common.

NOTE In practice, the repetition rate of 100 kHz could have been selected for testing as the compromise repetition rate because of the need to include in one test the range of the most significant parameters of the EFT/B.

A.6 Number of spikes/burst and burst duration

This (these) parameter(s) depends on the energy stored by the switched inductive load as well as the withstand voltage of the switching contact.

The number of spikes/burst is directly related to the spike repetition rate and burst duration. From measured results, most of the duration of bursts are very near to 2 ms, with the exception of the mercury wetted relay, the use of which is not as common as for the other types considered here.

NOTE The 0,75 ms duration was chosen as the reference time for testing at 100 kHz. Accordingly, 75 is the resultant number of spikes/burst.

Annex B (informative)

Selection of the test levels

The test levels should be selected in accordance with the most realistic installation and environmental conditions. These levels are outlined in Clause 5 of this standard.

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.

For testing I/O, control, signal and data EUT ports, use half the test voltage values applied on power supply.

Based on common installation practices, the recommended selection of test levels for EFT/B testing according to the requirements of the electromagnetic environment, is the following:

a) Level 1: Well-protected environment

The installation is characterized by the following attributes:

- suppression of all EFT/B in the switched power supply and control circuits;
- separation between power supply lines (a.c. and d.c.) and control and measurement circuits coming from other environments belonging to higher severity levels;
- shielded power supply cables with the screens earthed at both ends on the reference ground of the installation, and power supply protection by filtering.

The computer room may be representative of this environment.

The applicability of this level to testing of equipment is limited to the power supply circuits for type tests, and to the earthing circuits and equipment cabinets for post-installation tests.

b) Level 2: Protected environment

The installation is characterized by the following attributes:

- partial suppression of EFT/B in the power supply and control circuits which are switched only by relays (no contactors);
- poor separation of the industrial circuits belonging to the industrial environment from other circuits associated with environments of higher severity levels;
- physical separation of unshielded power supply and control cables from signal and communication cables.

The control room or terminal room of industrial and electrical plants may be representative of this environment.

c) Level 3: Typical industrial environment

The installation is characterized by the following attributes:

- no suppression of EFT/B in the power supply and control circuits which are switched only by relays (no contactors);
- poor separation of the industrial circuits from other circuits associated with environments of higher severity levels;
- dedicated cables for power supply, control, signal and communication lines;
- poor separation between power supply, control, signal and communication cables;
- availability of earthing system represented by conductive pipes, earth conductors in the cable trays (connected to the protective earth system) and by a ground mesh.

The area of industrial process equipment may be representative of this environment.

d) Level 4: Severe industrial environment

The installation is characterized by the following attributes:

- no suppression of EFT/B in the power supply and control and power circuits which are switched by relays and contactors;
- no separation of the industrial circuits belonging to the severe industrial environment from other circuits associated with environments of higher severity levels;
- no separation between power supply, control, signal and communication cables;
- use of multicore cables in common for control and signal lines.

The outdoor area of industrial process equipment where no specific installation practice has been adopted, power plants, the relay rooms of open-air H.V. substations and gas insulated substations of up to 500 kV operating voltage (with typical installation practice) may be representative of this environment.

e) Level 5: Special situations to be analysed

The minor or major electromagnetic separation of disturbance sources from equipment circuits, cables, lines etc., and the quality of the installations may require the use of a higher or lower environmental level than those described above. It should be noted that equipment lines of a higher environmental level can penetrate a lower severity environment.

Bibliography

IEC 60050-300:2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Electrical and electronic measurements and measuring instruments – Part 311: General terms relating to measurements – Part 312: General terms relating to electrical measurements – Part 313: Types of electrical measuring instruments – Part 314: Specific terms according to the type of instrument*

IEC 61000-4-4:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 4: Electrical fast transient/burst immunity test*

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61900-4-4:2004+AMD1:2010 CSV

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	36
INTRODUCTION.....	38
1 Domaine d'application	39
2 Références normatives	39
3 Termes et définitions	40
4 Généralités.....	42
5 Niveaux d'essai	42
6 Matériel d'essai	42
6.1 Générateur de salves	43
6.2 Réseau de couplage/découplage pour accès d'alimentation en courant alternatif et continu.....	44
6.3 Pince de couplage capacitive	47
7 Montage d'essai	47
7.1 Matériel d'essai	48
7.2 Montage d'essai pour les essais de type en laboratoire	48
7.3 Montage d'essai pour les essais sur site	50
8 Procédure d'essai.....	51
8.1 Conditions de référence en laboratoire.....	51
8.2 Exécution de l'essai.....	52
9 Evaluation des résultats d'essai	52
10 Rapport d'essai	53
Annexe A (informative) Information sur les transitoires électriques rapides	61
Annexe B (informative) Sélection des niveaux d'essai.....	63
Bibliographie.....	65
Figure 1 – Schéma simplifié d'un générateur de transitoires rapides en salves	54
Figure 2 – Allure générale d'un transitoire rapide en salve.....	54
Figure 3 – Forme d'onde d'une impulsion unique sur une charge de 50 Ω	55
Figure 4 – Réseau de couplage/découplage pour accès et bornes d'alimentation en courant alternatif ou en courant continu	55
Figure 5 – Construction de la pince de couplage capacitive	56
Figure 6 – Diagramme synoptique de l'essai d'immunité de transitoires électriques rapides en salves.....	56
Figure 7 – Montage général d'essai pour les essais de type en laboratoire	57
Figure 8 – Exemple de dispositif d'essai pour un équipement monté en rack	57
Figure 9 – Exemple de montage d'essai pour le couplage direct de la tension d'essai aux accès ou aux bornes d'alimentation en courant alternatif ou en courant continu pour les essais en laboratoire	58
Figure 10 – Exemple de montage d'essai pour l'application de la tension d'essai au moyen de la pince de couplage capacitive pour les essais en laboratoire	58

