

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1000-4-5**

Première édition
First edition
1995-02

Compatibilité électromagnétique (CEM) –

Partie 4:

Techniques d'essai et de mesure –

Section 5: Essai d'immunité aux ondes de choc

Electromagnetic compatibility (EMC) –

Part 4:

Testing and measurement techniques –

Section 5: Surge immunity test



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1000-4-5: 1995

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*, which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1000-4-5**

Première édition
First edition
1995-02

Compatibilité électromagnétique (CEM) –

Partie 4:

Techniques d'essai et de mesure –

Section 5: Essai d'immunité aux ondes de choc

Electromagnetic compatibility (EMC) –

Part 4:

Testing and measurement techniques –

Section 5: Surge immunity test

© CEI 1995 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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 the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

W

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

AVA Documents
Document Sharing Hub

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	8
 Articles	
1 Domaine d'application et objet	10
2 Références normatives	10
3 Généralités	12
3.1 Transitoires de manoeuvre	12
3.2 Transitoires de foudre	12
3.3 Simulation des transitoires	12
4 Définitions	14
5 Niveaux d'essai	16
6 Instrumentation d'essai	18
6.1 Générateur (hybride) d'ondes combinées (1,2/50 μ s – 8/20 μ s)	18
6.2 Générateur d'essai 10/700 μ s suivant le CCITT	20
6.3 Réseaux de couplage/découplage	22
7 Montage d'essai	26
7.1 Matériel d'essai	26
7.2 Montage d'essai pour les essais pratiqués sur l'alimentation de l'EST	26
7.3 Montage d'essai pour les essais pratiqués sur les lignes d'interconnexion non symétriques et non blindées	28
7.4 Montage d'essai pour les essais pratiqués sur les lignes d'interconnexion ou de télécommunications symétriques non blindées (figure 12)	28
7.5 Montage d'essai pour les essais pratiqués sur les lignes blindées	28
7.6 Montage d'essai pour l'application de différences de potentiel	30
7.7 Autres montages d'essai	30
7.8 Conditions d'essai	30
8 Procédure d'essai	30
8.1 Conditions de référence en laboratoire	30
8.2 Application de l'onde de choc en laboratoire	32
9 Résultats d'essai et compte rendu d'essai	34
 Tableaux	
1 Niveaux d'essai	16
2 Définitions des paramètres de la forme d'onde 1,2/50 μ s	38
3 Définitions des paramètres de la forme d'onde 10/700 μ s	42
A.1 Choix des niveaux d'essai (en fonction des conditions d'installation)	62

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
INTRODUCTION	9
Clause	
1 Scope and object	11
2 Normative references	11
3 General	13
3.1 Switching transients	13
3.2 Lightning transients	13
3.3 Simulation of the transients	13
4 Definitions	15
5 Test levels	17
6 Test instrumentation	19
6.1 Combination wave (hybrid) generator (1,2/50 μ s – 8/20 μ s)	19
6.2 Test generator 10/700 μ s according to CCITT	21
6.3 Coupling/decoupling networks	23
7 Test set-up	27
7.1 Test equipment	27
7.2 Test set-up for tests applied to EUT power supply	27
7.3 Test set-up for tests applied to unshielded unsymmetrically operated interconnection lines	29
7.4 Test set-up for tests applied to unshielded symmetrically operated interconnection/telecommunication lines (figure 12)	29
7.5 Test set-up for tests applied to shielded lines	29
7.6 Test set-up to apply potential differences	31
7.7 Other test set-ups	31
7.8 Test conditions	31
8 Test procedure	31
8.1 Laboratory reference conditions	31
8.2 Application of the surge in the laboratory	33
9 Test results and test report	35
Tables	
1 Test levels	17
2 Definitions of the waveform parameters 1,2/50 μ s	39
3 Definitions of the waveform parameters 10/700 μ s	43
A.1 Selection of the test levels (depending on the installation conditions)	63