Figure 11 – Exemple d'essai sur site sur les accès d'alimentation en courant alternatif ou en courant continu sur les bornes de terre de protection pour des EST fixes montés sur le sol	59
Figure 12 – Exemple d'essai sur site sur l'accès d'alimentation en courant alternatif et sur les bornes de terre de protection pour des EST mobiles	60
Figure 13 – Exemple d'essai sur site sur les accès de communication et d'entrée/sortie sans la pince de couplage capacitive	60
Figure 14 – Vérification de la forme d'onde à la sortie de mode commun du réseau de couplage/découplage	46
Tableau 1 – Niveaux d'essai	42
Tableau 2 – Fréquences de répétition des impulsions et valeurs de crête des tensions de sortie	44

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves

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 61000-4-4 comprend la deuxième édition (2004) [documents 77B/419/FDIS et 77B/424/RVD], son amendement 1 (2010) [documents 77B/621/FDIS et 77B/627/RVD] et les corrigenda d'août 2006 et juin 2007. Elle porte le numéro d'édition 2.1.

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 61000-4-4 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 4-4 de la CEI 61000. Elle a le statut de publication fondamentale en CEM en accord avec le Guide 107 de la CEI, *Compatibilité électromagnétique – Guide pour la rédaction des publications sur la compatibilité électromagnétique*.

Cette deuxième édition améliore et clarifie les spécifications du simulateur, les critères de test et les montages d'essai. Seule l'injection en mode commun est demandée.

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 CEI 61000 est publiée sous forme de plusieurs parties séparées, conformément à la structure suivante:

Partie 1: Généralités

Considérations générales (introduction, principes fondamentaux)

Définitions, terminologie

Partie 2: Environnement

Description de l'environnement

Classification de l'environnement

Niveaux de compatibilité

Partie 3: Limites

Limites d'émission

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

Partie 4: Techniques d'essai et de mesure

Techniques de mesure

Techniques d'essai

Partie 5: Guide 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 transitoires électriques rapides en salves.

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61000-4 concerne l'immunité des matériels électriques et électroniques aux transitoires rapides répétitifs. Elle donne les exigences d'immunité et les procédures d'essai relatives aux transitoires électriques rapides en salves. Elle définit en outre des gammes de niveaux d'essais et établit des procédures d'essai.

L'objet de cette norme est d'établir une référence commune et reproductible dans le but d'évaluer l'immunité des matériels électriques et électroniques, quand ils sont soumis aux transitoires électriques rapides en salves sur les accès d'alimentation, de signal, de commande et de terre. La méthode d'essai documentée dans cette partie de la CEI 61000-4 décrit une méthode cohérente dans le but d'évaluer l'immunité d'un matériel ou système vis-à-vis d'un phénomène défini.

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 indique 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, ils sont responsables 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.

Cette norme définit:

- la forme d'onde de l'essai en tension;
- la gamme des niveaux d'essais;
- le matériel d'essai;
- les procédures de vérification du matériel d'essai;
- l'installation d'essai;
- la procédure d'essai.

Cette norme donne des spécifications pour les essais menés en laboratoire et les essais *in situ* réalisés sur le matériel dans l'installation finale.

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 60050-161:1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivantes s'appliquent, ainsi que celles de la CEI 60050-161.

NOTE Plusieurs des termes et définitions les plus pertinents de la CEI 60050-161 sont présentés parmi les définitions ci-dessous.

3.1

salve

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

[VEI 161-02-07]

3.2

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]

3.3

couplage

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

3.4

mode commun (couplage)

couplage simultané de toutes les lignes par rapport au plan de sol

3.5

pince de couplage

dispositif de dimensions et de caractéristiques définies pour le couplage en mode commun du signal perturbateur dans le circuit en essai sans aucune connexion galvanique avec ce dernier

3.6

réseau de couplage

circuit électrique dont le but est de transférer de l'énergie d'un circuit dans un autre

3.7

réseau de découplage

circuit électrique dont le but est d'empêcher la tension de TER/S appliquée à l'EST d'influencer d'autres appareils, équipements ou systèmes qui ne font pas partie de l'essai

3.8

dégradation (de fonctionnement)

écart non désiré des caractéristiques de fonctionnement d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système par rapport aux caractéristiques attendues

NOTE Une dégradation peut être un défaut de fonctionnement temporaire ou permanent.

[VEI 161-01-19]

3.9**TER/S**

transitoire électrique rapide en salve

3.10**compatibilité électromagnétique (CEM)**

aptitude d'un matériel ou d'un système à fonctionner dans son environnement électromagnétique de façon satisfaisante et sans produire lui-même des perturbations électromagnétiques intolérables pour tout ce qui se trouve dans cet environnement

[VEI 161-01-07]

3.11**EST**

matériel soumis à l'essai

3.12**plan de sol**

surface conductrice plate dont le potentiel est pris comme référence

[VEI 161-04-36]

NOTE Le terme plan de référence peut être utilisé en lieu et place de plan de sol.

3.13**immunité (à une perturbation)**

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

[VEI 161-01-20]

3.14**accès**

interface particulier entre l'EST et l'environnement électromagnétique extérieur

3.15**temps de montée**

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

[VEI 161-02-05, modifié]

3.16**transitoire**

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

[VEI 161-02-01]

3.17**vérification**

ensemble des opérations utilisées pour vérifier le système de test (par exemple le générateur d'essai et les câbles d'interconnexion) et pour démontrer que le système de test 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 6.1.2 et 6.2.2 est destinée à être un guide 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.

NOTE 3 Pour les besoins de la présente norme fondamentale en CEM, cette définition est différente de celle donnée dans le VEI 311-01-13.

4 Généralités

L'essai avec des transitoires rapides répétitifs est un essai comportant des salves composées d'un certain nombre de transitoires rapides, couplés sur les accès d'alimentation, de commande, de signal et de terre de matériels électriques et électroniques. Les éléments significatifs de cet essai sont l'amplitude élevée, la brièveté du temps de montée, la grande fréquence de répétition et la faible énergie des transitoires.

L'essai est destiné à démontrer l'immunité des matériels électriques et électroniques lorsqu'ils sont soumis à des perturbations transitoires du type de celles provenant de transitoires de commutation (coupure de charges inductives, rebondissements de contacts de relais, etc.).

5 Niveaux d'essai

Les niveaux d'essai préférentiels pour l'essai aux transitoires rapides, applicables à l'alimentation, la terre de protection, les accès de signal et de commande du matériel sont donnés dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Niveaux d'essai

Tension d'essai de sortie en circuit ouvert et taux de répétition des impulsions				
Niveau	Sur l'accès de puissance, PE		Sur les signaux E/S (entrée/sortie), les accès de données et de commande	
	Tension de crête kV	Fréquence de répétition kHz	Tension de crête kV	Fréquence de répétition kHz
1	0,5	5 ou 100	0,25	5 ou 100
2	1	5 ou 100	0,5	5 ou 100
3	2	5 ou 100	1	5 ou 100
4	4	5 ou 100	2	5 ou 100
X ^a	Spécial	Spécial	Spécial	Spécial
NOTE 1 Il est traditionnel d'utiliser des fréquences de répétition de 5 kHz; cependant, 100 kHz est plus près de la réalité. Il convient que les comités de produits déterminent quelles fréquences sont adaptées à des produits particuliers ou à des types de produits.				
NOTE 2 Avec certains produits, il peut ne pas y avoir de distinction claire entre accès de puissance et d'entrées/sorties, auquel cas c'est aux comités de produits de le déterminer pour les besoins de l'essai.				
^a «X» est un niveau ouvert. Ce niveau doit être défini dans la spécification du matériel approprié.				

Ces tensions de sortie en circuit ouvert seront indiquées sur le générateur TER/S. Pour le choix des niveaux, voir l'Annexe B.

6 Matériel d'essai

Les procédures de vérification de 6.1.2 et 6.2.2 sont destinées à être un guide en vue d'assurer le fonctionnement correct du générateur d'essai, des réseaux de couplage/découplage, ainsi que des autres dispositifs constituant l'installation d'essai, de façon que la forme d'onde prévue soit délivrée à l'EST.

6.1 Générateur de salves

La Figure 1 montre le schéma simplifié du générateur. Les éléments du circuit C_c , R_s , R_m et C_d , sont sélectionnés de telle sorte que le générateur fournisse un transitoire rapide dans des conditions de circuit ouvert et avec une charge résistive de 50 Ω . L'impédance de sortie efficace du générateur doit être de 50 Ω .

Les éléments principaux du générateur d'essai sont:

- la source haute tension;
- la résistance de charge;
- le condensateur de stockage d'énergie;
- l'interrupteur haute tension;
- la résistance déterminant la durée de l'impulsion;
- la résistance d'adaptation d'impédance;
- le condensateur de blocage du courant continu.

6.1.1 Caractéristiques du générateur de transitoires rapides en salves

Les caractéristiques du générateur de transitoires rapides en salves sont les suivantes.

- La plage de tensions de sortie avec une charge de 1 000 Ω doit être d'au moins 0,25 kV à 4 kV.
- La plage de tensions de sortie avec une charge de 50 Ω doit être d'au moins 0,125 kV à 2 kV.

Le générateur doit pouvoir fonctionner en court-circuit.

Caractéristiques:

- | | |
|---|---|
| – polarité: | positive/négative |
| – type de sortie: | coaxiale, 50 Ω |
| – condensateur de blocage du courant continu: | 10 nF $\pm$ 20 % |
| – fréquence de répétition: | (voir Tableau 2) $\pm$ 20 % |
| – relation avec l'alimentation: | asynchrone |
| – durée de la salve:
(voir Figure 2) | 15 ms $\pm$ 20 % à 5 kHz
0,75 ms $\pm$ 20 % à 100 kHz |
| – période de la salve:
(voir Figure 2) | 300 ms $\pm$ 20 % |
| – forme d'onde de l'impulsion | |
| • sur charge de 50 Ω : | temps de montée t_r = 5 ns $\pm$ 30 %
durée t_d (à 50 %) = 50 ns $\pm$ 30 %
tension crête = selon le Tableau 2, $\pm$ 10 %
(voir Figure 3 pour la forme d'onde sur 50 Ω) |
| • sur charge de 1 000 Ω : | temps de montée t_r = 5 ns $\pm$ 30 %
durée t_d (à 50 %) = 50 ns avec une tolérance de –15 ns à +100 ns
tension crête = selon le Tableau 2, $\pm$ 20 %
(voir Note 2 sous le Tableau 2) |

- impédance de la charge d'essai: $50 \Omega \pm 2 \%$
 $1\,000 \Omega \pm 2 \%$ en parallèle avec $\leq 6 \text{ pF}$. La mesure de la résistance est faite en courant continu, et celle de la capacité l'est en utilisant un capacimètre commercialement disponible qui fonctionne aux basses fréquences.

6.1.2 Vérification des caractéristiques du générateur de transitoires rapides en salves

Les caractéristiques du générateur d'essai doivent être vérifiées de manière à établir une référence commune pour tous les générateurs. A cette fin, la procédure suivante doit être entreprise.

La sortie du générateur d'essai doit être connectée à une charge coaxiale de 50Ω ainsi qu'à une charge coaxiale de $1\,000 \Omega$, et la tension enregistrée avec un oscilloscope. La bande passante à -3 dB de l'équipement de mesure et de l'impédance de la charge d'essai doit être d'au moins 400 MHz . L'impédance de la charge d'essai à $1\,000 \Omega$ devient vraisemblablement un réseau complexe. Le temps de montée, la durée de l'impulsion et la fréquence de répétition des impulsions à l'intérieur d'une salve doivent être enregistrés ainsi que la durée et la période de la salve.