Figures

1	Schéma de principe du circuit du générateur d'ondes combinées	38
2	Forme d'onde de tension en circuit ouvert (1,2/50 μ s)	40
3	Forme d'onde en courant de court-circuit (8/20 μ s)	40
4	Schéma de principe du générateur d'impulsions 10/700 μ s	42
5	Forme d'onde de tension en circuit ouvert (10/700 μ s)	44
6	Exemple de montage d'essai à couplage capacitif sur lignes à c.a./c.c.; couplage entre un fil et la terre (conformément à 7.2)	46
7	Exemple de montage d'essai à couplage capacitif sur lignes à c.a./c.c.; couplage entre fils de ligne (conformément à 7.2)	46
8	Exemple de montage d'essai à couplage capacitif sur lignes à c.a. (triphasé); couplage entre la phase L3 et la phase L1 (conformément à 7.2)	48
9	Exemple de montage d'essai à couplage capacitif sur lignes à c.a. (triphasé); couplage entre la phase L3 et la terre (conformément à 7.2), sortie du générateur mise à terre	50
10	Exemple de montage d'essai pour lignes d'interconnexion non blindées; couplage entre fils ou entre un fil et la terre (conformément à 7.3), couplage par condensateurs	52
11	Exemple de montage d'essai pour lignes d'interconnexion non symétriques et non blindées; couplage entre fils de ligne ou entre un fil et la terre (conformément à 7.3), couplage par parafoudres	54
12	Exemple de montage d'essai pour lignes non blindées utilisées de façon symétrique (lignes de télécommunications); couplage entre fils de ligne ou entre un fil et la terre (conformément à 7.4), couplage par parafoudres	56
13	Exemple de montage d'essai pour les essais pratiqués sur les lignes blindées (conformément à 7.5) en vue de l'application de différence de potentiel (conformément à 7.6), couplage par conduction	58
14	Exemple de montage d'essai pour les essais pratiqués sur lignes blindées et lignes non blindées mises à la terre à une seule extrémité (conformément à 7.5) en vue de l'application de différences de potentiel (conformément à 7.6), couplage par conduction	58
B.1	Exemple de protection contre les ondes de choc par blindage dans les bâtiments comportant un système commun de terre de référence	72
B.2	Exemple de protection secondaire contre les ondes de choc dans les bâtiments comportant des systèmes indépendants de terre de référence	72
B.3	Exemple de protection primaire et secondaire contre les ondes de choc pour des matériels installés à la fois à l'intérieur et à l'extérieur	74

Annexes

A	Choix des générateurs et des niveaux d'essai	60
B	Notes explicatives	64
C	Bibliographie	76

	Page
Figures	
1 Simplified circuit diagram of the combination wave generator	39
2 Waveform of open-circuit voltage (1,2/50 μ s)	41
3 Waveform of short-circuit current (8/20 μ s)	41
4 Simplified circuit diagram of the 10/700 μ s impulse generator	43
5 Waveform of open-circuit voltage (10/700 μ s)	45
6 Example of test set-up for capacitive coupling on a.c./d.c. lines; line-to-earth coupling (according to 7.2)	47
7 Example of test set-up for capacitive coupling on a.c./d.c. lines; line-to-line coupling (according to 7.2)	47
8 Example of test set-up for capacitive coupling on a.c. lines (3 phases); line L3 to line L1 coupling (according to 7.2)	49
9 Example of test set-up for capacitive coupling on a.c. lines (3 phases); line L3 to earth coupling (according to 7.2), generator output earthed	51
10 Example of test set-up for unshielded interconnection lines; line-to-line/ line-to-earth coupling (according to 7.3), coupling via capacitors	53
11 Example of test set-up for unshielded unsymmetrically operated lines; line-to line/line-to-earth coupling (according to 7.3), coupling via arrestors	55
12 Example of test set-up for unshielded symmetrically operated lines (telecommunication lines); line-to-line/line-to-earth coupling (according to 7.4), coupling via arrestors	57
13 Example of test set-up for tests applied to shielded lines (according to 7.5) and to apply potential differences (according to 7.6), conductive coupling	59
14 Example of test set-up for tests applied to unshielded lines and shielded lines earthed only at one end (according to 7.5) and to apply potential differences (according to 7.6), conductive coupling	59
B.1 Example for surge protection by shielding in buildings with common earth reference system	73
B.2 Example for secondary surge protection in buildings with separate common earth reference systems	73
B.3 Example for primary and secondary surge protection of indoor-outdoor equipment	75
Annexes	
A Selection of generators and test levels	61
B Explanatory notes	65
C Bibliography	77

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 5: Essai d'immunité aux ondes de choc

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) 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. 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 en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La Norme internationale CEI 1000-4-5 a été établie par le sous-comité 65A: Aspects systèmes, du comité d'études 65 de la CEI: Mesure et commande dans les processus industriels.

Elle constitue la section 5 de la partie 4 de la norme CEI 1000. Elle a le statut de publication fondamentale en CEM en accord avec le guide 107 de la CEI.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
65A 41 77B (BC) 25	65A/168/RVD

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

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4: Testing and measurement techniques –
Section 5: Surge immunity test

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the IEC on technical matters, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

International Standard IEC 1000-4-5 has been prepared by sub-committee 65A: System aspects, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement and control.

It forms section 5 of part 4 of IEC 1000. It has the status of a basic EMC publication in accordance with IEC Guide 107.

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

DIS	Report on voting
65A (CO) ₂₅ ⁴¹ 77B	65A/168/RVD

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

Annex A forms an integral part of this standard.

Annexes B and C are for information only.

INTRODUCTION

La présente norme fait partie de la série des normes 1000 de la CEI, selon la répartition suivante:

Partie 1: Généralités

Considérations générales (introduction, principes fondamentaux)

Définitions, terminologie

Partie 2: Environnement

Description de l'environnement

Classification de l'environnement

Niveaux de compatibilité

Partie 3: Limites

Limites d'émission

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

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 9: Divers

Chaque partie est à son tour subdivisée en sections qui seront publiées soit comme normes internationales soit comme rapports techniques.