Pour chacune des tensions de consigne du Tableau 2, mesurer la tension de sortie sur une charge de 50Ω [V_c (50Ω)]. Cette tension mesurée doit être $[0,5 \times V_c$ (circuit ouvert)] $\pm 10 \%$.

Avec le même réglage du générateur (tension de consigne), mesurer la tension sur une charge de $1\,000 \Omega$ [V_c ($1\,000 \Omega$)]. Cette tension mesurée doit être V_c (circuit ouvert) $\pm 20 \%$.

NOTE 1 Il convient de prendre des mesures pour que la capacité parasite soit minimale.

Tableau 2 – Fréquences de répétition des impulsions et valeurs de crête des tensions de sortie

Tension de consigne kV	V_c (circuit ouvert) kV	V_c ($1\,000 \Omega$) kV	V_c (50Ω) kV	Fréquence de répétition kHz
0,25	0,25	0,24	0,125	5 ou 100
0,5	0,5	0,48	0,25	5 ou 100
1	1	0,95	0,5	5 ou 100
2	2	1,9	1	5 ou 100
4	4	3,8	2	5 ou 100

NOTE 2 L'utilisation d'une résistance de charge de $1\,000 \Omega$ va automatiquement entraîner la lecture d'une tension de 5% inférieure à la tension de consigne comme indiqué à la colonne V_c ($1\,000 \Omega$). La lecture V_c à $1\,000 \Omega = V_c$ (circuit ouvert) multipliée par $1\,000/1\,050$ (le rapport de la charge d'essai à l'impédance totale du circuit de $1\,000 \Omega$ plus 50Ω).

NOTE 3 Avec la charge de 50Ω , la tension de sortie mesurée est égale à $0,5$ fois la valeur de la tension en circuit ouvert comme cela apparaît dans le tableau ci-dessus.

6.2 Réseau de couplage/découplage pour accès d'alimentation en courant alternatif et continu

Le réseau de couplage/découplage est requis pour les essais de recette sur les accès de l'alimentation c.a./c.c.

Le schéma du circuit (exemple donné pour une alimentation triphasée) est donné à la Figure 4.

La forme d'onde du générateur de TER/S doit être vérifiée à la sortie du réseau de couplage selon 6.2.2.

6.2.1 Caractéristiques du réseau de couplage/découplage

Les caractéristiques du réseau de couplage/découplage sont les suivantes:

- condensateurs de couplage: 33 nF;
- mode de couplage: mode commun.

6.2.2 Vérification des caractéristiques du réseau de couplage/découplage

~~Les exigences données en 6.1.2 s'appliquent aussi au matériel de mesure qui est utilisé pour la vérification des caractéristiques du réseau de couplage/découplage.~~

~~La forme d'onde doit être vérifiée à la sortie de mode commun du réseau de couplage/découplage avec une seule terminaison 50 Ω , toutes les sorties étant reliées ensemble, comme représenté à la Figure 14. En complément à la vérification de la forme d'onde à la sortie de mode commun du réseau de couplage/découplage, il est recommandé que chaque sortie individuelle soit vérifiée pour s'assurer que toutes les sorties sont fonctionnelles.~~

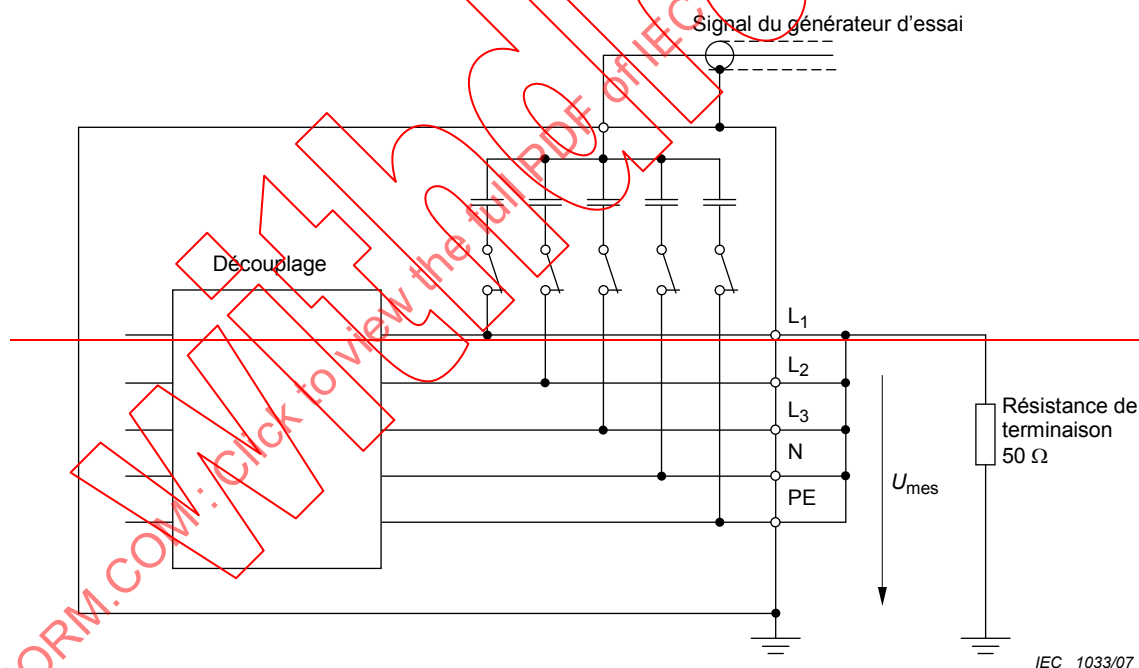


Figure 14 — Vérification de la forme d'onde à la sortie de mode commun du réseau de couplage/découplage

~~La vérification est effectuée avec la tension de sortie du générateur fixée à une tension nominale de 4 kV. Le générateur est connecté à l'entrée du réseau de couplage/découplage. La sortie du RCD (connectée normalement à l'EST) est terminée par une charge de 50 Ω . La tension crête et la forme d'onde sont enregistrées.~~

~~Le temps de montée des impulsions (valeur de 10 % à 90 %) doit être 5 ns $\pm$ 30 %.~~

~~La durée d'impulsion (valeur à 50 %) doit être 50 ns $\pm$ 30 % avec la charge de 50 Ω .~~

~~Tension de crête $\pm 10\%$ selon le Tableau 2.~~

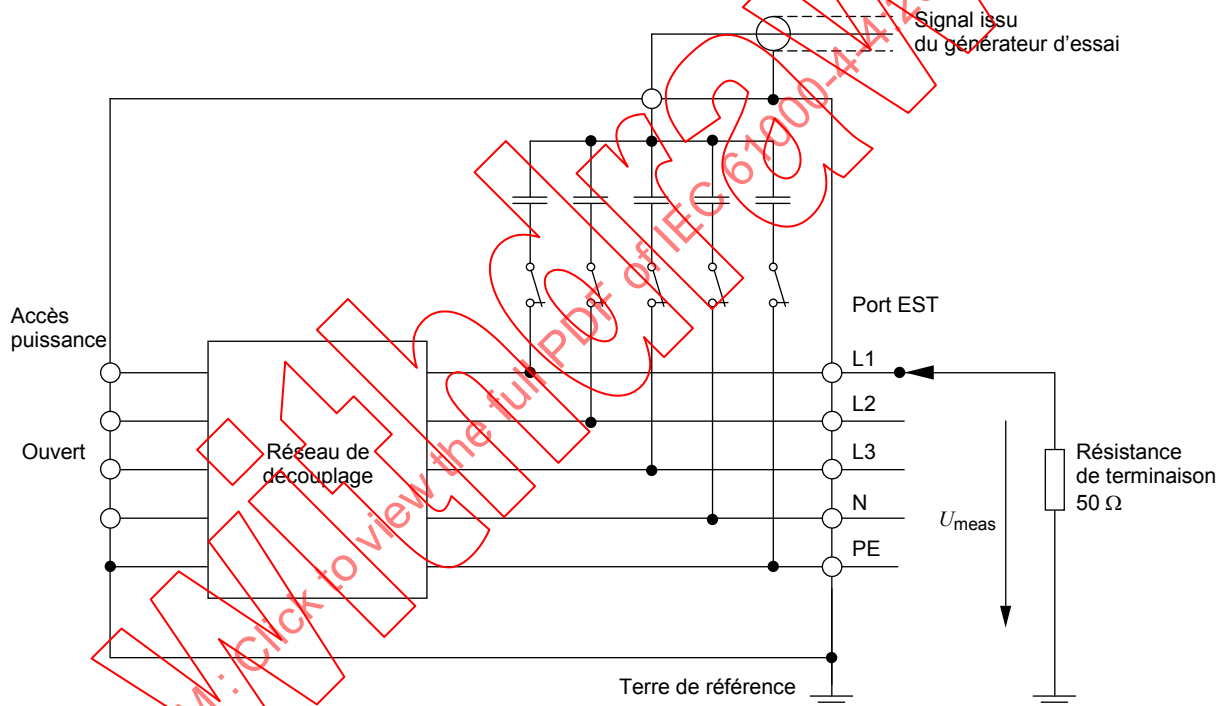
~~Quand l'EST et le réseau d'alimentation sont déconnectés, la tension impulsionnelle résiduelle d'essai sur les entrées du réseau de couplage/découplage ne doit pas excéder 10% de la tension d'essai appliquée.~~

~~NOTE Des réseaux de couplage/découplage conçus conformément à l'édition 1 de la CEI 61000-4-4 (1995) peuvent nécessiter des modifications mineures pour satisfaire aux exigences de mode commun de ce document.~~

Les exigences données en 6.1.2 s'appliquent aussi au matériel de mesure utilisé pour la vérification des caractéristiques du réseau de couplage/découplage.

La forme d'onde doit être vérifiée individuellement pour chaque ligne de couplage à chaque borne de sortie (L1, L2, L3, N et PE) du réseau de couplage/découplage, avec une seule terminaison $50\ \Omega$ reliée à la terre de référence. La Figure 14 montre une des cinq mesures de vérification; celle de L1 à la terre de référence.

NOTE La vérification de chaque ligne de couplage séparément est effectuée afin de s'assurer que chaque ligne fonctionne correctement et est étalonnée.



IEC 126/10

Figure 14 – Vérification de la forme d'onde à la sortie de mode commun du réseau de couplage/découplage

La vérification est effectuée avec la sortie du générateur à une tension réglée à 4 kV. Le générateur est connecté à l'entrée du réseau de couplage/découplage. Chaque sortie du RCD (connectée à l'EST en conditions normales) est terminée avec une charge de $50\ \Omega$ alors que les autres sorties sont ouvertes. La tension crête et la forme d'onde sont enregistrées.

Le temps de montée des impulsions (valeur de 10% à 90%) doit être $5\text{ ns} \pm 1,5\text{ ns}$.

La durée d'impulsion (valeur à 50%) doit être $50\text{ ns} \pm 15\text{ ns}$.

La tension de crête doit être $2\text{ kV} \pm 0,2\text{ kV}$ selon le Tableau 2.

Quand l'EST et le réseau d'alimentation sont déconnectés, la tension impulsionnelle résiduelle d'essai sur les entrées du réseau de couplage/découplage ne doit pas excéder 10 % de la tension d'essai appliquée.

6.3 Pince de couplage capacitive

Ce dispositif offre la possibilité de coupler les transitoires rapides en salves au circuit en essai sans aucune liaison galvanique avec les bornes des accès de l'EST, les blindages des câbles ou toute autre partie de l'EST.

La capacité de couplage de la pince dépend du diamètre et du matériau des câbles, et de leur blindage (s'il y en a).