La présente section constitue une norme internationale qui traite des prescriptions en matière d'immunité et des procédures d'essai relatives aux ondes de tension ou aux ondes de courant.

INTRODUCTION

This standard is part of the IEC 1000 series, according to the following structure:

Part 1: General

General considerations (introduction, fundamental principles)

Definitions, terminology

Part 2: Environment

Description of the environment

Classification of the environment

Compatibility levels

Part 3: Limits

Emission limits

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

Part 4: Testing and measurement techniques

Measurement techniques

Testing techniques

Part 5: Installation and mitigation guidelines

Installation guidelines

Mitigation methods and devices

Part 9: Miscellaneous

Each part is further subdivided into sections which are to be published either as international standards or as technical reports.

This section is an international standard which gives immunity requirements and test procedures related to surge voltages and surge currents.

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) –

Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 5: Essai d'immunité aux ondes de choc

1 Domaine d'application et objet

La présente section de la CEI 1000-4 se rapporte aux prescriptions d'immunité pour les matériels, aux méthodes d'essai et à la gamme des niveaux d'essai recommandés, vis-à-vis des ondes de choc unidirectionnelles provoquées par des surtensions dues aux transitoires de foudre et de manoeuvre. Elle définit plusieurs niveaux d'essai se rapportant à différentes conditions d'environnement et d'installation. Ces prescriptions sont développées pour les matériels électrique et électronique et leur sont applicables.

Cette section a pour objet d'établir une référence commune d'évaluation des performances des matériels lorsque leurs lignes d'alimentation et d'interconnexion sont soumises à des perturbations de grande énergie.

Cette norme définit:

- la gamme des niveaux d'essai;
- le matériel d'essai;
- le montage d'essai;
- la procédure d'essai.

L'essai de laboratoire décrit ici a pour but de déterminer la réaction de l'EST, dans des conditions opérationnelles spécifiées, aux surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manoeuvres, pour certains niveaux de menace.

Il n'est pas destiné à évaluer la capacité de l'isolation à supporter des tensions élevées. Le coup de foudre direct n'est pas pris en compte par cette norme.

Cette norme ne vise pas à spécifier les essais devant s'appliquer à des appareils ou systèmes particuliers. Le but principal est de donner une référence de base d'ordre général à tous les comités de produits CEI concernés. Les comités des produits (ou les utilisateurs et fabricants de matériel) restent responsables du choix approprié des essais et du niveau de sévérité à appliquer à leur matériel.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente section de la CEI 1000-4. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente section de la CEI 1000-4 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 50(161): 1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) –

Part 4: Testing and measurement techniques – Section 5: Surge immunity test

1 Scope and object

This section of IEC 1000-4 relates to the immunity requirements, test methods, and range of recommended test levels for equipment to unidirectional surges caused by overvoltages from switching and lightning transients. Several test levels are defined which relate to different environment and installation conditions. These requirements are developed for and are applicable to electrical and electronic equipment.

The object of this section is to establish a common reference for evaluating the performance of equipment when subjected to high-energy disturbances on the power and inter-connection lines.

This standard defines:

- range of test levels;
- test equipment;
- test set-up;
- test procedure.

The task of the described laboratory test is to find the reaction of the EUT under specified operational conditions caused by surge voltages from switching and lightning effects at certain threat levels.

It is not intended to test the capability of the insulation to withstand high-voltage stress. Direct lightning is not considered in this standard.

This standard does not intend to specify the tests to be applied to particular apparatus or systems. Its main aim is to give a general basic reference to all concerned product committees of the IEC. The product committees (or users and manufacturers of equipment) remain responsible for the appropriate choice of the tests and the severity level to be applied to their equipment.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this section of IEC 1000-4. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this section of IEC 1000-4 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 50(161): 1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

CEI 60-1: 1989, *Techniques des essais à haute tension – Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 469-1: 1987, *Techniques des impulsions et appareils – Première partie: Termes et définitions concernant les impulsions*

3 Généralités

3.1 Transitoires de manoeuvre

Les transitoires dus aux manoeuvres peuvent être séparés en transitoires provenant:

- a) de perturbations résultant de manoeuvres sur de grands réseaux électriques, telles que celles produites par la manoeuvre de batteries de condensateurs;
- b) d'une activité de manoeuvre de moindre importance pratiquée à proximité de l'instrumentation ou encore à des modifications de la charge du réseau de distribution électrique;
- c) de circuits résonnants associés à des composants de commutation, tels que les thyristors;
- d) de divers défauts du réseau, tels que les courts-circuits et les amorçages vers le dispositif de mise à la terre de l'installation.