Le dispositif est composé d'une pince (en acier galvanisé, en laiton, en cuivre ou en aluminium, par exemple) permettant de loger les câbles (plats ou ronds) des circuits en essai; il doit être placé sur un plan de référence d'une surface d'au moins 1 m². Le plan de référence doit dépasser de la pince d'au moins 0,1 m sur tous les côtés.

La pince doit être équipée aux deux extrémités d'un connecteur coaxial haute tension pour le raccordement au générateur d'essai à l'une ou l'autre extrémité. Le générateur doit être connecté à l'extrémité de la pince la plus proche de l'EST.

La pince doit être fermée au maximum afin d'obtenir une capacité de couplage maximale entre le câble et la pince.

La disposition mécanique recommandée de la pince de couplage est donnée à la Figure 5; elle détermine ses caractéristiques, telles que la réponse en fréquence, l'impédance, etc.

Caractéristiques:

- capacité de couplage typique entre câble et pince: 100 pF à 1 000 pF;
- diamètres utilisables des câbles ronds: 4 mm à 40 mm;
- tenue diélectrique: 5 kV (impulsion d'essai: 1,2/50 µs).

La méthode de couplage par pince est exigée pour les essais de recette sur les lignes connectées aux accès d'entrée/sortie et aux accès de communication. Elle peut aussi être utilisée aux accès d'alimentation en courant alternatif ou continu seulement si le réseau de couplage/découplage défini en 6.2 n'est pas utilisable.

7 Montage d'essai

Des types d'essais différents basés sur des environnements d'essai sont définis. Ce sont:

- les essais de type (de conformité) réalisés en laboratoire;
- les essais après installation effectués sur les matériels dans les conditions finales d'installation.

La méthode des essais de type effectués en laboratoire est préférable.

La disposition de l'EST doit être en accord avec les instructions d'installation fournies par le fabricant (si elles existent).

7.1 Matériel d'essai

Le montage d'essai comporte l'équipement suivant (voir Figure 6):

- plan de référence;
- dispositif de couplage (réseau ou pince);
- réseau de découplage;
- générateur d'essai.

7.2 Montage d'essai pour les essais de type en laboratoire

7.2.1 Conditions d'essai

Les exigences suivantes s'appliquent aux essais exécutés en laboratoire dans les conditions d'environnement de référence décrites en 8.1.

Les EST fixes montés sur le sol, de table et les matériels conçus pour être montés dans d'autres configurations doivent être placés sur un plan de référence et doivent en être isolés par un support isolant de $0,1 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$ d'épaisseur (voir Figure 7).

Dans le cas du matériel de table, il convient de disposer l'EST à $0,1 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$ au-dessus du plan de référence (voir Figure 7). Le matériel normalement monté sur des plafonds ou des murs doit être testé comme du matériel de table avec l'EST situé à $0,1 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$ au-dessus du plan de référence.

Le générateur d'essai et le réseau de couplage/découplage doivent être placés directement sur le plan de référence et y être fixés.

Le plan de référence doit être une feuille de métal (cuivre ou aluminium) d'au moins $0,25 \text{ mm}$ d'épaisseur; d'autres matériaux métalliques peuvent être utilisés, mais ils doivent alors avoir une épaisseur d'au moins $0,65 \text{ mm}$.

La dimension minimale du plan de référence est de $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$. La dimension réelle dépend des dimensions de l'EST.

Le plan de référence doit dépasser d'au moins $0,1 \text{ m}$ de toutes les faces de l'EST.

Le plan de référence doit être connecté à la terre de protection («ground» dans la terminologie US).

L'EST doit être disposé et connecté de manière à satisfaire à ses prescriptions fonctionnelles conformément aux spécifications d'installation du matériel.

La distance minimale entre l'EST et toutes les autres structures conductrices (par exemple les parois d'une cabine blindée), à l'exception du plan de référence, doit être supérieure à $0,5 \text{ m}$.

Tous les câbles de l'EST doivent être disposés sur le support isolant, à $0,1 \text{ m}$ au-dessus du plan de référence. Les câbles non soumis aux transitoires électriques rapides doivent être routés le plus loin possible du câble en essai afin de minimiser le couplage entre les câbles.

L'EST doit être relié au circuit de mise à la terre suivant les spécifications d'installation du fabricant; aucun raccordement supplémentaire à la terre n'est autorisé.

L'impédance de connexion des conducteurs de terre du réseau de couplage/découplage au plan de référence ainsi que toutes les liaisons doivent avoir une inductance minimale.

Soit un réseau de couplage direct soit une pince capacitive doivent être utilisés pour l'application des tensions d'essai. Celles-ci doivent être couplées à tous les accès de l'EST, y compris ceux qui se trouvent entre deux unités du matériel impliqué dans l'essai, à moins que la longueur du câble d'interconnexion rende l'essai impossible.

Des réseaux de découplage doivent être utilisés pour protéger les équipements auxiliaires et les réseaux publics.

Lors de l'utilisation de la pince de couplage, la distance minimale entre les plaques de couplage et toutes les autres structures conductrices, à l'exception du plan de référence situé sous la pince de couplage et sous l'EST, doit être de 0,5 m.

Sauf spécifié différemment dans la norme de produit ou de famille de produits, la longueur des lignes de signaux et d'alimentation entre le dispositif de couplage et l'EST doit être $0,5 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$.

Si le fabricant a muni son équipement d'un câble secteur non amovible d'une longueur supérieure à $0,5 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$, la longueur en excès de ce câble doit être repliée afin d'éviter une bobine plate et doit être située à une distance de 0,1 m au-dessus du plan de référence.

Les Figures 7 et 8 donnent des exemples du montage d'essai pour des essais de type en laboratoire.

A la Figure 8, un plan de référence additionnel connecté au châssis de l'EST est utilisé.

7.2.2 Méthode de couplage de la tension d'essai à l'EST

La méthode du couplage de la tension d'essai à l'EST dépend du type d'accès (comme indiqué ci-dessous).