3.2 Transitoires de foudre

Les principaux mécanismes par lesquels la foudre produit des tensions de choc sont les suivants:

- a) un coup de foudre direct sur une ligne extérieure produisant l'injection de courants forts transformés en tensions lors de leur écoulement au travers de la résistance de terre ou au travers de l'impédance présentée par la ligne extérieure;
- b) un coup de foudre indirect (une décharge entre les nuages ou en leur sein, ou encore, sur des objets proches qui engendre des champs électromagnétiques) induisant des tensions/courants sur les conducteurs des lignes situées à l'extérieur et/ou à l'intérieur d'un bâtiment;
- c) l'écoulement à la terre d'un courant de foudre résultant de la proximité de décharges directes et se couplant au réseau commun du dispositif de mise à la terre de l'installation.

La variation rapide de la tension et la circulation du courant pouvant résulter de l'amorçage d'une protection sont susceptibles d'influencer les lignes intérieures.

3.3 Simulation des transitoires

- a) Les caractéristiques du générateur d'essai sont telles qu'il simule les phénomènes mentionnés ci-dessus aussi fidèlement que possible;
- b) si la source de perturbation est dans le même circuit, par exemple dans le réseau d'alimentation (couplage direct), le générateur peut simuler une source à basse impédance aux points d'accès du matériel soumis à l'essai;
- c) si la source de perturbation n'est pas dans le même circuit que les points d'accès de l'équipement victime (couplage indirect), alors le générateur peut simuler une source d'impédance plus élevée.

IEC 60-1: 1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 469-1: 1987, *Pulse techniques and apparatus – Part 1: Pulse terms and definitions*

3 General

3.1 *Switching transients*

System switching transients can be separated into transients associated with:

- a) major power system switching disturbances, such as capacitor bank switching;
- b) minor switching activity near the instrumentation or load changes in the power distribution system;
- c) resonating circuits associated with switching devices, such as thyristors;
- d) various system faults, such as short circuits and arcing faults to the earthing system of the installation.

3.2 *Lightning transients*

The major mechanisms by which lightning produces surge voltages are the following:

- a) a direct lightning stroke to an external circuit (outdoor) injecting high currents producing voltages by either flowing through earth resistance or flowing through the impedance of the external circuit;
- b) an indirect lightning stroke (i.e. a stroke between or within clouds or to nearby objects which produces electromagnetic fields) that induces voltages/currents on the conductors outside and/or inside a building;
- c) lightning earth current flow resulting from nearby direct-to-earth discharges coupling into the common earth paths of the earthing system of the installation.

The rapid change of voltage and flow of current which may occur when a protector is excited may couple into internal circuits.

3.3 *Simulation of the transients*

- a) The characteristics of the test generator are such that it simulates the above-mentioned phenomena as closely as possible;
- b) if the source of interference is in the same circuit, e.g. in the power supply network (direct coupling), the generator may simulate a low impedance source at the ports of the equipment under test;
- c) if the source of interference is not in the same circuit (indirect coupling) as the ports of the victim-equipment, then the generator may simulate a higher impedance source.

4 Définitions

Pour les besoins de la présente section de la CEI 1000-4, les définitions suivantes et celles de la CEI 50(161) s'appliquent, sauf spécification contraire.

4.1 lignes équilibrées: Paire de conducteurs cheminant de façon symétrique dont la perte de conversion du mode différentiel en mode commun est inférieure à 20 dB.

4.2 réseau de couplage: Circuit électrique destiné à transférer de l'énergie d'un circuit à un autre.

4.3 réseau de découplage: Circuit électrique dont le but est d'empêcher les ondes de choc appliquées à l'EST d'influencer d'autres appareils, matériels ou systèmes qui ne font pas partie de l'essai.

4.4 durée: La valeur absolue de l'intervalle de temps pendant lequel un élément particulier ou une forme d'onde spécifiés se produisent ou se maintiennent. [CEI 469-1]

4.5 EST: matériel soumis à l'essai.

4.6 durée du front

tension de choc: La durée de front T_1 d'une tension de choc est un paramètre conventionnel défini comme 1,67 fois l'intervalle de temps T compris entre les instants où la tension atteint 30 % et 90 % de la valeur de crête (voir figure 2).

courant de choc: La durée de front T_1 d'un courant de choc est un paramètre conventionnel défini comme 1,25 fois l'intervalle de temps T compris entre les instants où le courant atteint 10 % et 90 % de la valeur de crête (voir figure 3). [CEI 60-1 modifiée]

4.7 immunité: Aptitude d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système à fonctionner sans dégradation en présence de perturbations électromagnétiques. [VEI 161-01-20]

4.8 installation électrique: Ensemble de matériels électriques associés en vue d'une application donnée et ayant des caractéristiques coordonnées. [VEI 826-01-01]

4.9 lignes d'interconnexion: Elles sont constituées de:

- lignes E/S (lignes d'entrées/sorties);
- lignes de communication;
- lignes équilibrées.

4.10 protection primaire: Moyens par lesquels la majeure partie de l'énergie perturbatrice est empêchée de se propager au-delà d'une interface désignée.

4.11 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 inférieure puis une valeur supérieure donnée.

NOTE – Sauf spécification contraire, les valeurs inférieure et supérieure sont fixées à 10 % et 90 % de la hauteur de l'impulsion. [VEI 161-02-05]

4 Definitions

For the purposes of this section of IEC 1000-4, the following definitions together with those in IEC 50(161) apply, unless otherwise stated.

4.1 balanced lines: A pair of symmetrically driven conductors with a conversion loss from differential to common mode of less than 20 dB.

4.2 coupling network: Electrical circuit for the purpose of transferring energy from one circuit to another.

4.3 decoupling network: Electrical circuit for the purpose of preventing surges applied to the EUT from affecting other devices, equipment or systems which are not under test.

4.4 duration: The absolute value of the interval during which a specified waveform or feature exists or continues. [IEC 469-1]

4.5 EUT: Equipment under test.

4.6 front time

surge voltage: The front time T_1 of a surge voltage is a virtual parameter defined as 1,67 times the interval T between the instants when the impulse is 30 % and 90 % of the peak value (see figure 2).

current surge: The front time T_1 of a surge current is a virtual parameter defined as 1,25 times the interval T , between the instants when the impulse is 10 % and 90 % of the peak value (see figure 3). [IEC 60-1 modified]

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

4.8 electrical installation: An assembly of associated electrical equipment to fulfil a specific purpose or purposes and having coordinated characteristics. [IEV 826-01-01]

4.9 interconnection lines consist of:

- I/O lines (input/output lines);
- communication lines;
- balanced lines.

4.10 primary protection: The means by which the majority of stressful energy is prevented from propagating beyond the designated interface.

4.11 rise time: The interval of time between the instants at which the instantaneous value of a pulse first reaches a specified lower value and then a specified upper value.

NOTE – Unless otherwise specified, the lower and upper values are fixed at 10 % and 90 % of the pulse magnitude. [IEV 161-02-05]

4.12 protection secondaire: Moyens par lesquels le résidu d'énergie ayant traversé la protection primaire est éliminé. Ils peuvent être faits d'un dispositif spécial ou constituer une caractéristique inhérente à l'EST.

4.13 onde de choc: Onde transitoire de courant, tension ou puissance électrique se propageant le long d'une ligne ou dans un circuit et comportant une montée rapide suivie d'une décroissance plus lente. [VEI 161-08-11 modifié]

4.14 système: Ensemble d'éléments associés pour atteindre un but déterminé au moyen d'un fonctionnement spécifié.

NOTE - Un système est considéré comme séparé du milieu ambiant et d'autres systèmes extérieurs par une surface imaginaire qui coupe les liaisons entre eux et le système considéré. Par ces liaisons le système subit les actions d'ambiance ou celles de systèmes extérieurs, ou bien agit lui-même sur le milieu ambiant ou les systèmes extérieurs. [VEI 351-01-01]

4.15 durée jusqu'à la mi-valeur T_2 : La durée jusqu'à la mi-valeur T_2 d'une onde de choc est un paramètre conventionnel défini comme l'intervalle de temps compris entre l'origine conventionnelle O_1 et l'instant où la tension est tombée à la moitié de la valeur crête. [CEI 60-1 modifiée]

4.16 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]

5 Niveaux d'essai

La gamme préférentielle des niveaux d'essai est indiquée dans le tableau 1.

Tableau 1 – Niveaux d'essai

Niveau	Tension d'essai $\pm 10\%$ en circuit ouvert kV
1	0,5
2	1,0
3	2,0
4	4,0
x	Spécial
NOTE – x est une classe à déterminer. Ce niveau peut être spécifié dans la spécification de produit.	

Les niveaux d'essai doivent être choisis en fonction des conditions d'installation; les classes d'installation sont données en B.3 de l'annexe B.

Toutes les tensions des niveaux d'essai inférieurs doivent être satisfaites (voir 8.2).

Pour le choix des niveaux d'essai aux différentes interfaces, se reporter à l'annexe A.

4.12 secondary protection: The means by which the let-through energy from primary protection is suppressed. It may be a special device or an inherent characteristic of the EUT.

4.13 surge: A transient wave of electrical current, voltage, or power propagating along a line or a circuit and characterized by a rapid increase followed by a slower decrease. [IEV 161-08-11 modified].

4.14 system: Set of interdependent elements constituted to achieve a given objective by performing a specified function.

NOTE – The system is considered to be separated from the environment and other external systems by an imaginary surface which cuts the links between them and the considered system. Through these links, the system is affected by the environment, is acted upon by the external systems, or acts itself on the environment or the external systems. [IEV 351-01-01]

4.15 time to half-value T_2 : The time to half-value T_2 of a surge is a virtual parameter defined as the time interval between the virtual origin O_1 and the instant when the voltage current has decreased to half the peak value. [IEC 60-1 modified]

4.16 transient: Pertaining to or designating a phenomenon or a quantity which varies between two consecutive steady states during a time interval short compared to the time-scale of interest. [IEV 161-02-01]

5 Test levels

The preferential range of test levels is given in table 1.