7.2.2.1 Accès d'alimentation

Un exemple de montage d'essai de la tension perturbatrice de TER/S utilisant un réseau de couplage/découplage pour le couplage direct est donné à la Figure 9. C'est la méthode préférentielle de couplage aux accès d'alimentation.

Si un réseau de couplage/découplage approprié ne peut être obtenu, c'est-à-dire pour des courants alternatifs $> 100 \text{ A}$, d'autres méthodes peuvent être employées; cependant, l'utilisation de la pince capacitive n'est pas encouragée car son efficacité à coupler les salves est considérablement plus faible que l'injection directe par condensateurs de 33 nF.

7.2.2.2 Accès d'entrée/sortie et de communication

Les exemples donnés aux Figures 7 et 10 montrent comment utiliser la pince de couplage capacitive pour appliquer la tension d'essai perturbatrice aux accès d'entrée/sortie et de communication. Quand on utilise la pince de couplage capacitive, il convient de correctement découpler le matériel non testé ou auxiliaire.

7.2.2.3 Connexions de terre des armoires

Le point d'essai de l'armoire doit être la borne du conducteur de terre de protection.

La tension d'essai doit être appliquée à la connexion de terre de protection (PE) par le réseau de couplage/découplage selon la Figure 11.

7.3 Montage d'essai pour les essais sur site

Ces essais sont optionnels. Ils peuvent être appliqués uniquement après entente entre le constructeur et le client. On doit considérer que l'essai lui-même peut être destructif pour l'EST et que d'autres matériels situés à proximité peuvent être endommagés ou autrement affectés de façon inacceptable.

L'équipement ou le système doit être essayé dans les conditions finales d'installation. Les essais sur site doivent être effectués sans réseaux de couplage/découplage afin de simuler d'une façon aussi réaliste que possible l'environnement électromagnétique réel.

Si des matériels ou des systèmes autres que l'EST sont indûment affectés pendant la procédure d'essai, des réseaux de découplage doivent être utilisés après accord entre l'utilisateur et le fabricant.

7.3.1 Essai sur les accès d'alimentation et sur les bornes de terre de protection

7.3.1.1 Matériel fixe, monté sur le sol

La tension d'essai doit être appliquée simultanément entre un plan de terre de référence et toutes les bornes de l'alimentation, alternative ou continue, et la borne de terre de protection ou la borne de terre fonctionnelle sur l'armoire de l'EST.

Pour le montage d'essai, se reporter à la Figure 11.

Un plan de référence d'une surface minimale de 1 m² (comme décrit en 7.2.1) doit être monté à proximité de l'EST et connecté au conducteur de terre de protection sur l'embase d'alimentation secteur.

Le générateur de TER/S doit être posé sur le plan de référence. La longueur du «fil chaud» de la sortie coaxiale du générateur de TER/S aux bornes de l'EST doit être 0,5 m ± 0,05 m. Cette connexion doit être non blindée, mais bien isolée. Si des condensateurs de blocage continu/alternatif sont nécessaires, leur capacité doit être de 33 nF. Il convient que toutes les autres connexions de l'EST soient réalisées conformément à son mode de fonctionnement.

7.3.1.2 EST mobile, connecté au secteur d'alimentation par un câble souple et des fiches

La tension d'essai doit être appliquée entre chacun des conducteurs de l'alimentation et la terre de protection de l'embase secteur sur laquelle l'EST doit être connecté (voir Figure 12).

7.3.2 Essai sur les accès d'entrée/sortie et de communication

La pince de couplage capacitive est la méthode préférentielle pour le couplage de la tension d'essai aux accès d'entrée/sortie et de communication. Cependant, si l'on ne peut pas utiliser la pince du fait de problèmes mécaniques dans le câblage (dimensions, cheminement des câbles), elle doit être remplacée par une bande conductrice ou une feuille métallique enveloppant les câbles en essai. Il convient que la capacité de ce montage de couplage utilisant une bande ou une feuille soit équivalente à celle de la pince de couplage normalisée.

Une autre méthode consiste à coupler le générateur de TER/S aux bornes des lignes par l'intermédiaire de condensateurs discrets de 100 pF, à la place de la capacité répartie de la pince ou du montage utilisant une bande ou une feuille métallique.

Si un EST contient beaucoup d'accès similaires, le fabricant peut choisir de tester un nombre représentatif de câbles dans la mesure où ils sont clairement identifiés.

La mise à la terre du câble coaxial du générateur d'essai doit être faite à proximité du point de couplage. L'application de la tension d'essai aux connecteurs (fils chauds) de lignes de communications coaxiales ou blindées n'est pas permise.

Il convient d'appliquer la tension d'essai de manière à ce que la protection apportée par le blindage de l'équipement ne soit pas réduite. Se reporter à la Figure 13 pour la configuration d'essai.

Les résultats d'essai obtenus avec le mode de couplage par condensateurs discrets ont des chances d'être différents de ceux obtenus avec la pince de couplage ou avec le couplage par feuille. De ce fait, les niveaux d'essai spécifiés dans l'Article 5 pourront être modifiés par un comité de produit dans une norme de produit afin de prendre en compte les caractéristiques significatives de l'installation.

Pour les essais sur site, il peut être convenu entre fabricant et utilisateur que des câbles externes puissent être testés en routant simultanément tous les câbles dans la pince de couplage.

8 Procédure d'essai

Le fonctionnement du matériel d'essai doit être contrôlé avant l'essai. Ce contrôle peut se limiter habituellement, pour le générateur, à l'existence de la salve à la sortie du dispositif de couplage.

La procédure d'essai comprend

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

8.1 Conditions de référence en laboratoire

Afin de réduire au minimum l'influence des paramètres d'environnement sur les résultats d'essai, l'essai doit être effectué dans les conditions de référence climatiques et électromagnétiques spécifiées 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 suffisamment de preuves 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 doivent être telles qu'elles garantissent le fonctionnement correct de l'EST afin de ne pas avoir d'influence sur les résultats d'essai.