Table 1 – Test levels

Level	Open-circuit test voltage ± 10 % kV
1	0,5
2	1,0
3	2,0
4	4,0
x	Special
NOTE – x is an open class. This level can be specified in the product specification.	

The test levels shall be selected according to the installation conditions; classes of installation are given in B.3 of annex B.

All voltages of the lower test levels shall be satisfied (see 8.2).

For selection of the test levels for the different interfaces, see annex A.

6 Instrumentation d'essai

6.1 Générateur (hybride) d'ondes combinées (1,2/50 μ s – 8/20 μ s)

Le schéma de principe du circuit du générateur est donné sur la figure 1. Les valeurs des différents composants R_{S1} , R_{S2} , R_m , L_r et C_c sont choisies de façon que le générateur délivre une tension de choc de 1,2/50 μ s (en circuit ouvert), un courant de choc 8/20 μ s en court-circuit, c'est-à-dire que le générateur présente une impédance de sortie effective de 2 Ω .

Par souci de commodité, l'impédance effective de sortie d'un générateur de chocs est définie par le rapport de la tension crête de sortie en circuit ouvert au courant crête de court-circuit.

Ce type de générateur, produisant une forme d'onde 1,2/50 μ s en circuit ouvert et une forme d'onde 8/20 μ s en court-circuit, est appelé générateur d'ondes combinées (CWG) ou générateur hybride.

NOTES

1 La forme d'onde de la tension ou du courant est une fonction de l'impédance d'entrée de l'EST. Cette impédance peut changer au moment des chocs et résulte, soit du fonctionnement approprié des dispositifs de protection mis en place, soit encore du contournement ou de l'amorçage d'un composant, quand les protections sont absentes ou non opérantes. Par conséquent, il faut que les ondes de tension 1,2/50 μ s et de courant 8/20 μ s soient délivrées par la même sortie du générateur d'essai aussi rapidement que la charge le nécessite.

2 Le générateur d'ondes combinées décrit dans cette norme est identique au générateur hybride parfois spécifié par d'autres normes.

6.1.1 Caractéristiques et performances du générateur d'ondes combinées

Tension de sortie en circuit ouvert:

Variable de 0,5 kV ou moins, jusqu'à 4,0 kV ou plus

Forme d'onde de la tension de choc voir la figure 2 et le tableau 2

Tolérance sur la tension de sortie en circuit ouvert $\pm 10 \%$

Courant de sortie de court-circuit:

Variable de 0,25 kA ou moins, jusqu'à 2,0 kA ou plus

Forme d'onde du courant de choc voir la figure 3 et le tableau 2

Tolérance sur le courant de sortie de court-circuit $\pm 10 \%$

Polarité positive/négative

Décalage de phase de 0° à 360° par rapport à la phase du secteur

Fréquence de répétition une fois par minute au minimum

On doit utiliser un générateur à sortie flottante.

Des résistances additionnelles (10 Ω ou 40 Ω) doivent être rajoutées pour augmenter l'impédance effective de la source afin de satisfaire aux conditions d'essai spécifiées (voir l'article 7 et B.1 de l'annexe B).

6 Test Instrumentation

6.1 Combination wave (hybrid) generator (1,2/50 μ s - 8/20 μ s)

A simplified circuit diagram of the generator is given in figure 1. The values for the different components R_{S1} , R_{S2} , R_m , L_r and C_c are selected so that the generator delivers a 1,2/50 μ s voltage surge (at open-circuit conditions) and a 8/20 μ s current surge into a short circuit, i.e. the generator has an effective output impedance of 2 Ω .

For convenience, an effective output impedance is defined for a surge generator by calculating the ratio of peak open-circuit output voltage and peak short-circuit current.

Such a generator with 1,2/50 μ s open-circuit voltage waveform 8/20 μ s short-circuit current waveform is referred to as a combination wave generator (CWG) or hybrid generator.

NOTES

- 1 The waveform of the voltage and current is a function of the EUT input impedance. This impedance may change during surges to equipment and due either to proper operation of the installed protection devices, or to flashover or component breakdown, if the protection devices are absent or inoperative. Therefore the 1,2/50 μ s voltage and the 8/20 μ s current waves have to be available from the same test generator output as instantaneously required by the load.
- 2 The combination wave generator described in this standard is identical to the hybrid generator sometimes specified in some other standards.

6.1.1 Characteristics and performance of the combination wave generator

Open-circuit output voltage:

At least as low as	0,5 kV to at least as high as 4,0 kV
Waveform of the surge voltage	see figure 2 and table 2
Tolerance of the open circuit output voltage	± 10 %

Short-circuit output current:

At least as low as	0,25 kA to at least as high as 2,0 kA
Waveform of the surge current	see figure 3 and table 2
Tolerance of the short-circuit output current	± 10 %

Polarity	positive/negative
Phase shifting	in a range between 0° to 360° versus the a.c. line phase angle
Repetition rate	at least 1 per min

A generator with floating output shall be used.

Additional resistors (10 Ω or 40 Ω) shall be included to increase the required effective source impedances for the specified test conditions (see clause 7 and B.1 of annex B).

Dans ce cas, les caractéristiques de l'onde de tension en circuit ouvert et l'onde de courant en court-circuit en présence du réseau de couplage/découplage ne sont plus, respectivement, 1,2/50 μ s et 8/20 μ s (onde combinée).

6.1.2 Vérification des caractéristiques du générateur

Afin de rendre comparables les résultats d'essais effectués à partir de différents générateurs, les caractéristiques du générateur utilisé doivent être vérifiées. A cet effet, il est nécessaire d'en mesurer les caractéristiques essentielles selon la procédure suivante.

La sortie du générateur d'essai doit être connectée à un système de mesure d'une largeur de bande suffisante et d'une capacité en tension permettant le contrôle des caractéristiques des formes d'onde.

Les caractéristiques du générateur doivent être mesurées en *circuit ouvert* (impédance de charge supérieure ou égale à 10 k Ω) et en *court-circuit* (impédance de charge inférieure ou égale à 0,1 Ω) pour la même tension de charge.

NOTE – Courant de court-circuit: 0,25 kA au minimum quand la tension en circuit ouvert est réglée sur 0,5 kV et 2,0 kA, au minimum, quand la tension en circuit ouvert est réglée sur 4,0 kV.

6.2 Générateur d'essai 10/700 μ s suivant le CCITT

Le schéma de principe du générateur est donné à la figure 4. Les valeurs des divers composants R_c , C_c , R_s , R_{m1} , C_s et R_{m2} sont définies de façon que le générateur délivre une onde de choc de 10/700 μ s.

6.2.1 Caractéristiques et performances du générateur

Tension de sortie en circuit ouvert:

Variable de	0,5 kV ou moins, jusqu'à 4,0 kV ou plus
Forme d'onde de la tension de choc	voir la figure 5 (CEI 60-1) et le tableau 3
Tolérance sur la tension de sortie en circuit ouvert	± 10 %

Courant de sortie de court-circuit:

Variable de	12,5 A ou moins, jusqu'à 100 A ou plus
Forme d'onde du courant de choc	voir le tableau 3
Tolérance sur le courant de sortie de court-circuit	± 10 %

Polarité positive/négative

Fréquence de répétition une fois par minute au minimum

On doit utiliser un générateur à sortie flottante.

6.2.2 Vérification des caractéristiques du générateur

Les conditions de vérification pour le générateur d'essai 10/700 μ s sont identiques à celles de 6.1.2 tout en s'accordant à la note suivante.

NOTE – Courant de court-circuit: 12,5 A au minimum quand la tension en circuit ouvert est réglée sur 0,5 kV, et 100 A au minimum quand la tension en circuit ouvert est réglée sur 4,0 kV.

Under these circumstances, the open-circuit voltage waveform and the short-circuit current waveform in combination with the coupling/decoupling network are no longer 1,2/50 μ s and 8/20 μ s respectively (combination wave).

6.1.2 Verification of the characteristics of the generator

In order to compare the test results from different test generators, the test generator characteristic shall be verified. For this purpose, the following procedure is necessary to measure the most essential characteristics of the generator.

The test generator output shall be connected to a measuring system with a sufficient bandwidth and voltage capability to monitor the characteristics of the waveforms.

The characteristics of the generator shall be measured under *open-circuit* conditions (load greater or equal to 10 k Ω) and under *short-circuit* conditions (load smaller or equal to 0,1 Ω) at the same charge voltage.

NOTE – Short-circuit current: 0,25 kA minimum with the open-circuit voltage set to 0,5 kV and 2,0 kA minimum with the open-circuit voltage set to 4,0 kV.

6.2 Test generator 10/700 μ s according to CCITT

The simplified circuit diagram of the generator is given in figure 4. The values for the different components R_c , C_c , R_s , R_{m1} , C_s and R_{m2} are defined so that the generator delivers a 10/700 μ s surge.

6.2.1 Characteristics and performances of the generator

Open-circuit output voltage:

At least as low as	0,5 kV to at least as high as 4,0 kV
Waveform of the surge voltage	see figure 5 (IEC 60-1) and table 3
Tolerance of the open-circuit output voltage	± 10 %

Short-circuit output current:

At least as low as	12,5 A to at least as high as 100 A
Waveform of the surge current	see table 3
Tolerance of the short-circuit output current	± 10 %

Polarity	positive/negative
Repetition rate	at least 1 per min

A generator with floating output shall be used.