8.2 Exécution de l'essai

L'essai doit être effectué sur la base d'un programme d'essai qui doit comprendre la vérification du comportement de l'EST tel qu'il est défini dans la spécification technique.

L'EST doit être dans les conditions de fonctionnement normales.

Le programme d'essai doit spécifier

- le type d'essai devant être réalisé;
- le niveau d'essai;
- la polarité de la tension d'essai (les deux polarités sont obligatoires);
- le générateur interne ou externe;
- la durée de l'essai non inférieure à 1 min (1 min a été choisie afin d'accélérer l'essai; cependant, afin d'éviter la synchronisation, la durée de test peut être séparée en 6 salves de 10 s séparées d'une pause de 10 s. Dans l'environnement réel, des salves surviennent aléatoirement comme des événements isolés. Il n'est pas prévu que la salve soit synchronisée avec les signaux de l'EST. Les comités de produits peuvent choisir d'autres durées d'essai.);
- le nombre d'applications de la tension d'essai;
- les accès de l'EST devant être soumis à l'essai;
- les conditions de fonctionnement représentatives de l'EST;
- la séquence d'application de la tension d'essai aux accès de l'EST, l'un après l'autre ou à des câbles faisant partie de plus d'un circuit, etc.;
- le matériel auxiliaire.

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 la suivante:

- 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.

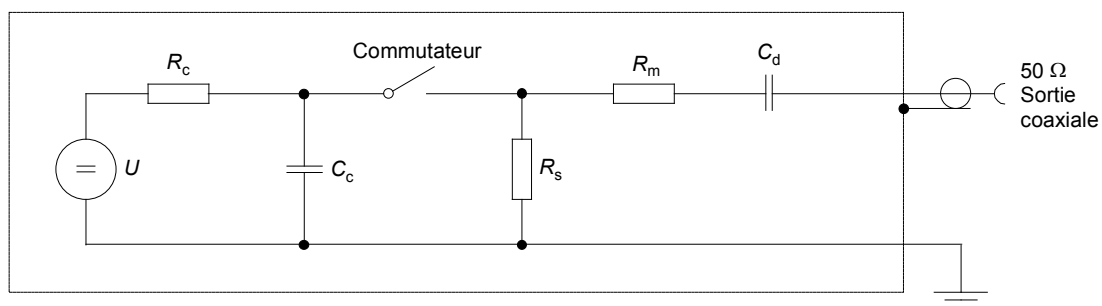
Cette classification peut être utilisée comme un guide pour l'élaboration des critères d'aptitude à la fonction, par les comités responsables des normes génériques, de produit ou de famille de produits, ou comme un cadre pour l'accord sur les critères d'aptitude à la fonction entre le constructeur et 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 l'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 câbles, blindage ou raccordement à la terre, ou les conditions de fonctionnement de l'EST, qui sont requises pour assurer la conformité.

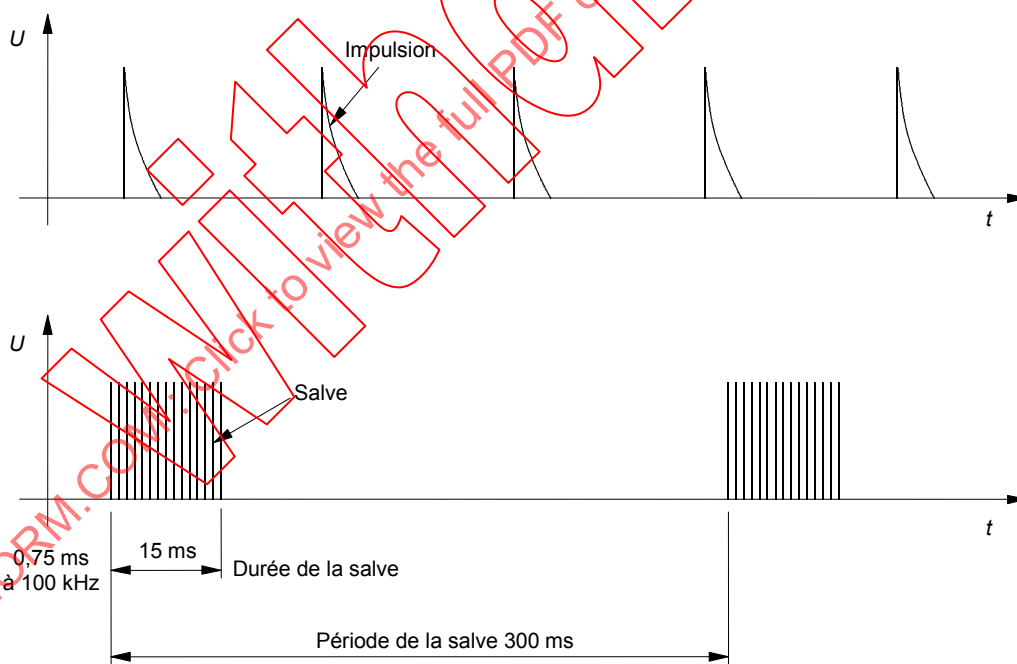
En ce qui concerne l'incertitude de mesure, il est suffisant de déclarer que le matériel d'essai respecte les exigences de l'écart admissible par la CEI 61000-4-4; cependant, quand on vérifie la conformité avec les tolérances spécifiées, l'incertitude d'étalonnage est à prendre en compte.



Composants

- U source à haute tension
- R_c résistance de charge
- C_c condensateur de stockage d'énergie
- R_s résistance déterminant la durée de l'impulsion
- R_m résistance d'adaptation d'impédance
- C_d condensateur de blocage du courant continu

Figure 1 – Schéma simplifié d'un générateur de transitoires rapides en salves



IEC 896/04

Figure 2 – Allure générale d'un transitoire rapide en salve