6.2.2 Verification of the characteristics of the generator

The verification conditions for the 10/700 μ s test generator are identical to 6.1.2 with the following note.

NOTE – Short-circuit current: 12,5 A minimum with the open-circuit voltage set to 0,5 kV, and 100 A minimum with the open-circuit voltage set to 4,0 kV.

6.3 Réseaux de couplage/découplage

Les réseaux de couplage/découplage ne doivent pas avoir d'influence sensible sur les paramètres du générateur, comme par exemple, la tension en circuit ouvert, le courant de court-circuit, qui doivent rester dans les tolérances spécifiées.

Exception: Couplage par parafoudres.

NOTE – Pour les inductances, l'utilisation d'un matériau à pertes réduit le phénomène d'oscillation.

Tout réseau de couplage/découplage doit satisfaire aux prescriptions suivantes.

6.3.1 Réseaux de couplage/découplage pour circuits d'alimentation en c.a./c.c. (uniquement utilisés avec un générateur d'ondes combinées)

La durée du front et la durée jusqu'à la mi-valeur de l'impulsion doivent être vérifiées pour la tension en circuit ouvert et pour le courant en court-circuit.

La sortie du générateur d'essai ou de son réseau de couplage doit être connectée à un système de mesure d'une largeur de bande suffisante et d'une capacité en tension permettant le contrôle de la forme d'onde de la tension en circuit ouvert.

La forme d'onde du courant de court-circuit peut être mesurée au moyen d'un transformateur de courant, au travers de l'ouverture duquel passe une liaison établissant un court-circuit entre les bornes de sortie du réseau de couplage.

Il convient que toutes les caractéristiques des formes d'onde, ainsi que tous les autres paramètres déterminant les performances du générateur d'essai soient ceux spécifiés en 6.1.1 pour la sortie du réseau de couplage/découplage comme pour celle du générateur.

NOTE – La durée de l'impulsion d'essai issue du réseau de couplage peut changer de façon importante lorsque l'impédance du générateur passe de 2 Ω à, par exemple, 12 Ω ou 42 Ω , pour satisfaire aux prescriptions relatives à l'installation d'essai.

6.3.1.1 Couplage capacitif pour les circuits d'alimentation

Le couplage capacitif donne la possibilité d'appliquer la tension d'essai entre des fils de ligne ou entre un fil de ligne et la terre, alors que le réseau de découplage de l'alimentation de l'EST est également connecté. Le schéma des circuits utilisables pour les réseaux monophasés est représenté sur les figures 6 et 7 et, pour ce qui concerne les réseaux triphasés, sur les figures 8 et 9.

Caractéristiques assignées au réseau de couplage/découplage:

Couplage

condensateurs de couplage: $C = 9 \mu\text{F}$ ou $18 \mu\text{F}$ (voir le montage d'essai)

Découplage

inductance de découplage pour l'alimentation: $L = 1,5 \text{ mH}$

Le résidu de la tension de choc sur les lignes qui ne sont pas directement soumises à l'essai ne doit pas excéder 15 % de la tension d'essai maximale quand l'EST est déconnecté.

6.3 Coupling/decoupling networks

The coupling/decoupling networks shall not significantly influence the parameters of the generators e.g. open-circuit voltage, short-circuit current capability as in the specified tolerances.

Exception: Coupling via arrestor.

NOTE – Lossy material for the inductances reduces ringing.

Each coupling/decoupling network shall satisfy the following requirements:

6.3.1 Coupling/decoupling networks for a.c./d.c. power supply circuits (only used with combination wave generator)

The front time and surge time to half value shall be verified for voltage under open-circuit conditions and for current under short-circuit conditions.

The test generator output or its coupling network shall be connected to a measuring system with a sufficient bandwidth and voltage capability to monitor the open-circuit voltage waveform.

The short-circuit current waveform can be measured with a current transformer through whose aperture passes a short-circuit link between the output terminals of the coupling network.

All waveform definitions, as well as all other performance parameters of the test generator, should be as specified in 6.1.1 at the output of the coupling/decoupling network as well as at the output of the generator itself.

NOTE – When the generator impedance is increased from 2 Ω to e.g. 12 Ω or 42 Ω according to the requirements of the test set-up, the duration of the test pulse at the output of the coupling network might be significantly changed.

6.3.1.1 Capacitive coupling for power supply circuits

Capacitive coupling enables the test voltage to be applied line to line or one line to earth while the power supply decoupling network is also connected. The circuit diagrams for single phase systems are shown in figures 6 and 7 and for three-phase systems are shown in figures 8 and 9.

Rated characteristics of the coupling/decoupling network:

Coupling:

coupling capacitors: $C = 9 \mu\text{F}$ or $18 \mu\text{F}$ (see test set-up)

Decoupling:

decoupling inductance for supply voltage: $L = 1,5 \text{ mH}$

The residual surge voltage on unsurged lines shall not exceed 15 % of the maximum applicable test voltage when the EUT is disconnected.